



UNAP



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

TESIS

**BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Potamorhina altamazonica* (COPE, 1878)
“LLAMBINA” Y *Prochilodus nigricans* (AGASSIZ, 1829) “BOQUICHICO”,
EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO PUTUMAYO, LORETO – PERÚ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO**

PRESENTADO POR:

HIRO PAOLO YUMBATO CASTRO

ASESOR:

Blgo. ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr.

CO-ASESORES:

Blgo. CARLOS MAX ARANGO MORA, M.Sc.

Blgo. ROMMEL ROBERTO ROJAS ZAMORA, Dr.

IQUITOS, PERÚ

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNAP

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 026-CGT-UNAP-2022

En la ciudad de Iquitos, Departamento de Loreto, mediante sala virtual, a los 18 días del mes de agosto del 2022, a horas 16.00 se dio inicio a la sustentación pública de la Tesis titulada: "BIOLOGÍA REPRODUCTIVA DE *Potamorhina altamazonica* (COPE, 1878) "LLAMBINA" Y *Prochilodus nigricans* (AGASSIZ, 1829) "BOQUICHICO", EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO PUTUMAYO, LORETO - PERÚ", presentada por el Bachiller HIRO PAOLO YUMBATO CASTRO, autorizada mediante RESOLUCIÓN DECANAL N° 344-2022-FCB-UNAP, para optar el Título Profesional de **BIÓLOGO**, que otorga la UNAP de acuerdo a Ley 30220, su Estatuto y el Reglamento de Grados y Títulos vigente.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante RESOLUCIÓN DECANAL N° 210-2022-FCB-UNAP, de fecha 17 de mayo de 2022, integrado por los siguientes Profesionales:

- Blgo. VICTOR HUGO MONTREUIL FRÍAS, Dr. - Presidente
- Blga. ROSSANA CUBAS GUERRA, M.Sc. - Miembro
- Blgo. JAVIER DEL AGUILA CHAVEZ, Dr. - Miembro



Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas, las cuales fueron absueltas:

SATISFACTORIAMENTE

El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:



La sustentación pública y la Tesis han sido APROBADAS con la calificación de BUENA estando el Bachiller apto para obtener el Título Profesional de **BIÓLOGO**.

Siendo las 18.00 HORAS se dio por terminado el acto de sustentación.

Blgo. VICTOR HUGO MONTREUIL FRÍAS, Dr.
Presidente

Blga. ROSSANA CUBAS GUERRA, M.Sc.
Miembro

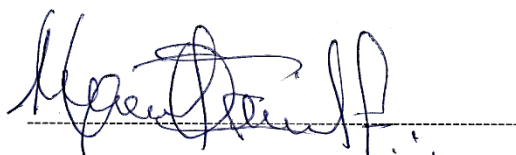
Blgo. JAVIER DEL AGUILA CHAVEZ, Dr.
Miembro

Blgo. ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr.
Asesor

Blgo. CARLOS MAX ARANGO MORA, M.Sc.
Co-Asesor

Blgo. ROMMEL ROBERTO ROJAS ZAMORA, Dr.
Co-Asesor

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR



Blgo. VÍCTOR HUGO MONTREUIL FRÍAS, Dr.

Presidente



Blgo. JAVIER DEL ÁGUILA CHAVÉZ, Dr.

Miembro



Blga. ROSSANA CUBAS GUERRA, M.Sc.

Miembro

ASESOR

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'E' followed by 'R' and 'I'.

.....
Blgo. ENRIQUE RIOS ISERN, Dr.

COASESORES



Blgo. CARLOS MAX ARANGO MORA, M.Sc.



Blgo. ROMMEL ROBERTO ROJAS ZAMORA, Dr.

DEDICATORIA

A mis padres, Mariella Castro del Águila y Luis Hugo Yumbato Pinedo, que han sido la base de mi formación, cada uno de ustedes ha aportado grandes cosas a mi vida, y me han ayudado a enfrentar la gran tarea de encarar a la sociedad. Les agradezco por todo, en especial por ser los principales benefactores del desarrollo de mi tesis.

Hiro Paolo Yumbato Castro

AGRADECIMIENTO

Al Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la Cuenca del Río Putumayo (PEBDICP) a través del Ing. Mauro Vásquez Ramírez, Director de Desarrollo Agroeconómico - PEBDICP, al proyecto PNIPA por el financiamiento para la ejecución de la tesis.

Al Blgo. Javier del Águila Chávez, Dr., por la convocatoria y confianza de hacer tesis en el PEBDICP, por su asesoramiento desinteresado y apoyo motivacional para la corrección del plan de Tesis, también quiero agradecer al Blgo. Luis García Ruiz, M.Sc., por su asesoramiento, por las correcciones minuciosas que brindó en el plan de tesis y sus intervenciones espléndidas con las muestras de estudio.

Al Blgo. Enrique Ríos Isern, Dr., docente de la Facultad de Ciencias Biológicas - UNAP, por su asesoramiento generoso y el apoyo en la elaboración, interpretación y corrección de los datos de la tesis.

Al Blgo. Carlos Max Arango Mora, M.Sc., Coordinador General de subproyecto PNIPA-PES-SIADE-PP-000157 – PEBDICP y al Blgo. Rommel Roberto Rojas Zamora, Dr., por el co-asesoramiento y su incansable apoyo motivacional en la elaboración de la tesis.

Mencionar a un gran amigo que conocí en el proyecto PNIPA, Blgo. Jorge Ulises Ruiz Contreras, Especialista en pesca continental – PEBDICP, por su amistad, confianza, los consejos y apoyo emocional en el desarrollo de la tesis. Asimismo, por incrementar mis conocimientos y fortalecer mi formación profesional; por enseñarme, inculcarme y capacitarme en el estudio de manejo en recursos pesqueros.

A los pescadores que trabajaron como operadores fluviales (motoristas) en las cochas de estudio y a las vendedoras de peces de consumo, por el apoyo desinteresado y confianza durante el muestreo biológico en los principales centros

de acopio y zonas de intervención. Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización del presente trabajo de investigación.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

	Pág.
PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN	ii
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR	iii
ASESOR	iv
COASESORES	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE DEL CONTENIDO	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas	9
CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES	27
2.1. Formulación de la Hipótesis.....	27
2.2. Variables y su operacionalización.....	28
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	29
3.1. Área de estudio	29
3.2. Tipo y diseño de investigación.....	31
3.3. Diseño muestral.....	31
3.4. Procedimientos de recolección de datos.....	32
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	38
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	40

4.1. Proporción sexual	40
4.2. Talla de primera maduración sexual	50
4.3. Índice Gonadosomático	56
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN.....	59
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	66
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES	67
CAPÍTULO VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN.....	68
ANEXOS	79

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Individuo de <i>Potamorhina altamazonica</i> “llambina”	10
Figura 2. Individuo de <i>Prochilodus nigricans</i> “boquichico”	13
Figura 3. Mapa del área de estudio (Cuenca media del río Putumayo, Loreto - Perú). Los círculos renombrados indican la ubicación de la zona de procedencia de las muestras analizadas. Fuente: ArcMap 10.5.....	30
Figura 4. Proporción de sexos de <i>Potamorhina altamazonica</i> porcentualmente obtenidas.....	42
Figura 5. Proporción sexual de <i>Potamorhina altamazonica</i> absoluta por muestreo.....	42
Figura 6. Proporción de sexos de <i>Potamorhina altamazonica</i> en relación al periodo Hidrológico, porcentualmente obtenidas.....	44
Figura 7. Proporción sexual de <i>Potamorhina altamazonica</i> absoluta por periodo hidrológico.....	44
Figura 8. Proporción de sexos de <i>Prochilodus nigricans</i> porcentualmente obtenidas.....	47
Figura 9. Proporción sexual de <i>Prochilodus nigricans</i> absoluta por muestreo.....	47
Figura 10. Proporción de sexos de <i>Prochilodus nigricans</i> en relación al periodo hidrológico, porcentualmente obtenidas.....	49
Figura 11. Proporción sexual de <i>Prochilodus nigricans</i> absoluta por periodo hidrológico.....	49
Figura 12. Talla media de primera madurez sexual en hembras de <i>Potamorhina altamazonica</i> “LT”	51
Figura 13. Talla media de primera madurez sexual en machos de <i>Potamorhina altamazonica</i> “LT”	52
Figura 14. Talla media de primera madurez sexual en hembras de <i>Prochilodus nigricans</i> “LT”	54
Figura 15. Talla media de primera madurez sexual en machos de <i>Prochilodus nigricans</i> “LT”	55
Figura 16. Variación mensual del IGS en hembras de <i>Potamorhina altamazonica</i> y nivel del río Putumayo.	57
Figura 17. Variación mensual del IGS en hembras de <i>Prochilodus nigricans</i> y nivel del río Putumayo.....	58

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Escala de madurez sexual para los reproductores totales.	23
Tabla 2. Estadios de maduración gonadal para Curimátidos hembras de <i>Potamorhina altamazonica</i>	33
Tabla 3. Estadios de maduración gonadal para Prochilodóntidos hembras de <i>Prochilodus nigricans</i>	34
Tabla 4. Estadios de maduración gonadal para Curimátidos machos de <i>Potamorhina altamazonica</i>	35
Tabla 5. Estadios de maduración gonadal para Prochilodóntidos machos de <i>Prochilodus nigricans</i>	36
Tabla 6. Variación de la proporción sexual global y prueba Chi ² en relación al tiempo (meses) de <i>Potamorhina altamazonica</i> en el río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021, [GL= 9] [*Significativo].	41
Tabla 7. Variación estacional de la proporción sexual en relación al periodo hidrológico de <i>Potamorhina altamazonica</i> en el río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021, [GL= 9] [*Significativo].	43
Tabla 8. Variación de la proporción sexual global y prueba Chi ² en relación al tiempo (meses) de <i>Prochilodus nigricans</i> en el río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021, [GL= 3] [*Significativo].	46
Tabla 9. Variación estacional de la proporción sexual en relación al periodo hidrológico de <i>Prochilodus nigricans</i> en el río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021, [GL= 3] [*Significativo].	48
Tabla 10. Datos biométricos de individuos maduros capturados, analizados y promediados de <i>Potamorhina altamazonica</i> de ambos sexos, trabajados en la cuenca media del río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021.	50
Tabla 11. Datos biométricos de individuos maduros capturados, analizados y promediados de <i>Prochilodus nigricans</i> de ambos sexos, trabajados en la cuenca media del río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021.	53

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Flujograma de actividades.	80
Anexo 2. Desarrollo gonadal de “Ilambina” <i>Potamorhina altamazonica</i> en hembras.	81
Anexo 3. Desarrollo gonadal de “Ilambina” <i>Potamorhina altamazonica</i> en machos.	83
Anexo 4. Desarrollo gonadal de “boquichico” <i>Prochilodus nigricans</i> en hembras. ..	85
Anexo 5. Desarrollo gonadal de “boquichico” <i>Prochilodus nigricans</i> en machos.	87
Anexo 6. Cálculo y elaboración del modelo logístico (L_{50}) con máxima verosimilitud logarítmica para individuos maduros.....	89
Anexo 7. Formato PC: Pesca para el consumo.	90
Anexo 8. Formato EB-1: Evaluación biológica.	91

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la cuenca media del río Putumayo, desde noviembre de 2020 hasta octubre de 2021. El trabajo fijó como objetivo establecer la biología reproductiva de *Potamorhina altamazonica* “llambina” y *Prochilodus nigricans* “boquichico” en su medio natural. El muestreo se realizó a través de registros de los desembarques pesqueros de diferentes puertos, centros de acopios y a través de actividades de pesca exploratoria, en zonas de pesca aledañas a la localidad de El Estrecho (02°26'29.9" S, 72°40'11.3" W). Un total de 336 llambinas y 253 boquichicos, fueron analizados por un periodo de 12 meses, recolectándose la información a tempranas horas de la mañana (4:30 a.m. y 8:30 a.m.), mientras que el monitoreo de las cochas se realizó entre las (17:00 pm y las 6:00 am). Se registraron datos biométricos (LS, LH, LT y peso) para ambas especies, seguidamente se hizo el reconocimiento de las gónadas por observación directa, la cual se siguió la metodología propuesta por Lavaestu (1971), Riofrío (2011) y Flores (2013). Entre los principales resultados, se observó que la proporción sexual global de llambina fue de 1.9:1 a favor de las hembras y boquichico se determinó en 1.9:1 a favor de las mismas. El 50% de la población de llambina presentó su primera talla de maduración sexual a los 22.5 cm y 22.1 cm de longitud total para hembras y machos, respectivamente. Por su parte boquichico alcanzó una talla de primera maduración sexual a los 25 cm de longitud total para hembras y 25.2 cm para machos. El índice gonadosomático de llambina fue mayor entre octubre y febrero, mientras que boquichico evidenció entre noviembre y marzo, respectivamente. Se concluye, que los parámetros reproductivos determinaron diferencias significativas en la estructura sexual (χ^2 0,05), las tallas de primera madurez sexual proponen medidas de regulación pesquera y que el periodo reproductivo de ambas especies está influenciado con el periodo hidrológico del río Putumayo.

Palabras clave: *Potamorhina altamazonica*, *Prochilodus nigricans*, biología reproductiva, llambina, boquichico

ABSTRACT

This research was conducted in the middle basin of the Putumayo River from November 2020 to October 2021. The objective of the work was to establish the reproductive biology of *Potamorhina altamazonica* "llambina" and *Prochilodus nigricans* "boquichico" in their natural environment. Sampling was carried out through records of fishing landings from different ports, collection centers and through exploratory fishing activities in fishing areas near the town of El Estrecho (02°26'29.9" S, 72°40'11.3" W). A total of 336 llambinas and 253 boquichicos, were analyzed for a period of 12 months, collecting data in the early morning hours (4:30 a.m. and 8:30 a.m.), while monitoring of the lakes was carried out between 17:00 pm and 6:00 am. Biometric data (LS, LH, LT and weight) were recorded for both species, followed by the recognition of the gonads by direct observation, which followed the methodology proposed by Lavaestu (1971), Riofrío (2011) and Flores (2013). Among the main results, it was observed that the overall sex ratio of llambina was 1.9:1 in favor of females and boquichico was determined to be 1.9:1 in favor of females. Fifty percent of the llambina population showed their first sexual maturity size at 22.5 cm and 22.1 cm in total length for females and males, respectively. The boquichico population reached first sexual maturity at 25 cm total length for females and 25.2 cm for males. The gonadosomatic index of llambina was higher between October and February, while boquichico was higher between November and March, respectively. It is concluded that reproductive parameters determined significant differences in sexual structure (χ^2 0.05), the sizes at first sexual maturity propose measures of fishery regulation and that the reproductive period of both species is influenced by the hydrological period of the Putumayo River.

Keywords: *Potamorhina altamazonica*, *Prochilodus nigricans*, reproductive biology, llambina, boquichico

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas acuáticos están formados por diferentes tipos de afluentes, que están constituidos por diversas zonas de vida y que alojan una fracción representativa de los recursos ictiológicos en la biósfera (1), registrándose casi 14,000 especies de teleósteos, aproximadamente un 80% de la biomasa íctica en el mundo (2). Se estima que, en la Amazonia continental, existen de 2,500 a 3,000 especies de peces, catalogando a la Amazonia como uno de los reservorios con más diversidad y abundancia en ictiofauna en el mundo (3). Asimismo, la Amazonia peruana conserva estos ecosistemas y no está ajena a las cifras, ya que hospeda cerca de 1,200 especies, de las cuales muchas están restringidas geográficamente (4).

De tal forma, la riqueza y abundancia de la ictiofauna en el Perú, permite el desarrollo de la pesca artesanal y comercial, siendo fuente principal de autoconsumo y de ingresos económicos, sustentando la ingesta diaria de miles de familias amazónicas (5). En las últimas décadas, se reportó que la pesca comercial destinó un esfuerzo – captura de hasta 106 especies de peces amazónicos en el sur-oriente peruano (4), (6), (7), destacando los peces más grandes como los Siluriformes. Sin embargo, con la notable disminución de las capturas de estas especies, (probablemente por la presión ejercida hacia sus poblaciones) se ha evidenciado, la sustitución de las mismas, por especies de menor tamaño y de menor nivel en la cadena trófica, como los Characiformes (8), (9), marcando un antes y un después en los desembarques pesqueros, por ser progresivamente idóneos sustitutos con los de mayor prioridad (10), hecho que evidencia una pesquería activa, provocando la presión y el descenso del recurso pesquero (11).

Según los registros del desembarque pesquero, entre la gran diversidad de recursos utilizados en la pesquería amazónica peruana destaca *Prochilodus nigricans* "boquichico", especie de carácido dominante en los desembarques pesqueros

actuales en la región Loreto (12), (13), cuya captura representa el 30% del total desembarcado, llegando a alcanzar en promedio capturas de 6346 toneladas hasta el 2005 (4), (14). No obstante, a partir del 2006 hasta el 2016, se ha observado un ligero descenso de la biomasa capturada, con 3,700 toneladas aproximadas, siendo la mínima-media reportada en los desembarques pesqueros a través de tiempo (4), (12), (15). En esta sección, sobresale otro carácido de importancia comercial como la llambina, actualmente denominado como la segunda especie pequeña de mayor prioridad, en la cual se incluye dentro de las 65 especies desembarcadas con mayor número en los desembarques (16). Su captura representa en promedio el 17% de los desembarques totales registrados en Loreto (17), llegando a alcanzar promedio de capturas muy altas (3,029 toneladas) hasta el año 2011 (4), (18). Aunque entre los años 2012 y 2016 se observa un descenso en los promedios de capturas anuales (729 toneladas) (4). Sus capturas han aumentado hasta desplazar del primer lugar en los desembarques a *Prochilodus nigricans*, una especie que por muchos años ha gobernado el volumen de comercialización de pescado fresco de escama en los mercados de Iquitos (19), (20), evidenciándose así, una explotación no regulada de estas dos especies, por ser de alto valor social, económico y alimentario popular durante la época de escasez de pescado o de crecientes, asimismo, por ser de rápido crecimiento y alta fecundidad (21).

Como ocurre con la mayoría de las pesquerías del mundo, las políticas de gestión y conservación deficientes hacen que la pesca sea insostenible (22), esta realidad no es diferente en la cuenca media del río Putumayo (23), así lo demuestra los registros del descenso de los desembarques anuales de peces comerciales en Loreto (4). Los programas de protección y preservación de los recursos pesqueros en la Amazonia peruana aún no son notables, algunas oportunidades para intentarlo no han funcionado ante el rápido aumento de las capturas (24), y ha habido una marcada disminución en las especies más grandes, haciendo que sus precios de venta se

hayan visto grandemente incrementados (25), hecho que genera un problema para las personas con menores recursos económicos que no pueden permitirse adquirir estas especies y solo pueden acceder a otras especies espinosas medianas y pequeñas (26).

Pese a su importancia en los desembarques de las últimas décadas, aún, son escasos los estudios básicos acerca de los parámetros reproductivos de ambas especies (5), el estudio de la biología reproductiva de *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans* es de vital importancia, porque es el aspecto más significativo en el ciclo biológico de los teleósteos, para que puedan perpetuar y regular sus poblaciones (27). Sus estudios proporcionan valiosos conocimientos e información que pueden servir de base para evaluar el estado de las poblaciones ícticas (28), permitiendo a los organismos reguladores y las sociedades, utilizar estos recursos como argumento técnico para una gestión pesquera adecuada (29). La información obtenida en esta investigación, contribuirá al diseño de una herramienta científica para el manejo de *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans* en su ambiente natural (30). Las políticas de conservación y gestión pesquera permitirán tomar decisiones frente a la sobreexplotación de las poblaciones de peces, reajustar la normativa pesquera y evitar así la alteración de sus hábitats (31).

Por lo tanto el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general: establecer la biología reproductiva de *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans* en la cuenca media del río Putumayo, Loreto - Perú y como objetivos específicos: a) determinar la proporción sexual de *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans*; b) determinar la talla de primera madurez sexual de *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans*; c) estimar el índice gonadosomático (IGS) de *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans*.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el 2000, se estudió la historia de vida y patrones de migración del pez comercial *Prochilodus nigricans* (bocachico) en el noreste de Ecuador, con el objetivo de determinar la edad por medio de los otolitos (escama), estimar la mortalidad, modelos de crecimiento, patrones de migración de acuerdo al periodo hidrológico y su etapa de reproducción. Se determinó que la formación del anillo en ambas estructuras ocurre una vez al año entre agosto - diciembre y que está correlacionado en las diferentes etapas de crecimiento del pez. De este modo, en la etapa juvenil-adulto creció más rápido ($K= 0.29$) que las poblaciones conespecíficas ($K= 0,5$) de Bolivia y Brasil. En el caso de IGS reveló un período de desove discreto en abril y las tasas de mortalidad son más bajas que las reportadas en otras áreas de la Amazonía. Se concluye que su migración estuvo relacionada con el ciclo hidrológico y que los análisis de vida en ese tiempo, no se encontraban sobreexplotados (32).

En el año 2001, se estudió la biología reproductiva de *Prochilodus nigricans* “boquichico” en Iquitos, determinó que su época reproductiva ocurre entre los meses de diciembre y marzo, alcanzando de igual forma una talla promedio de adulto con una longitud de 24,3 cm (LH), para las hembras y 23,4 cm (LH) para los machos. Se concluye que el período de desove coincide con el inicio del aumento de la disponibilidad hídrica del río Amazonas y no está relacionado con un aumento local de las precipitaciones (33).

En el 2004 se trabajó una investigación sobre la utilización de la talla de primera maduración de llambina, para regular la explotación de sus poblaciones en la Amazonía peruana. El estudio determinó una talla promedio de captura (19,5 cm LH), superior a la longitud de primera maduración ($H= 19,2$ cm y $M= 18,8$ cm) y que la reproducción de *Potamorhina altamazonica* ocurre dentro del período comprendido

entre noviembre y marzo. El trabajo concluyó que la presión de pesca a la que está sometida la especie no está afectando su capacidad reproductiva, especie que ha incrementado su importancia comercial al ocupar el primer lugar en las estadísticas de desembarque de la flota pesquera comercial con base en Iquitos (16).

En el año 2005 se realizó un estudio preliminar sobre los aspectos reproductivos de *Potamorhina altamazonica* "llambina" en la región Ucayali, con el objetivo de determinar la talla promedio de madurez sexual y época reproductiva de llambina. La talla de primera madurez sexual se determinó en 19.35 cm y 18.2 cm longitud horquilla (LH) para hembras y machos, la talla media de captura fue de 18.4 cm (LH), se encontró talla adulta inferior a la media y su desarrollo gonadal del estadio III se presentó a partir de septiembre y el IV en octubre, el trabajo concluyó con la aparición de desoves a partir de noviembre, esto demostró que la flota pesquera tuvo efecto en las muestras de peces juveniles (34).

En 2007 se analizaron los resultados de una investigación cualitativa iniciada en 2006 sobre dos especies de peces comerciales, con el objetivo de desarrollar una propuesta de manejo de las poblaciones silvestres de *Potamorhina altamazonica* "llambina" y *Prochilodus nigricans* "boquichico" en la región Ucayali para su regulación de pesca. El estudio determinó la época reproductiva (septiembre - marzo), composición por tallas de captura y talla media sexo-adulto por longitud horquilla (LH) 19,5 cm para hembras y 18,9 cm para machos de "llambina" y 21,8 cm y 21,1 cm de LH para hembras y machos respectivamente en "boquichico" (21).

En 2010, en una encuesta descriptiva realizada sobre los desembarques totales de *Potamorhina altamazonica* en la región Loreto, la recopilación de información mostró que estos números aumentaron con los años, variando de 797 a 2.823 toneladas en el período de 1984 a 2009. La encuesta determinó que el desove ocurrió entre noviembre y marzo, durante un período de altos niveles del río. La talla de primera

madurez sexual (L50) fue de 16,3 cm de longitud estándar en hembras y de 15,5 cm en machos. Concluyó que la distribución de frecuencias de tallas muestra la diferencia entre los porcentajes de ejemplares maduros e inmaduros de un año a otro (18).

En el 2011, se estudió los aspectos biométricos y reproductivos de *Prochilodus nigricans* “boquichico” en Ucayali, Perú. La especie y su relación longitud total - peso total, no mostraron una diferencia significativa entre la regresión de machos y hembras (análisis de varianza residual $F=0.05$). La proporción total de sexos tampoco mostró una diferencia significativa ($\chi^2 0,05$) asumiendo una relación 1:1 y la talla madura calculada para los machos fue de 24.5 cm y para las hembras la hembra es de 26.1 cm, esta última talla fue recomendada para el manejo pesquero. Se concluyó que la progresión de los estadios maduros confirmó el desove durante la temporada de aguas altas de Ucayali (octubre a enero) (12).

En 2013 se estudió el efecto de los cambios estacionales del nivel del agua en la reproducción y crecimiento de *Potamorhina altamazonica* en el río Ucayali, en los años 2008 a 2012. Los resultados mostraron que la reproducción de esta especie es estacional y muestra uniformidad. El período de crecimiento (enero - marzo) alcanza su punto máximo en febrero. Se estimó que el tamaño promedio de las hembras en la primera madurez sexual es de 17,8 cm (LT) y de los machos de 18,4 cm (LT), lo que indicó la estructura de tamaños explotados (incluidos los peces con un tamaño de 12 a 31 cm LT). Del mismo modo, el mayor porcentaje de hembras representó el mayor número de muestras en la proporción sexual. Y el trabajo concluyó que esta especie está en mejor condición durante el ascenso de las aguas (hábitat óptimo), favoreciendo la reproducción de los peces adultos y el crecimiento de la progenie (35).

En 2015 se realizó una investigación de tipo cualitativa y no experimental en el río Ucayali con la especie *Potamorhina altamazonica*, en la cual se evaluó los parámetros reproductivos como: el período de desove, proporción sexual, talla media de primera madurez sexual y factor de condición. La investigación determinó que la proporción de sexos fue significativamente favorable para las hembras en la mayoría de las estaciones del año, y la talla de primera madurez sexual se estimó en 17,8 cm en las hembras y 18.4 cm en los machos (longitud total). Se concluye que las especies con estrategia estacional o cíclica (r^2), cuyos ciclos reproductivos están estrechamente relacionados con los cambios hidrológicos en el río (julio a octubre), corresponden a épocas donde el detrito orgánico es de mejor calidad (17).

El año 2017 se estudió los patrones de reproducción, alimentación y migración de *Prochilodus nigricans* en el noreste de Ecuador, lo cual tuvo como objetivo determinar la relación de estos parámetros biológicos con la variación hidrológica y el análisis del estado de las gónadas reveló un corto periodo de desove en abril. De tal forma, los peces adultos migraron lateralmente desde hábitats periféricos inundados hasta ríos de aguas blancas para desovar (6-18 meses), evidenciándose distancias muy largas para reproducirse, desacatando zonas limítrofes y distribuciones geográficas restringidas. Se concluye que una frecuencia alta de estómagos vacíos y una pobre condición corporal ejercen los períodos de migración en la cuenca, y para que este recurso sea sostenible en el tiempo se necesita una gestión apropiada (36).

En 2018 se trabajó una investigación en la cuenca media y alta del río Putumayo (Colombia), con el objetivo de estudiar los parámetros de reproducción, así como el crecimiento y la mortalidad de *Prochilodus nigricans*. Para ello, fueron analizados un total de 10884 individuos en los diversos centros de acopios y zonas de intervención, aledaños a la ciudad de Puerto Leguizamó entre los años 2009 a 2017. Se determinó la talla mínima de captura a 22 cm de longitud estándar, tamaño en el que todos los peces son adultos y tienen la posibilidad de desovar al menos una vez antes de ser

capturados. Se concluye que el crecimiento y la mortalidad indicaron un crecimiento más tardío en esta cuenca que en otras, y el stock explotado es sumamente abultado (37).

En el 2021, se estudió los aspectos biológicos y pesqueros de *Potamorhina altamazonica*, con el objetivo de establecer la estructura de tallas, parámetros de crecimiento y la tasa de explotación del espécimen en su medio natural (río Ucayali). Se determinó que la talla media de captura para sexos combinados fue de $L_{\infty}=31,45$ cm, con una constante de $K=0,37$ año⁻¹ utilizando la función de Von Bertalanffy. Se observó que la especie crece rápidamente en su primer año, lo que le permite alcanzar una vida longeva hasta de 8,1 años aproximados y su tasa de mortalidad total fue de (1,69 año⁻¹). Mientras que en la explotación natural obtuvo ($M=0,90$ año⁻¹) y de mortalidad por pesca ($F=0,79$ año⁻¹). Concluye que el recurso ya se encontraba a un próximo nivel óptimo de explotación ($E=0,5$) (38).

En 2021 se estudió la biología reproductiva de la especie de bocachico, *Prochilodus magdalenae*, en el río San Jorge, Colombia, con el objetivo de establecer la proporción sexual, la talla media a la madurez sexual, la fecundidad y el estado de desove en el medio natural. Con un total de 396 individuos capturados, se determinó que la talla media de primera madurez sexual fue de 30,2 cm LT para sexos combinados, siendo el sex ratio global de 1,2:1 a favor de las hembras, mientras que la fecundidad media fue de 109.972 ovocitos, cuya ecuación es $F=7271.6$. Concluyó que el desove ocurre todos los años y se da entre abril y septiembre, lo cual está relacionado con el ciclo hidrológico del río y la fecundidad en relación con el peso de las gónadas (39).

1.2. Bases teóricas

Género Potamorhina

Constituye un grupo de peces de la familia Curimatidae, comúnmente son conocidos con el nombre genérico de llambina o yahuarachi, incluye solo un género, pero pertenecientes a dos especies como *Potamorhina altamazonica* y *Potamorhina latior*, estos se caracterizan por poseer un cuerpo mediano, plateado, con moderaciones fusiformes y alargadas, y cubierto con numerosas escamas cicloides muy diminutas (40). *Potamorhina altamazonica* posee una región pre-pélvica transversalmente redondeada y *Potamorhina latior* presenta bordes afilados en la región pre-pélvica, siendo el principal carácter diferencial entre las dos especies, pero en similitud desempeñan el hábito detritívoro (4), (41).

La especie

Ubicación taxonómica

Según, Froese et al., 2017 (42) & García Dávila et al., 2018 (4).

Reino: Animalia
Phylum: Chordata
Subphylum: Vertebrata
Superclase: Gnathostomata
Clase: Osteichthyes
Subclase: Actinopterygii
División: Teleostei
Sub-división: Euteleostei
Super-orden: Ostariophysi
Orden: Characiformes
Familia: Curimatidae
Género: Potamorhina
Especie: *Potamorhina altamazonica* (Cope, 1878)

Nombre común: “Llambina”, “yahuarachi” (Perú); “bocachico”, “llorón”, “chillón”, “branquinha” (Colombia); “coperita”, “bocachico”, “blanquita” (Venezuela); “llorona”, “branquiña”, “sabalina” (Bolivia) (4), (43).



Figura 1. Individuo de *Potamorhina altamazonica* “llambina”.

Descripción de la especie

Posee un cuerpo mediano con una aproximación en longitud total de 25 a 30 cm. Su porte de apariencia plateada con medidas alargadas y fusiforme, lo cual está protegido con numerosas escamas cicloides muy diminutas, con 85 a 120 escamas pequeñas en la línea lateral y 20 a 30 escamas transversales (4). Posee tres regiones bien definidas, como la cabeza, siendo este terminal y que carece de dientes carnívoros (4), (44), (45). En la parte del tronco tiene una quilla media no aserrada bien definida (región pélvica redondeada), poseyendo un par de aletas pélvicas, un par de aletas ventrales, una aleta anal, una aleta dorsal, una aleta adiposa y una aleta caudal que mide de 4 a 5 cm aproximado, siendo estas de menor tamaño, pero bien desarrolladas para la locomoción dinámica del pez. También posee un intestino con siete ciegos pilóricos, aparentemente largo que corresponde en promedio al 68% de la longitud estándar (41), (43), (46).

Distribución

La especie está distribuida en las cuencas de los ríos Amazonas y Orinoco en América del Sur (Bolivia, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela) (41), (43). En Perú fue

registrado en los grandes ríos, tributarios y cochas adyacentes en la región de Loreto: como el Amazonas, Orosa, Napo, Aushiri, en la Reserva Nacional Pacaya y Samiria (Canal de Puinahua), Curaray, Marañón, en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (Cocha de Yarana - "zona de inundación"), Nanay, Tapiche, Tigre, Huallaga, sobre los grandes ríos colombo-peruanos Putumayo, Yavarí y Pastaza. En la región Ucayali se encuentran en Iparia, Sheshea, Tamaya, Tahuanía, Juantía, Callería, Pachitea, Utuquinia, Purús, Aguaitía, Neshuya, Yurúa y algunas lagunas que fueron monitoreadas como el Chanajau. Y en la región de Madre de Dios se registraron solamente en ríos como el Tahuamanu, Manu, Torre y Tambopata (4), (46).

Hábitos alimentarios

Esta especie es micrófaga o detritívora, lo cual utiliza como fuente de alimento invertebrados y algas (microbiota asociada), materia orgánica que se encuentra sobre el sustrato de algunas macrófitas y también consume lodo decantado en los bentos, ubicado en el fondo de los lagos y los márgenes de los ríos (47).

Reproducción

Su reproducción está influenciada por su migración en aguas estacionales, asociadas con el nivel de río (periodo hidrológico), buscando alimento, refugio (factor climático y predación) y otras actividades de suma importancia en la etapa reproductiva (48). Ambos sexos de esta especie son reproductores totales, y sus estadios gonadales se establecen de I a VI para hembras y de I a V en machos, siguiendo un patrón muy definido en la escala de madurez general de teleósteos continentales (49). En el río Amazonas madura sexualmente y desova de noviembre a marzo, con porcentajes mayores de IGS máximos en enero y febrero, viéndose muy influenciado con el régimen hidrológico (4), (43). También ocurre en aguas en ascenso y otros en aguas bajas o río seco, evidenciándose que los stocks de esta especie maduran también sin sincronía, garantizando la conservación de la progenie (46), además de reservar

una gran disponibilidad de alimento para las larvas y alevinos en las áreas inundadas (50).

Género Prochilodus

Constituye un grupo de peces de la familia Prochilodontidae, comúnmente son conocidos con el nombre diferencial de boquichico y yaraquí, incluye dos géneros, pertenecientes a dos especies como *Prochilodus nigricans* y *Semaprochilodus insignis*, estos se caracterizan por poseer un cuerpo mediano que pueden llegar a medir de 30 a 50 cm de largo (color plateado), moderadamente alto y romboidales en el caso de yaraquí, labios muy desarrollados y carnosos (4). Están cubierto de numerosas escamas cicloides promedias y oscuras, *Prochilodus nigricans* posee en la aleta dorsal y caudal puntos oscuros sin un patrón característico, mientras que *Semaprochilodus insignis* tiene bandas transversales oscuras y amarillas alternadas que la distingue de *Prochilodus nigricans*, siendo el principal carácter diferencial entre las dos especies, pero en similitud desempeñan el hábito detritívoro (51).

La especie

Ubicación taxonómica

Según, Froese et al., 2017 (42) & García Dávila et al., 2018 (4)

Reino: Animalia
Phylum: Chordata
Subphylum: Vertebrata
Superclase: Gnathostomata
Clase: Osteichthyes
Subclase: Actinopterygii
División: Teleostei
Sub-división: Euteleostei
Super-orden: Ostariophysi
Orden: Characiformes
Familia: Prochilodontidae

Género: Prochilodus

Especie: *Prochilodus nigricans* (Agassiz, 1829)

Nombre común: “Boquichico” (Perú); “bocachico” (Colombia y Ecuador); “papa terra”, “lambe lambe” (Brasil); “sábalo” (Bolivia) (4), (43) .



Figura 2. Individuo de *Prochilodus nigricans* “boquichico”.

Descripción de la especie

Tiene un cuerpo mediano con una longitud total de unos 30 a 50 cm. Su porte de apariencia plateada de manera alargada y fusiforme, lo cual está protegido con numerosas escamas promedias, entre colores plateadas y oscuras (52). Posee tres regiones bien definidas, en la zona de la cabeza posee dientes diminutos implantados en la mandíbula (hilera superior e inferior), así como un labio muy carnosos (4), (44), (45). En la parte del tronco no posee quilla, este es de característica redondeada (región pélvica), poseyendo un par de aletas pélvicas, un par de aletas ventrales, una aleta anal, una aleta dorsal, una aleta adiposa y una aleta caudal que mide de 5 a 6 cm aproximado, pero muy bien desarrollado para la motilidad del pez. También posee un intestino muy largo, similar al tamaño promedio del pez (53).

Distribución

La especie está ampliamente distribuida en las cuencas del Amazonas y del Orinoco en América del Sur, especialmente en Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú (43). En Perú fue registrado en los grandes ríos, tributarios y cochas adyacentes en la región de Loreto: como el Amazonas, Napo, Aushiri, en la Reserva Nacional Pacaya

Samiria (Puinahua, Yanayacu Pucate) Curaray, Marañón, en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana (Cocha de Yarana – “zona inundable”) Nanay, Tapiche, Tigre, sobre los grandes ríos colombo-peruanos Putumayo, Yavarí, Pastaza, Huallaga, Morona y Arabela. En la región Ucayali se encontraron en Iparia, Sheshea, Tamaya, Tahuania, Juantía, Pachitea, Purús, Aguatía, Neshuya y Yurúa; también se registraron en algunas lagunas. En la región de Madre de Dios se registraron solamente en ríos: como el Tambopata, La Torre, Chuncho, Tahuamanu, Manu, y entre otras (4), (46).

Hábitos alimentarios

De régimen alimenticio iliófago o detritívoro (54), en el cual utiliza como fuente de alimento invertebrados y algas (microbiota agrupada), en especial de algas verde azuladas, euglenófitos, perifiton, diatomeas y algas verdes (13), y de modo indispensable el detrito orgánico que se encuentra sobre el sustrato de las plantas acuáticas que colindan y yacen en el fondo de los lagos y los márgenes de los ríos, consumiendo así el lodo decantado en los bentos (55).

Reproducción

Su reproducción también está influenciada por las aguas estacionales, es decir que migra de acuerdo al nivel de río (reofílico por naturaleza), buscando alimento, refugio (factor ambiental y predación) y otras actividades ejercidas cuando las gónadas maduran (54), (56). Tanto hembras como machos son reproductores totales, y sus estadios gonadales son similares a la llambina, ya que de I a VI son para hembras y de I a V para machos, aplicando el mismo patrón predeterminado en la escala empírica de madurez general de peces amazónicos (49). En el río amazonas su etapa de desove es de diciembre a marzo y en vaciante transitivo de octubre a diciembre, viéndose influenciado por el régimen hidrológico y que la especie se

encuentre madura sin sincronía en distintos meses (4), (43), (46), garantizando la conservación de la progenie, así como la supervivencia de las crías (57).

Características del río Putumayo

El río putumayo tiene una extensión de 2,000 km, abarcando un recorrido limítrofe entre Perú, Ecuador y Colombia, originándose exactamente en el cerro Bordoncillo a 3,600 msnm (58). En la cuenca alta limitan Colombia, Perú y Ecuador, conectándose con las ciudades fronterizas como Puerto Asís y el Carmen, en la cuenca media limita Perú y Colombia y una fracción en la cuenca baja (Huapapa y sus adyacentes) (59). También conecta a la región andina colombiana y el noroccidente brasilero, donde este desemboca y tributa grandes cantidades de agua blanca tipo II al río Amazonas, con un caudal promedio de 0.5 a 1.0 m/s de velocidad (60). En la Amazonia peruana se internacionaliza desde Iquitos hacia territorio colombiano, a través de la mediana capital "El Estrecho" y centros comerciales como Álamo y Soplin Vargas, cubriendo un tramo simultáneo de 1,330 km lineales en tres localidades (61). Por lo tanto, recorre un área total de 85,704 km² entre Perú y Colombia, de los cuales 39,563 km² están en territorio colombiano y 46,141 km² en territorio peruano (62). Las principales cochas, lagos, y afluentes peruanos son: Gueppí, Angusilla, Yaricaya, Peneya, Yubineto, Yabuyanós, Eré, Campuya, Algodón, Esperanza, Yaguas, y entre otras de importancia hídrica. En la zona colombiana son Guineo, Guamuéz, Caucajá, Caraparaná, Sábalo-Yacu, Porvenir, Puré, Buri buri, Igara-Paraná, Pupuña y Cotuhé (61), (63). El río putumayo significa para Perú y Colombia una vía fluvial de suma importancia, por tener rutas de fácil acceso (navegable) (58).

Hidrología

El régimen de las aguas es monotonal y monomodal en el caudal (3,956 y 10,221 m³/s), caso contrario al río Amazonas que es 5 veces el caudal mínimo y 3 veces el caudal exiguo del río Caquetá. Esto se debe al desbordamiento de caudales durante

su ascenso que es de marzo a mayo, generando caudales mínimos y máximos transitorios (61). Los valores máximos se dan en los meses de mayo, junio, julio y agosto (9,702 a 10,446 m³/s) y mínimos, de noviembre a marzo (4,261 a 5,399 m³/s), determinándose los caudales mayores en la época de transición a creciente, llamado también aguas en ascenso (59), (64). Sus principales cochas, lagos, y cuerpos de aguas interconectados son menos ácidas y poseen más conductividad una que otra (65), excepto a los ríos Cothué y Yaguas, siendo las más ácidas y con menos conductividad que los ríos Putumayo y Amazonas, pero con valores no tan bajos, es por eso que no son catalogados como aguas negras (61). Asimismo, estos fenómenos ocurren por efecto de las configuraciones geológicas que suceden en estas cuencas, abasteciendo solamente pobreza en nutrientes (66).

Precipitación

Las precipitaciones en el río Putumayo son de régimen monomodal a lo largo del año, variando las oscilaciones periódicas lluviosas y de poca lluvia, con un rango de 1,000 a 5,300 mm y un promedio 2,450 mm aproximado (60), (61), estas variaciones es determinada por la cercanía a la línea ecuatorial, registrándose nulidad de aluviones que precipitan extremos tan marcados (63). A pesar de que Tarapacá y Huapapa representan las localidades más lluviosas, la precipitación máxima para estas fue de 3,000 mm (59). En los últimos reportes el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) registro para la estación de El Estrecho, de septiembre a noviembre un promedio de 2,250 mm, diciembre alcanzó un máximo de 2,500 mm. En enero y febrero obtuvo un promedio de 2,350 mm y de marzo a mayo una oscilación de 2,700 mm aproximado. Luego las precipitaciones bajaron de junio a julio un promedio de 2,230 mm respectivo (61).

Niveles del río y periodos hidrológicos

Los niveles del río Putumayo varían de acuerdo a la duración de los ciclos hidrológicos y su alta influencia de las precipitaciones anuales. Para este caso se registró últimos reportes en la zona fronteriza (59), (60), que las aguas en descenso son de agosto a noviembre y que el nivel del río oscila entre los rangos de 99 a 104 msnm aproximado, sumando un total de 122 días y 17.4 semanas de periodo. En el caso de las aguas bajas que es de diciembre a febrero, el nivel del río oscila rangos mínimos, con un promedio de 94 msnm, ya que en esta etapa el río se encuentra muy seco (vacante), sumando un total de 90 días y 12.9 semanas de duración. Luego el río empieza a ascender de marzo a mayo de manera notoria, alcanzando niveles hídricos de 106 a 112 msnm, durando en total 92 días y 13.1 semanas. Finalmente, las aguas suben en su estado superlativo de junio a julio, obteniendo niveles de 114 a 116 msnm máximos, durante 61 días y 8.7 semanas de periodo, siendo el evento más corto y el más importante para la actividad pesquera artesanal y comercial, ya que en estos meses se evidencia el Mijano o etapa reproductiva más importante de algunos peces (31), (61), (63).

Clima

La ubicación geográfica de la cuenca del Putumayo es muy notoria, ya que posiciona muy cerca a la latitud ecuatorial, ocurriendo las grandes y pocas lluvias tropicales en todo el año (58). También su clima está influenciado por la alta pluviosidad que hay en esta región y por sus densas coberturas vegetales, el clima es inestable. Esto se basa en el hecho de que la biomasa forestal tiene una fuerte capacidad de evaporarse, formando neblina, y como producto la lluvia (59), (60). La cuenca media del Putumayo presenta una humedad relativa que oscila entre 82% y 92%, también presenta aglomeraciones de aire que varía de 0.7 a 1.2m/s y una temperatura que oscila entre 20°C y 32°C, respectivos (60), (61).

Vegetación

La vegetación está distribuida en los magnos ecosistemas acuáticos y terrestres, que posee la cuenca del Putumayo, presentando diversas masas arbóreas, como el bosque húmedo tropical, que se clasifica en dos zonas de vida: bosque de altura (sin inundación) y bosque aluvial (con inundación) (60), estos dos hábitats arbóreos se distinguen por la influencia del pulso hídrico y se ven determinadas por el desbordamiento de los ríos andinos y amazónicos (66). La vegetación inundada presenta bosques medios y diversidad media, de 18 a 20 metros de longitud, tratándose de especies llamativas como *Escheweilera itayensis* "carguero", *Vitex* spp., "aceituno" y *Couepia elata* "danta" (59), también se registra grandes cantidades de macrófitas, gramalotales, poblaciones de *Myrciaria dubia*, lianas epífitas y hemiepífitas, así como la aparición y desaparición de islas y la erosión de sus riberas, produciendo "quirumas" (estacas de árboles), haciéndolo un ecosistema acuático muy inestable para los navegantes. En los bosques en terrazas y no sumergidos se pueden observar muchas especies de la familia "Cecropiaceae", *Cecropia* spp., con una altura de unos 50 metros. En el caso de las coberturas antrópicas, se registran árboles frutales, especies vegetales introducidas y un grupo menor de especies de la familia "Arecaceae", entre otras (59), (63).

Ictiofauna

La ictiofauna en la amazonia peruana es muy variable y conservadora, pero se estima que hay 1,200 especies registradas (4), de los cuales se consume y se comercializa 93 especies de peces en el distrito del Putumayo, destacando por su importancia económica, entre ornamentales y de consumo (61) como las "palometas" *Mylossoma* spp, *Prochilodus nigricans* "boquichico", *Semaprochilodus insignis* "yaraquí", "los sábalos cola negra y roja" *Brycon melanopterus* y *Brycon amazonicus*, los carácidos substitutos *Potamorhina latior* "yahuarachi" y *Potamorhina altamazonica* "llambina".

También sobresalen *Hoplias malabaricus* “fasaco”, *Cichla monoculus* “tucunaré”, *Calophysus macropterus* “mota”, *Brachyplatystoma platynemum* “baboso”, *Ieporinus* spp., “lisas” y *Serrasalmus* spp., “pirañas”. Asimismo, especies de gran porte como *Pseudoplatystoma punctifer* “doncella”, *Pseudoplatystoma tigrinum* “tigre zúngaro”, y los osteoglosidos *Arapaima gigas* “paiche” y *Osteoglossum bicirrhosum* “arahuana” (67), (68), que aportan altísimos ingresos económicos, asegurando el alimento para la comunidad del Putumayo (59), (23). Asimismo, la pesca de estos peces es artesanal, utilizando equipos y artes de pesca de diferentes tamaños (61), (63).

Tipos de agua

El río Putumayo se distingue por sus aguas oscuras, amarillas y blancas con ciertas características, como menos sedimentos que el río Amazonas (69). Las aguas de coloración oscura nacen dentro de la región (ríos, lagos y caños), mientras que en la Cordillera de los Andes nacen las aguas de coloración amarillenta y blanca trayendo cúmulos de sedimentaciones rocosas (65), (66). Las aguas blancas son catalogadas del tipo II, por tener alta conductividad, una transparencia 63 - 200 cm de luminosidad y un pH neutro a 7, mientras que las aguas oscuras tienen una transparencia que oscila de 57 a 140 cm para cochas y lagos, además de poseer alto contenido de material orgánico en descomposición y una gran cantidad de ácidos húmicos, taninos y fúlvicos (59), (70). Hecho que evidencia que el río Putumayo presenta pobreza en nutrientes, baja mineralización en sus sedimentos y química del agua muy baja, representando uno de los ríos con ambientes más pobres, con respecto a otras cuencas (60). Otros parámetros limnológicos de estos afluentes son la temperatura que varía de 21°C a 32°C, el oxígeno disuelto promedio es 6.9 mg.L⁻¹, su dureza promedio es de 27.0 mg.L⁻¹ y su alcalinidad es muy baja que oscila en menos de 100 mg.L⁻¹, mostrando 0 en salinidad (sin presencia de sales) (59), (61).

Biología reproductiva

Actividad de suma importancia de los teleósteos, para poder perpetuar su especie en el tiempo (71). De interrumpirse la reproducción el resultado sería el colapso y el descenso notable de la población, hasta llegar a un punto crítico y el peligro de la extinción de los mismos (72). Para evitar las consecuencias de estos recursos pesqueros, se necesita evaluar y estimar el stock problema en auxilio de los parámetros reproductivos como la estructura sexual y etaria, la talla media de primera madurez sexual, el IGS o época de desove, la fecundidad, el factor de condición, entre otras de vital importancia. Ya que los datos obtenidos nos ayudarán a interpretar la situación actual y de la nueva generación pesquera (73).

Proporción sexual

Este parámetro sirve para evaluar la estructura de los teleósteos y sus stocks, para así interpretar las distribuciones sexuales de una población de interés, que es explotada, presionada y no regulada en su medio natural (73). De tal forma, la proporción sexual esperada 1:1 debe cumplir con el 50% de cada sexo muestreado, argumentando que ambos reproductores nacen de un modo simultáneo (72), (74). Asimismo, el sex ratio esperado debe ser binomial y discreta, y que debe regirse a la proporción sexual teórica de Fisher, ajustándose a valores mucho más significativo que un 1:1, de este modo la supervivencia de las crías (progenie) será más prometedora y así no tendrá una disminución de sus individuos (75), además de enfrentarse a la mortalidad, uno de los factores que pueden actuar de modo diferencial sobre machos y hembras, así como la depredación, la pesca, el comportamiento reproductivo (depende de la especie) y los factores ambientales determinarán el mayor número de capturas de ambos sexos, así como en las diversas fases de su crecimiento y edad (48), (72). De otro modo, la proporción sexual se calcula dividiendo la distribución mayor de hembras entre la menor de machos

(viceversa) (49), (74), dándole mayor significancia e interpretación con el Chi-Cuadrado (76). En el caso del sex ratio global se aplica de igual forma y los porcentajes se calcula multiplicando cada distribución entre el total de individuos capturados (71), (77).

Madurez sexual

La maduración sexual es la capacidad gonadal de los teleósteos para poder reproducirse y perpetuar su especie, para esto debieron haber madurado los órganos sexuales (testículo y ovario) de los individuos, discriminando la longitud y la edad (73). De tal modo, los individuos inmaduros salen de la latencia gonadal (espermatoцитos y ovocitos en desarrollo), hasta llegar a madurar, desovar y fecundar los espermatozoides y óvulos en el medio natural, evidenciándose individuos más desarrollados de manera corporal y potencialmente bióticos (27). La madurez gonadal está influenciada de acuerdo a los periodos hidrológicos y a los niveles de los ríos, así como el comportamiento reproductivo de una especie, o cualquier factor, ya sea limnológicas o ambientales, estos se verán afectados de manera intrínseca (maduración de las células germinales, el número de desoves en una especie, genotipo - ambiente, el hábito alimentario y los cambios fisiológicos) o de manera extrínseca (la fotoperiodicidad, poiquilothermia variable, la presencia del sexo opuesto y los caudales (72), (73). Cabe recalcar, que la primera madurez sexual está condicionado a las principales características somáticas de una especie, por ejemplo, individuos que maduran a temprana edad y tamaños pequeños o que también maduren a edades y tamaños mayores, esto no es predeterminada en una población (48), (78).

Talla a la primera madurez sexual

Este índice nos permite determinar la primera talla en la que el 50% de los individuos capturados está maduro y potencialmente biótico para la pesquería, para esto se debe tomar en cuenta las fases gonadales, para observar directamente quienes son maduros en la evaluación (73), (74). Para procesar los datos se debe tomar en cuenta las medidas mínimas, máximas y el intervalo de clase de la especie, para luego extraer el total de individuos capturados por cada rango (63). Finalmente, se estima la talla media con el porcentaje de individuos maduros por la clase de talla, en cual se le denomina como (**L50**) en la proyección logística (71). Cabe recalcar, que para este parámetro solo se aplica a hembras y machos en etapa de desove, para esto se necesita las respectivas longitudes o medidas taxonómicas del pez, como la estándar, la horquillada y la biomasa total, cualquiera de estas debe ser tomada en cuenta en criterio del investigador (79).

Tabla 1. Escala de madurez sexual para los reproductores totales.

Fase	Estadio	Descripción
I	Virgen	Testículos y ovarios muy pequeños que se ubican debajo de la columna vertebral, asimismo de color translúcido sin coloración. Las células germinales aún no trascienden y a simple vista no se observa el esperma y los óvulos.
II	Virgen en maduración	Órganos sexuales transparentes con coloración rojiza a grisácea. Las gónadas ocupan más de 1/3 parte del cuerpo. Los óvulos y el esperma ya observan notablemente con ayuda de un lente.
III	En desarrollo	Órganos sexuales no tan translúcidos, con coloración de rojiza intensa a vinosa, presencia de capilares sanguíneos. Las gónadas ocupan 1.5/3 partes del cuerpo. Los óvulos son visibles y tienen color blanquecino en forma de gránulos.
IV	Desarrollado	Los testículos no excretan esperma a presión ventral y el color es de blanco a rojizo. Los ovarios no excretan óvulos a presión ventral, con coloraciones anaranjadas - rojizas. Las gónadas se observan opacas y ocupan las 2/3 partes del cuerpo.
V	Gravidez	Las gónadas ocupan las 3/3 partes del cuerpo o toda la cavidad ventral. Los testículos excretan esperma a presión ventral, las gotas son lechosas y blancas. Los ovarios excretan óvulos a presión ventral, en forma de gránulos grandes y arracimados.
VI	Desove	Esperma y óvulos se desprenden con mucha facilidad. La mayoría están dentro de las gónadas, se tornan opacas y sanguinolentas.
VII	Terminado	Los órganos sexuales están por poco evacuadas. Los óvulos y el esperma no quedan opacas, ni translúcidas.
VII	Descanso	Los órganos sexuales están vacíos y rojizos. Algunas gónadas están en un estado reabsorbido.

Fuente: Laevastu, 1971.

Índice Gonadosomático

Este índice es uno de los parámetros más importantes en la biología reproductiva, porque nos permite conocer la etapa de desove o la etapa de reproducción del stock problema (73). Asimismo, es la dependencia del proceso de maduración ovocitaria, entre la relación del aumento voluminoso de las gónadas y la transición corporal del pez (72), (80). Este se expresa en porcentaje y se calcula entre el peso de los ovarios (gr) por 100 entre el peso total o eviscerado de los individuos (74), siendo el indicador más eficiente del estado funcional de los ovarios (72). Los programas de manejo en recursos pesqueros se ven auxiliadas al IGS, porque gracias a este parámetro se logra plantear las vedas y las etapas de desove en las zonas de pesca de interés, para que el stock pesquero sea intangible, regulable y sostenible en el tiempo (48), (73).

1.3. Definición de términos básicos

Talla. Es el tamaño relativo o total en centímetros de los especímenes de estudio (81).

Longitud. Es la dimensión relativa o total entre dos puntos de interés. Los individuos son optados a un trayecto medible; desde un punto A (cabeza) a un punto B (Cola Caudal) (82).

Peso. El cuerpo de los individuos cae al vacío a causa de la fuerza y la gravedad. En pesquería se mide a los individuos y órganos de interés en gramos (82).

Gónadas. Órgano sexual de los teleósteos, las hembras poseen ovarios y los machos testículos. Las gónadas son los encargados de elaborar las células reproductoras (72).

Individuo. Espécimen de modo independiente y que se diferencia de los demás, disímil en morfología y en caracteres diversos. Está ubicado en un solo reino y es referente a una especie o género (81).

Proporción sexual. Es la estrecha y amplia distribución entre el número de individuos capturados. Es el sex ratio propagado sexualmente por cada reproducción, en el cual se ven involucradas la estructura social y etaria en ambos sexos (73).

Madurez sexual. Es el desarrollo gonadal promedio de los teleósteos. Los individuos obtienen la maduración de las células germinales, para luego ser desovados y fecundados en la población (83).

Talla media de madurez sexual. Es la talla de primera maduración sexual de la población. Es la relación entre el avance gonadal y la longitud del pez (83).

Índice Gonadosomático. Es el proceso de maduración ovocitaria, entre la relación del aumento voluminoso de las gónadas y la transición corporal del pez (72).

Escala gonadal. Tablas para determinar los estadios sexuales de los teleósteos, se diferencian por ser de carácter histológico (microscópico) y observacional estereoscópica (73), (49).

CAPÍTULO II. HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la Hipótesis

La biología reproductiva de *Potamorhina altamazonica* y *Prochidolus nigricans* es sincrónica y de acuerdo al periodo hidrológico en el río Putumayo, Loreto – Perú.

2.2. Variables y su operacionalización

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicadores	Escala de medición	Categorías	Valores de las categorías	Médios de verificación
Biología reproductiva de <i>Potamorhina altamazonica</i> y <i>Prochidolus nigricans</i> .	Actividad de suma importancia de los teleósteos para perpetuar su especie	Cualitativa	Proporción sexual	razón	1H:1M	≥3.84	Balanza de precisión Ictiómetro
			Talla de primera madurez sexual	Razón	- L _{Mín}	Rango de 1 a 40 cm	Cámara fotográfica Formato EB: Evaluación biológica
					- L ₅₀		
Índice Gonadosomático	Razón	- Peso gonadal -Peso eviscerado del pez	Rango de 1 a 100%	Tablas de madurez sexual			

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. Área de estudio

El área del estudio corresponde a las zonas de pesca cercanas a la localidad de El Estrecho, área que corresponde a la cuenca media del río Putumayo, el cual forma parte de nuestra Amazonia peruana y que, abarca cerca de 160,500 km² en la zona limítrofe entre Colombia y Perú, ubicada entre las coordenadas 0°20'49" de latitud norte y 04°23'27" de latitud sur y 69°48'39" este y 75°37'02" de longitud oeste. La parte media del río Putumayo, corresponde al tramo comprendido desde Campuya hasta Puerto Arica, en este caso, se tuvo a la localidad "El Estrecho" en Perú como sede de trabajo, capital del distrito de Putumayo y a su vez de la provincia de Putumayo, situada en el departamento de Loreto (63). Fundada en 1943, El Estrecho cuenta con una población aproximada de 8000 habitantes en 2015, actualmente. Además de contar con 82 comunidades que aglutinan a más de 10 mil personas y está localizada geográficamente a 02°26'29.9" de Latitud sur, 72°40'11.3" de longitud Oeste de Greenwich (62). El trabajo incluyó las diversas zonas de pesca que yacen y pertenecen al río Putumayo. La población de El Estrecho tiene como principales actividades económicas la agricultura, ganadería y la pesca.

Durante el trabajo, se ha logrado identificar algunas cochas como: Piedra cocha, Vaca poza, Cedro cocha y Tigre cocha, entre otras ya exploradas. Estos cuerpos de agua son algunas de las más promisorias en faenas de pesca en esta sección del río Putumayo. Además de un lago de agua negra: "Cotolago", ubicado bajando a dos horas aproximadas en referencia a la localidad de El Estrecho. Cabe recalcar que estos cuerpos de agua, a pesar de ser prometedoras, también tienden a tener intensidad de pesca y presiones de captura muy abultadas en relación a la fauna íctica.

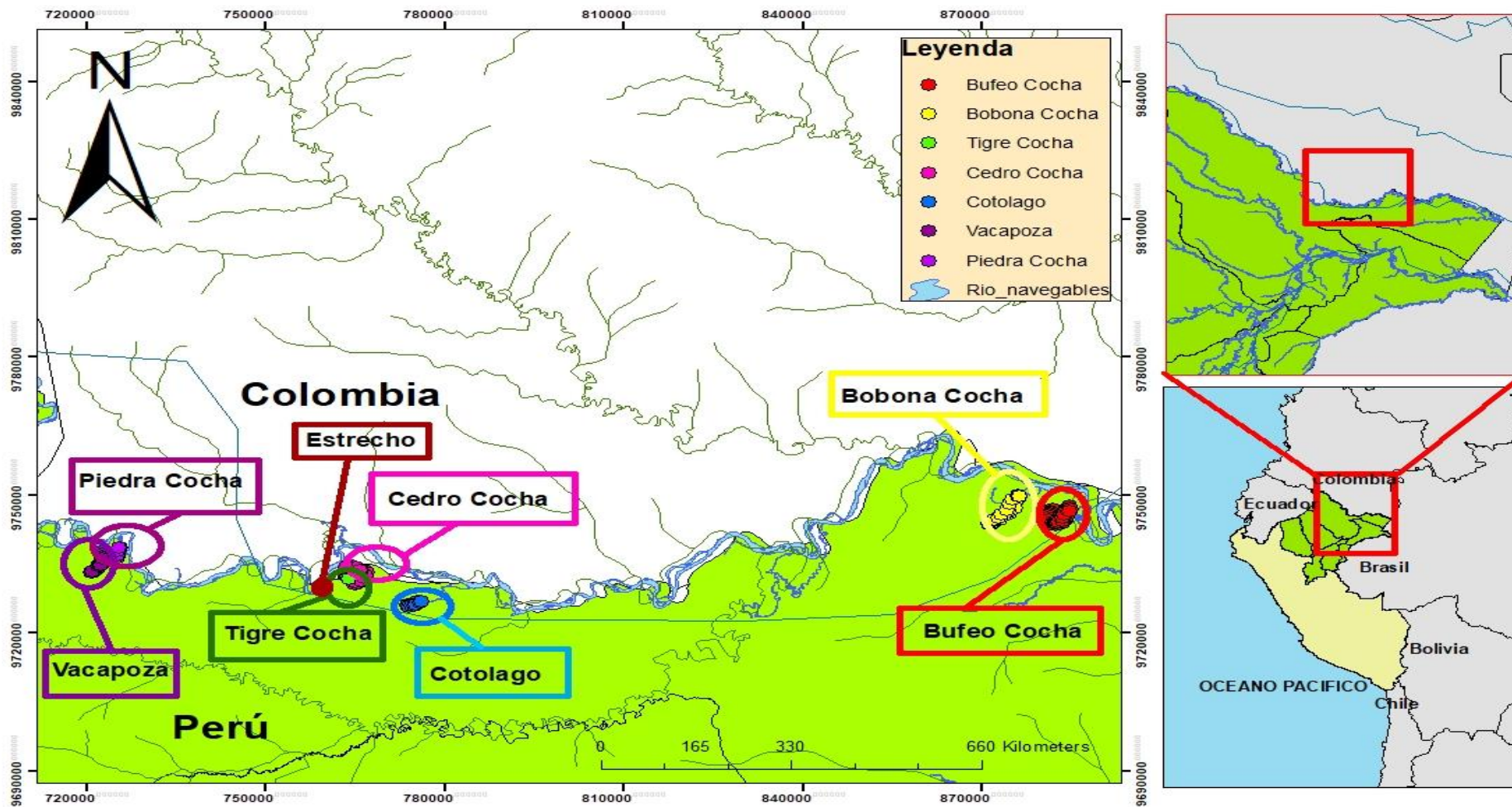


Figura 3. Mapa del área de estudio (Cuenca media del río Putumayo, Loreto - Perú). Los círculos renombrados indican la ubicación de la zona de procedencia de las muestras analizadas. **Fuente:** ArcMap 10.5.

3.2. Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo de investigación fue de carácter “No Experimental” donde la variable Independiente (biología reproductiva) no fue manipulada, porque no hubo control directo sobre dicha variable, no se pudo influir sobre ella porque ya sucedieron o están establecidas, al igual que sus efectos (fenómenos en su ambiente natural). Además de característica observacional y cualitativa que permitió conocer la influencia del régimen hidrológico del río Putumayo con la biología reproductiva de dos especies como la llambina y el boquichico. Asimismo, el número de muestreos ejecutados fue longitudinal pues abarcó de noviembre de 2020 a octubre de 2021 de modo prospectivo.

3.3. Diseño muestral

Población de estudio

Comprende las especies *Potamorhina altamazonica* y *Prochidolus nigricans* que habitan y se distribuyen en la cuenca media del río Putumayo.

Tamaño de la muestra de estudio

El tamaño de la muestra fueron todos los individuos de *Potamorhina altamazonica* y *Prochidolus nigricans* capturados en las faenas de pesca de investigación. Además de ser colectados, registrados y analizados en los desembarques pesqueros, lo cual se trabajó en el ámbito de la localidad de El Estrecho, ubicada en la cuenca media del río Putumayo.

Muestreo o selección de la muestra

El muestreo fue aleatorio (sobre la captura total), debido a la naturaleza del trabajo y el criterio para la selección de la muestra fue el de inclusión, pues fueron registrados e inventariados todos los individuos de *Potamorhina altamazonica* y *Prochidolus nigricans* presentes en el área de estudio.

3.4. Procedimientos de recolección de datos

El trabajo se desarrolló entre los meses de noviembre/2020 a octubre/2021, en las principales zonas de pesca de (El Estrecho) en el río Putumayo. Asimismo, se registraron los desembarques pesqueros diarios en los principales puertos, zonas de intervención y centros de acopios (localizada geográficamente a 07° 59´22” de Latitud sur, 97°29´28.6” de longitud Oeste de Greenwich); obteniéndose registros significativos tanto en los monitoreos biológicos (EB), como en la pesca de subsistencia (PC). Para la toma de información, se utilizó el formato PC -1: Pesca para el consumo local (Anexo 7) y EB – 2: Evaluación Biológica (Anexo 8), que diseñó el Proyecto Especial Binacional de Desarrollo Integral de la Cuenca del río Putumayo, PEDICP (Perú).

Biología reproductiva

Todos los peces que se analizaron, fueron pesados (g) y medidos (LS), (LH) y (LT), utilizando un ictiómetro calibrado a intervalos de 0,5 cm; luego fueron eviscerados para poder registrar el sexo, peso de las gónadas (g) y grado de madurez sexual. Para obtener el peso total y eviscerado del pez se utilizó una balanza de precisión de 0,1 g, posteriormente se utilizó una balanza de precisión de 0,01 g para pesar las gónadas (g) y órganos de interés del presente estudio. Consecutivamente se hizo el registro fotográfico de los individuos con/sin vísceras y las gónadas con su escala respectiva. Para este último dato, se utilizó una escala macroscópica de madurez gonadal con base a las descritas por Laevastu (49) & Vazzoler (72) y modificada por Riofrío (12) & Flores (35), lo cual consiste por observación directa de las gónadas.

Tabla 2. Estadios de maduración gonadal para Curimátidos hembras de *Potamorhina altamazonica*.

Estadio	Nominación	Hembras
I	Inmaduro o virgen	Gónada pequeña y algunas alargadas, pero ambas muy delgadas, se sitúa cerca y debajo de la columna vertebral, son transparentes o incoloros. Sin presencia de óvulos.
II	Virgen en maduración o Madurante	Gónada en maduración opaca y rojiza, con capilares sanguíneos y poco transparente, ocupa un medio de la tercera parte del cuerpo. Los óvulos están formados como gránulos blanquecinos.
III	En desarrollo o Madurante moderada	Gónada de color vinosa y muy aglobada, tiene forma achatada y se sitúa muy cerca a la cavidad celómica, los Oocitos se encuentran muy opacos.
IV	Desarrollado o Madurante avanzada	Gónada en desarrollo promedio, con un tenue color verdoso, Oocitos granulados y agrupados, no excreta Oocitos a presión ventral. Ocupa casi toda la cavidad ventral del pez
V	Grávido	Gónada muy voluminosa y de color verdoso intenso, ocupa toda la cavidad ventral del pez y el ovario excreta óvulos a presión ventral.
VI	Desovado	Gónada con irrigación sanguínea, con forma de bolsas vacías, sin presencia de Oocitos y con poca hidratación. En Post-desove.

Fuente: Laevastu, 1971 & Flores, 2013.

Tabla 3. Estadios de maduración gonadal para Prochilodóntidos hembras de *Prochilodus nigricans*.

Estadio	Nominación	Hembras
I	Inmaduro o virgen	Gónada pequeña y algunas alargadas, como un filamento circular, ocupa el tercio inferior parte del cuerpo y es de color transparente e incolora. No se observa óvulos.
II	Virgen en maduración o Madurante	Gónada en transición o en inicios de maduración, se torna de coloración rojiza vinosa, la sección se forma más circular y ocupa las dos terceras partes del cuerpo. Los Oocitos se encuentran arracimados y conjunto de gránulos.
III	En desarrollo o Madurante moderada	Gónada en desarrollo promedio y la coloración permanece rojiza - vinosa, es más aglobado y voluminoso, y está pegada a la cavidad celómica de manera achatada, los Oocitos son opacos y la bolsa es menos translúcido.
IV	Desarrollado o Madurante avanzada	Gónada en desarrollo promedio, con coloraciones de anaranjado a verdoso, los Oocitos no fluyen a presión ventral y están agrupados de forma arracimada. Ocupa casi toda la cavidad ventral del pez.
V	Grávido	Gónada muy abultada, con coloraciones verdosas y anaranjadas, ocupa toda la cavidad ventral del pez y el ovario excreta óvulos a presión ventral, la bolsa es más blanda y quebrantable.
VI	Desovado	Gónadas de sacos muy vacíos y con mucha irrigación sanguínea por el desprendimiento de Oocitos, con poca hidratación. En post-desove.

Fuente: Laevastu, 1971 & Riofrío, 2011.

Para analizar los estadios gonadales en machos se utilizó una escala de maduración de 1 a 5; de la siguiente manera:

Tabla 4. Estadios de maduración gonadal para Curimátidos machos de *Potamorhina altamazonica*.

Estadio	Nominación	Machos
I	Inmaduro o virgen	Gónada muy pequeña, con filamento delgado y en algunos alargados, se encuentran en un estado opaco variable, ocupa la tercia parte del cuerpo, y se sitúa muy pegado a la columna vertebral.
II	Virgen en o Madurante	Gónada en desarrollo promedio, y se torna de color opaca y no blanquecina, sin presencia de esperma. Ocupa las dos terceras parte del cuerpo y con una sección triangular.
III	Desarrollado o Madurante avanzado	La gónada somáticamente está gruesa y blanquecina, el esperma no drena a ligera presión ventral, el esperma es muy denso y con poca cantidad.
IV	Maduro en su máximo desarrollo	La gónada somáticamente está más gruesa y blanquecina, el esperma drena a ligera presión ventral, el esperma no es tan denso, fluye con facilidad y con mucha cantidad.
V	Eyaculado	Gónada deshidratada en forma de filamento delgado y con irrigación sanguínea. Sin coloración blanquecina y esperma visible. En post-eyaculación.

Fuente: Laevastu, 1971 & Flores, 2013.

Tabla 5. Estadios de maduración gonadal para Prochilodóntidos machos de *Prochilodus nigricans*.

Estadio	Nominación	Machos
I	Inmaduro o virgen	Gónada con forma de filamento pequeño y algunos prolongados, está en un estado tenue, ocupa la 1/3 parte del cuerpo del pez, está muy adherido a la columna vertebral.
II	Virgen en maduración o Madurante	Gónada en inicios de maduración sin esperma, con coloración opaca, ocupa las 2/3 partes del cuerpo del pez, con una sección triangular y adherida a la columna vertebral.
III	Desarrollado o Madurante avanzado	El testículo está en forma de filamento grueso y blanquecino, a ligera presión ventral no fluye el esperma, gónada no tan blanda y con pocas gotas lechosas.
IV	Maduro en su máximo desarrollo	El testículo se encuentra más lleno y doble, la coloración de la gónada es blanquecina y drena esperma a ligera presión ventral y con muchas gotas lechosas.
V	Eyaculado	Gónada muy delgada en proceso de deshidratación y con mucha irrigación sanguínea. La coloración ya no es blanquecina ni opaca. En post-eyaculación.

Fuente: Laevastu, 1971 & Riofrío, 2011.

Información obtenida

Proporción sexual

Para obtener este parámetro se registró el sexo de cada individuo muestreado a través de la inserción y observación directa, teniendo en cuenta las fases gonadales de los individuos capturados (Tabla 2-5) propuestos por el autor citado (12), (35), (49), después se enumeró y se calculó la frecuencia relativa (%) tanto para hembras y machos (73). Luego se determinó la proporción sexual global, donde se dividió el número de hembras entre el número de machos. También se efectuó la proporción sexual de la variación mensual y estacional de los especímenes en estudio (35).

$$\% \text{ PS} = (\text{N}^{\circ} \text{ de Hembras}) / (\text{N}^{\circ} \text{ de Machos})$$

Para demostrar la existencia o no de una diferencia significativa entre la proporción de sexos observada y la proporción de sexos esperada 1:1 (77), se aplicó la prueba estadística "Chi-cuadrado" de Pearson al nivel de significación de 0,05 (76).

$$X^2 (df) = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde:

- X^2 : Chi cuadrada
- df: Grados de libertad
- Σ : Sumatoria de la operación
- O: Eventos observados
- E: Eventos esperados

Talla de primera madurez sexual

Para determinar el tamaño en la madurez sexual, se capturó especímenes de diferentes tamaños, seguido de disección y determinación de la etapa sexual. Se han registrado solamente individuos que se encuentren en proceso de madurez, maduros y desovados. De tal forma, se consideró maduros potenciales a partir del segundo y tercer estadio de maduración sexual (Tabla 2-5). Para la toma de decisiones gonadales, las etapas I y II se consideraron "inmaduras" y las etapas III a VI como "maduras" para las hembras; de lo contrario, el estadio I se consideró "inmaduro" y los estadios II-V como "maduros" para los machos (12), (35), (49). Luego se promedió los datos biométricos más importantes como el peso y la longitud media, mínima y máxima de madurez sexual de todos los individuos maduros; procesando el porcentaje de maduros por clases de talla, con un intervalo de 2 cm para ambas especies. El intervalo de clase fue determinado de acuerdo al tamaño del pez (63). Luego se aplicó la fórmula del modelo logístico, que define que **L50** como la talla en la ojiva de madurez a la cual existe 50% de probabilidad de observar individuos maduros. Posteriormente se aplicó la fórmula de logaritmo negativo de la máxima

verosimilitud, para obtener el promedio de la talla media de primera madurez sexual por todos los maduros observados, las cuales fueron representadas mediante las gráficas logísticas (37), (73).

$$\%M = 1(1 + e^{-(L-L_{50})})^{-1}$$

Donde:

% M: Porcentaje de individuos maduros por clase de tamaño de 20 mm

L: Valor central de cada clase de tamaño

a & L50: Constantes del modelo

Índice Gonadosomático

Para evaluar el índice gonadosomático (IGS) se trabajó solamente con los individuos “hembras” y se relacionó con el periodo hidrológico, de acuerdo al ascenso y descenso transitorio del río Putumayo (63), (71). De tal forma, se calculó el proceso de maduración ovocitaria, entre la correlación del volumen de las gónadas y la transición corporal del pez (72), por cada muestreo y así establecer la época reproductiva de cada especie (48). Por lo tanto, se realizó la evisceración completa y la extracción de las gónadas, para luego ser pesadas con ayuda de una balanza gramera con plataforma de 3000 gramos de capacidad ($\pm 1g$), el IGS se calculó con la ecuación propuesta por Tresierra y Culquichicón, analizando la evolución mensual y estacional (73).

$$I.G.S = PG (g) \times 100/PE$$

Donde:

PE: Peso corporal eviscerado

PG: Peso de las gónadas

3.5. Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos se utilizó la hoja de cálculo de Excel 2016 y el software Bioestat, el cual permitió ordenar los datos de acuerdo a los objetivos

planteados. Posteriormente se procedió con el análisis de estos datos según las actividades establecidas, obteniendo gráficos, tablas y las proyecciones logísticas. Para establecer la proporción de sexos de cada stock muestreado se construyó una tabla de contingencia, procesando los valores observados de hembras y machos en su totalidad, seguido se calculó el porcentaje de ambos sexos para completar datos ausentes; y se dividió entre la mayor y menor distribución sexual, dándole mayor significancia e interpretación con el Chi-Cuadrado de Pearson.

Para el cálculo de la longitud media de madurez sexual de las especies de estudio se efectuó por cada sexo, de los cuales se añadió solamente el intervalo de clase (límite superior), con los valores registrados y el logístico, con la probabilidad de observar el porcentaje de individuos maduros. Posteriormente se aplicó la fórmula de logartimo negativo de la máxima verosimilitud, para obtener el ajuste y la proyección logística de la longitud media de madurez como promedio anual (LS, LH y LT). En el caso del IGS se aplicó la fórmula eviscerada (mínimo margen de error) con la finalidad de determinar la etapa reproductiva o desove en la cuenca media del río Putumayo. Para la obtención de coordenadas georeferenciales y el nivel del río se utilizó un GPS marca Garmin modelo GpsMap 64x; con estos datos se identificó y se elaboró las zonas de pesca en el software ArcMap 10.5.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Proporción sexual

- *Potamorhina altamazonica*

Se registraron en total 336 individuos en la presente investigación, 65,5% fueron hembras y 34,5% machos, lo que presentó una proporción global de 1.9:1 a favor de las hembras. Esta proporción cambió según los meses, en noviembre se obtuvo una proporción sexual de 1.5:1 con superioridad de hembras (aguas en descenso). Mientras que en aguas bajas la proporción fue de 1.1:1 en diciembre, luego se obtuvo 3:1 en enero y en febrero culminando el río seco se obtuvo 2:1 de proporción sexual a favor de las hembras. El sex ratio varió en aguas en ascenso con 1.7:1 en marzo, bajando a 1.1:1 en abril y en mayo cuando prevalecen las aguas en ascenso se obtuvo 1.9:1 de proporción sexual a favor de las mismas. Continuamente en aguas altas o río lleno el sex ratio también fue superior para las hembras, con una proporción sexual de 2.8:1 en junio y 2:1 en julio, respectivamente. Al iniciar las aguas en descenso se obtuvo una proporción sexual de 2.8:1 (agosto), en setiembre 3.3:1 y finalmente 1.6:1 en octubre a favor de las hembras. Para el total de individuos, la proporción sexual fue significativamente al aplicarse la prueba de Chi-Cuadrado ($X^2 = 16.1$; $p < 0.05$) (Tabla 6).

Tabla 6. Variación de la proporción sexual global y prueba Chi² en relación al tiempo (meses) de *Potamorhina altamazonica* en el río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021, [GL= 9] [*Significativo].

Meses	Periodo Hidrológico	Valores observados		Total	Porcentaje		Prop. Sexual	χ ² Tab≥3.84
		Hembras	Machos		Hembras	Machos	♀ : ♂	
Noviembre	Aguas en descenso	18	12	30	60	40	1.5:1	2.4
Diciembre	Aguas bajas/ río seco	16	14	30	53.3	46.7	1.1:1	0.2
Enero	Aguas bajas/ río seco	15	5	20	75	25	03:01	10*
Febrero	Aguas bajas/ río seco	20	10	30	66.7	33.3	02:01	6.8*
Marzo	Aguas en ascenso	19	11	30	63.3	36.7	1.7:1	4.2*
Abril	Aguas en ascenso	16	14	30	53.3	46.7	1.1:1	0.2
Mayo	Aguas en ascenso	19	10	29	65.5	34.5	1.9:1	5.6*
Junio	Aguas altas/ río lleno	22	8	30	73.3	26.7	2.8:1	13.2*
Julio	Aguas altas/ río lleno	20	10	30	66.7	33.3	02:01	6.8*
Agosto	Aguas en descenso	17	6	23	73.9	26.1	2.8:1	10.4*
Setiembre	Aguas en descenso	23	7	30	76.7	23.3	3.3:1	17.2*
Octubre	Aguas en descenso	15	9	24	62.5	37.5	1.6:1	3
1 año	Total	220	116	336	65.5	34.5	1.9:1	16.1*

Para encontrar las proporciones al 100% de *Potamorhina altamazonica*, se analizaron el total de individuos capturados en relación a los meses, con proporciones disímiles por cada muestreo, determinándose superioridad de 1.9:1 hembras por cada macho (Figura 4).

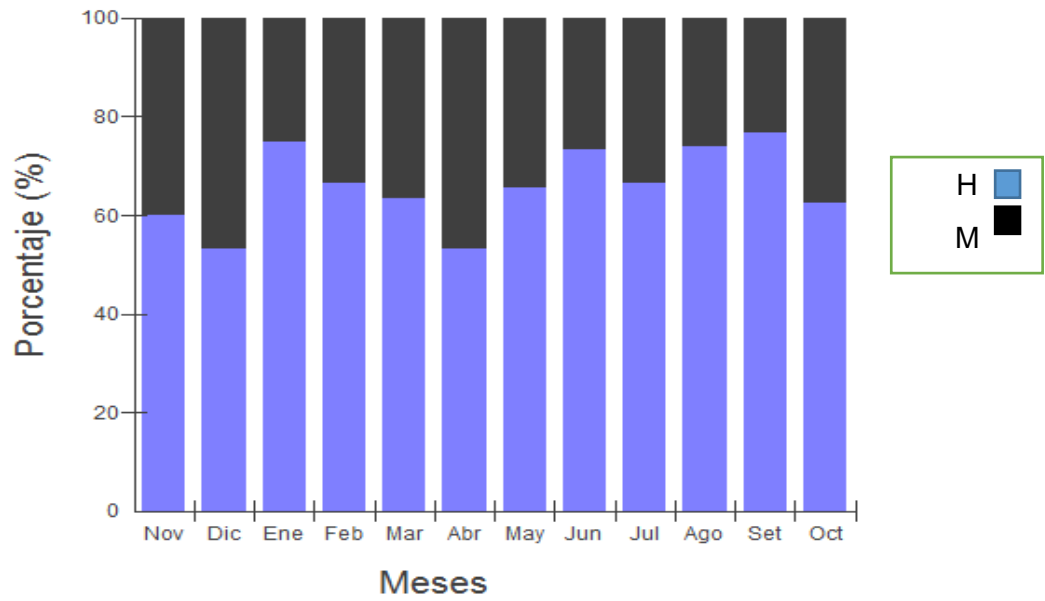


Figura 4. Proporción de sexos de *Potamorhina altamazonica* porcentualmente obtenidas.

Para el caso de las proporciones absolutas de *Potamorhina altamazonica*, se analizaron el total de individuos capturados en relación a los meses, con sex ratios muy disímiles unos a otros, favoreciendo a las hembras por cada macho (Figura 5).

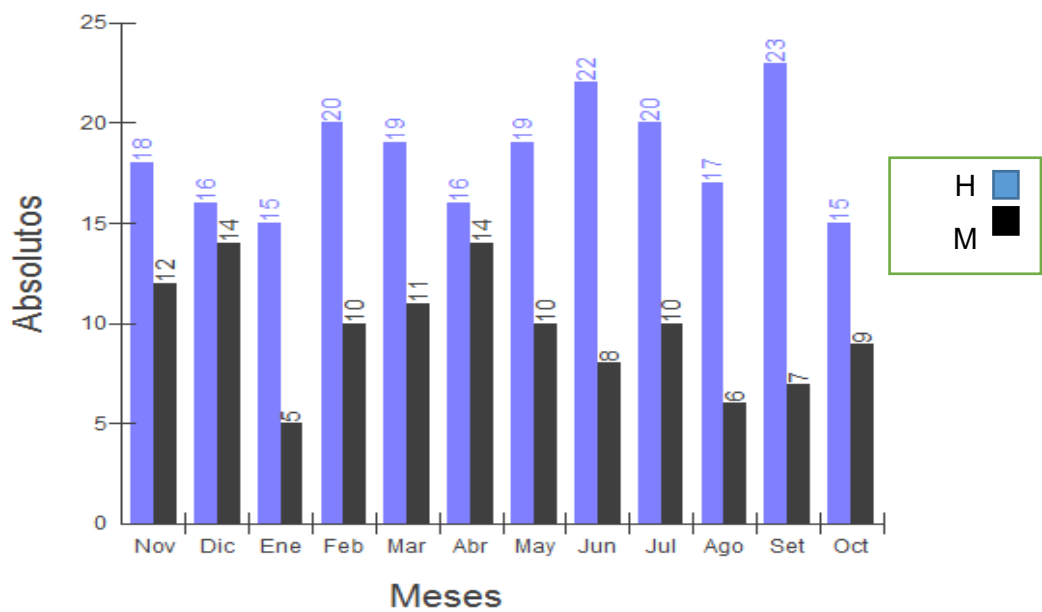


Figura 5. Proporción sexual de *Potamorhina altamazonica* absoluta por muestreo.

En el periodo de investigación (2020-2021) se analizaron un total de 336 peces de los cuales 220 fueron hembras y 116 machos, hallándose diferencias significativas de la proporción esperada de 1:1 a favor de las hembras. La proporción sexual de muestras analizadas por periodo hidrológico variaron por cada evento, como las aguas en descenso, que obtuvo una proporción sexual de 2.1:1 a favor de las hembras. Mientras que en aguas bajas la proporción fue de 1.8:1 durante tres meses, donde las hembras también fueron superiores. Luego el sex ratio varió en aguas en ascenso con 1.5:1 a favor de las hembras, siendo la proporción más ajustada de marzo a mayo. Sin embargo, proporción sexual más significativa fue en aguas altas con un sex ratio de 2.3:1 a favor de las mismas, que fueron sobresalientes en la mayor parte del periodo evaluado.

Se determinó el tamaño de muestras obtenidas al 100% de *Potamorhina altamazonica*, en donde se analizó el total de individuos capturados en relación al periodo hidrológico, con proporciones disímiles por cada variación estacional. En aguas en descenso, aguas bajas y aguas en ascenso se obtuvo el mayor número de colectas; mientras que en aguas altas se obtuvo el menor número de muestras, pero con cantidades notables (Tabla 7 y Figura 6).

Tabla 7. Variación estacional de la proporción sexual en relación al periodo hidrológico de *Potamorhina altamazonica* en el río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021, [GL= 9] [*Significativo].

Meses	Periodo Hidrológico	Porcentaje					Prop. Sexual ♀ : ♂	X ² Tab≥3.84
		♀	♂	Total	Hembras	Machos		
Agosto - Noviembre	Aguas en descenso	73	34	107	68	32	2.1:1	7.1*
Diciembre - Febrero	Aguas bajas/ río seco	51	29	80	64	36	1.8:1	12*
Marzo - Mayo	Aguas en ascenso	54	35	89	60.7	39.3	1.5:1	8*
Junio -Julio	Aguas altas/ río lleno	42	18	60	70	30	2.3:1	19.2*
	Total	220	116	336	65.5	34.5	1.9:1	16.1*

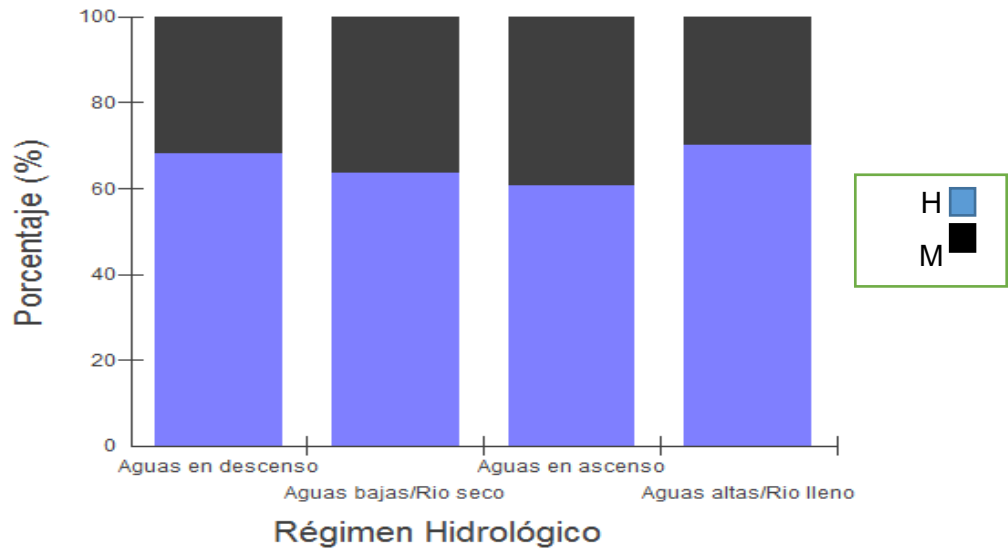


Figura 6. Proporción de sexos de *Potamorhina altamazonica* en relación al periodo Hidrológico, porcentualmente obtenidas.

Para el caso de las proporciones absolutas de *Potamorhina altamazonica* en relación al periodo hidrológico, se analizaron el total de individuos capturados por evento, con sex ratios muy disímiles unos a otros, determinándose mayor número de hembras hacia los machos (Figura 7).

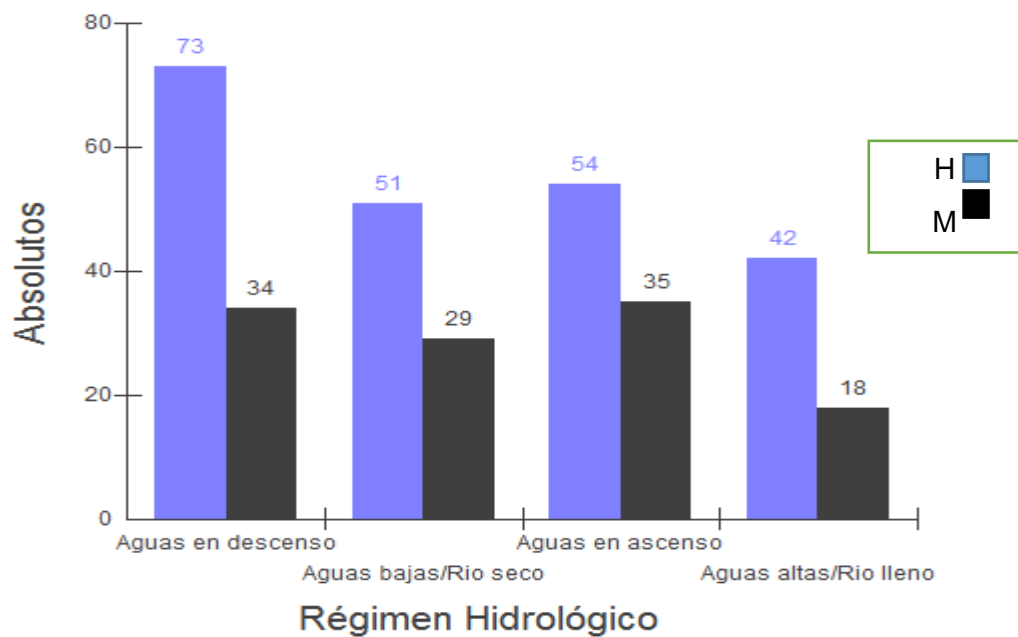


Figura 7. Proporción sexual de *Potamorhina altamazonica* absoluta por periodo hidrológico.

- *Prochilodus nigricans*

Se registraron en total 253 individuos en la presente investigación, 65% fueron hembras y 35% machos, lo que presentó una proporción global de 1.9:1 a favor de las hembras. Esta proporción cambió según los meses, en noviembre se obtuvo una proporción sexual de 1.5:1 con superioridad de hembras (aguas en descenso). Mientras que en aguas bajas la proporción fue de 2.8:1 en diciembre con mayores números de machos, luego se obtuvo 2:1 en enero y en febrero culminando el río seco se obtuvo 2.4:1 de proporción sexual a favor de las hembras. Luego el sex ratio varió en aguas en ascenso con 1.7:1 en marzo, luego varió a 2:1 en abril y en mayo influenciado por las aguas en ascenso se obtuvo 1.6:1 de proporción sexual a favor de las mismas. Continuamente en aguas altas o río lleno, los sex ratios también fueron favorables para las hembras, con una proporción sexual de 1.7:1 en junio y 2.8:1 en julio, respectivamente. Al iniciar las aguas en descenso se obtuvo una proporción sexual de 3.5:1 (agosto), en setiembre 2.3:1 y finalmente 2.7:1 en octubre a favor de las hembras. Para el total de individuos, la proporción sexual fue significativamente al aplicarse la prueba de Chi-Cuadrado ($X^2 = 7.8$; $p < 0.05$) (Tabla 8).

Tabla 8. Variación de la proporción sexual global y prueba Chi² en relación al tiempo (meses) de *Prochilodus nigricans* en el río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021, [GL= 3] [*Significativo].

Meses	Periodo Hidrológico	Valores observados		Total	Porcentaje		Prop. Sexual	χ ² Tab≥3.84
		Hembras	Machos		Hembras	Machos	♀ : ♂	
Noviembre	Aguas en descenso	15	10	25	60	40	1.5:1	2
Diciembre	Aguas bajas/ río seco	4	11	15	26.7	73.3	2.8:1	6.4*
Enero	Aguas bajas/ río seco	10	5	15	66.7	33.3	02:01	3.3
Febrero	Aguas bajas/ río seco	12	5	17	70.6	29.4	2.4:1	5.6*
Marzo	Aguas en ascenso	16	9	25	64	36	1.7:1	3.9*
Abril	Aguas en ascenso	4	2	6	66.7	33.3	02:01	1.2
Mayo	Aguas en ascenso	15	9	24	62.5	37.5	1.6:1	3
Junio	Aguas altas/ río lleno	19	11	30	63.3	36.7	1.7:1	4.2*
Julio	Aguas altas/ río lleno	22	8	30	73.3	26.7	2.8:1	13.2*
Agosto	Aguas en descenso	14	4	18	77.8	22.2	3.5:1	11.2*
Setiembre	Aguas en descenso	18	8	26	69.2	30.8	2.3:1	7.6*
Octubre	Aguas en descenso	16	6	22	72.7	27.3	2.7:1	9.2*
1 año	Total	165	88	253	65	35	1.9:1	7.8*

Para encontrar las proporciones al 100% de *Prochilodus nigricans*, se analizaron el total de individuos capturados en relación a los meses, con proporciones disímiles por cada muestreo, determinándose superioridad de 1.9:1 hembras por cada macho (Figura 8).

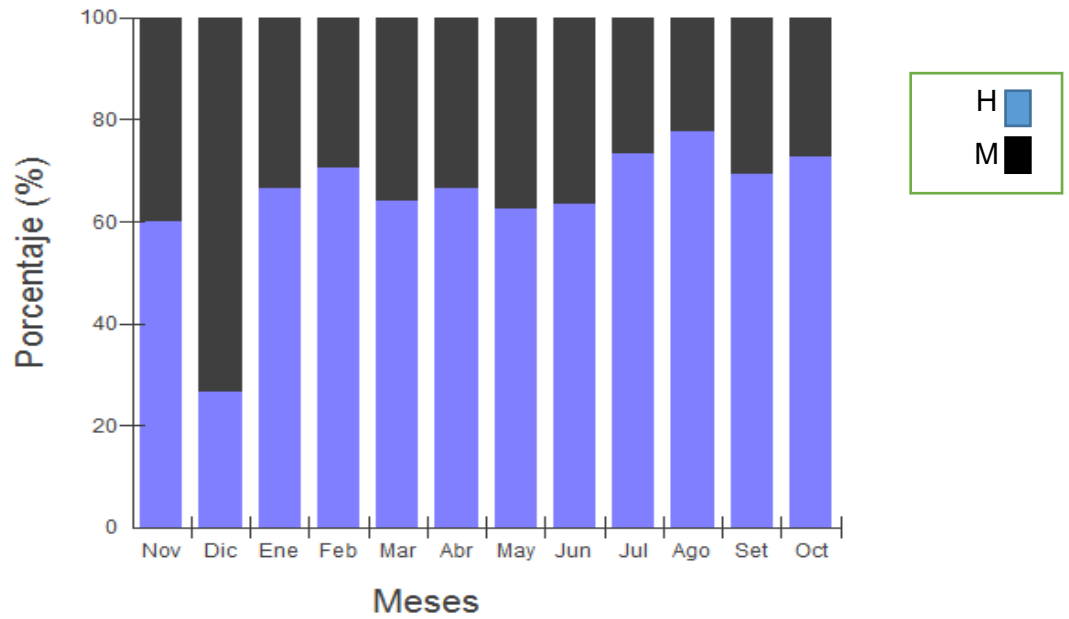


Figura 8. Proporción de sexos de *Prochilodus nigricans* porcentualmente obtenidas.

Para el caso de las proporciones absolutas de *Prochilodus nigricans*, se analizaron el total de individuos capturados en relación a los meses, con sex ratios muy distintos unos a otros, el cual favoreció a las hembras frente a los machos, excepto en diciembre (Figura 9).

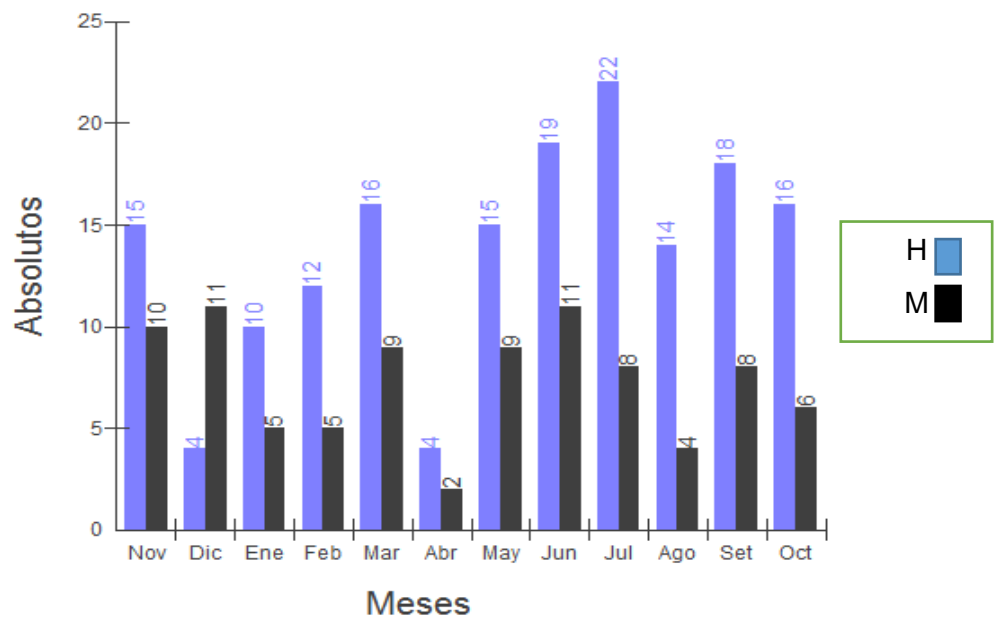


Figura 9. Proporción sexual de *Prochilodus nigricans* absoluta por muestreo.

En el periodo de investigación (2020-2021) se observaron un total de 253 peces de los cuales 165 fueron hembras y 88 machos, hallándose diferencias significativas de la proporción esperada de 1:1 a favor de las hembras. La proporción sexual de muestras analizadas por periodo hidrológico variaron por cada evento, durante las aguas en descenso, se obtuvo una proporción sexual de 2.3:1 a favor de las hembras. Mientras que en aguas bajas la proporción fue de 1.2:1 para los tres meses, donde también las hembras estuvieron presentes en los análisis. Luego el sex ratio varió en aguas en ascenso con 1.8:1 a favor de las hembras, siendo la proporción más ajustada y similar a las aguas bajas. Sin embargo, las proporciones sexuales más significativas fueron en aguas altas con un sex ratio de 2.3:1 a favor de las hembras, cabe recalcar que las hembras estuvieron presentes en la mayor parte del periodo evaluado.

Se determinó el tamaño de muestras obtenidas al 100% de *Prochilodus nigricans*, en donde se analizó el total de individuos capturados en relación al periodo hidrológico, con proporciones disímiles por cada variación estacional. En aguas en descenso se obtuvo el mayor número de colectas; mientras que, en aguas bajas, en ascenso y altas se obtuvo el menor número de muestras, pero con cantidades notables (Tabla 9 y Figura 10).

Tabla 9. Variación estacional de la proporción sexual en relación al periodo hidrológico de *Prochilodus nigricans* en el río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021, [GL= 3] [*Significativo].

Meses	Periodo Hidrológico	Porcentaje					Prop. Sexual ♀ : ♂	X ² Tab≥3.84
		♀	♂	Total	Hembras	Machos		
Agosto - Noviembre	Aguas en descenso	63	28	91	69.2	30.8	2.3:1	26.1*
Diciembre - Febrero	Aguas bajas/ río seco	26	21	47	55.3	47.7	1.2:1	1.2
Marzo - Mayo	Aguas en ascenso	35	20	55	63.6	36.4	1.8:1	8*
Junio - Julio	Aguas altas/ río lleno	41	19	60	68.3	31.7	2.3:1	19.2*
	Total	165	88	253	65.2	34.8	1.9:1	7.8*

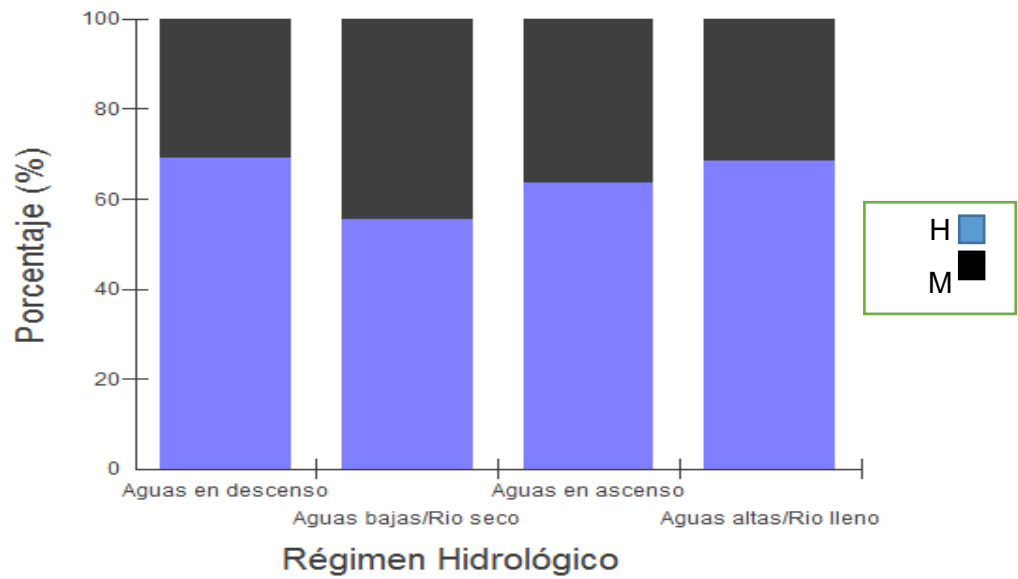


Figura 10. Proporción de sexos de *Prochilodus nigricans* en relación al periodo hidrológico, porcentualmente obtenidas.

Para el caso de las proporciones absolutas de *Prochilodus nigricans* en relación al periodo hidrológico, se analizaron el total de individuos capturados por evento, con sex ratios muy disímiles unos a otros, determinándose mayor número de hembras hacia los machos (Figura 11).

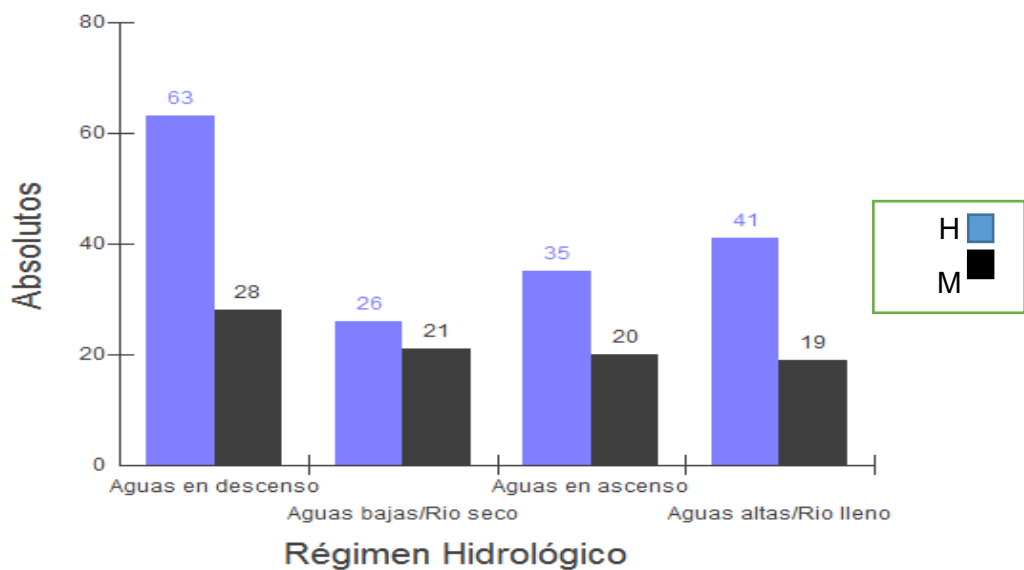


Figura 11. Proporción sexual de *Prochilodus nigricans* absoluta por periodo hidrológico.

4.2. Talla de primera maduración sexual

- *Potamorhina altamazonica*

En este análisis, solo se utilizaron ejemplares en maduración (152 maduros), de los cuales 94 (62%) fueron hembras y 58 (38%) fueron machos. En la tabla 10 se observa los datos biométricos de hembras y machos de *Potamorhina altamazonica*. Los datos analizados obtuvieron que la talla media de madurez sexual (**L50**) para las hembras se determinó en 18.6 cm (LS), la longitud a la horquilla se obtuvo en 19.6 cm (LH) y la longitud total se obtuvo en 22.5 cm (LT). En el caso de los machos la talla media de madurez sexual (**L50**) se estableció en 18.9 cm (LS), a la horquilla se obtuvo la media en 19.2 cm (LH) y la longitud total en 22.1 cm (LT). El peso total de *Potamorhina altamazonica* “hembras” se promedió en 189 g y el peso eviscerado en 124 g, asimismo en los machos se obtuvo un promedio de 156 g de peso total y 118 g para el peso eviscerado. También se analizó las medidas máximas y mínimas respectivas, representando el total de individuos maduros capturados.

Tabla 10. Datos biométricos de individuos maduros capturados, analizados y promediados de *Potamorhina altamazonica* de ambos sexos, trabajados en la cuenca media del río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021.

Datos biométricos de <i>Potamorhina altamazonica</i>						
Medidas morfométricas	Hembras ♀			Machos ♂		
	Longitud (cm)			Longitud (cm)		
	Mínima	Talla media	Máxima	Mínima	Talla media	Máxima
Longitud estándar	16	18.6	24	16.3	18.9	24
Longitud horquilla	17.5	19.6	24.5	17	19.2	24
Longitud total	20	22.5	26	18	22.1	26
-	Peso (g)			Peso (g)		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
Peso Total	110	189	287	98	156	268
Peso eviscerado	96	124	234	82	118	223

Talla media de primera madurez sexual (L50)

Para *Potamorhina altamazonica* en la cuenca media del río Putumayo el 50% de las hembras maduran por primera vez a los 22.5 cm de longitud total (L50), con un intervalo de clase de 2 cm, analizado en criterio al tamaño del pez (Figura 12). Asimismo, el modelo de la máxima verosimilitud logarítmica proyecta 94 individuos maduros “hembras”, observándose los valores observados y la suma del modelo logístico. Por lo tanto, las tallas muestran el 50% de las hembras que presentaron un grado de madurez igual o mayor al estadio III (madurante moderada) hasta el estadio VI (Desovado); según la escala macroscópica de madurez sexual de Laevastu y Flores.

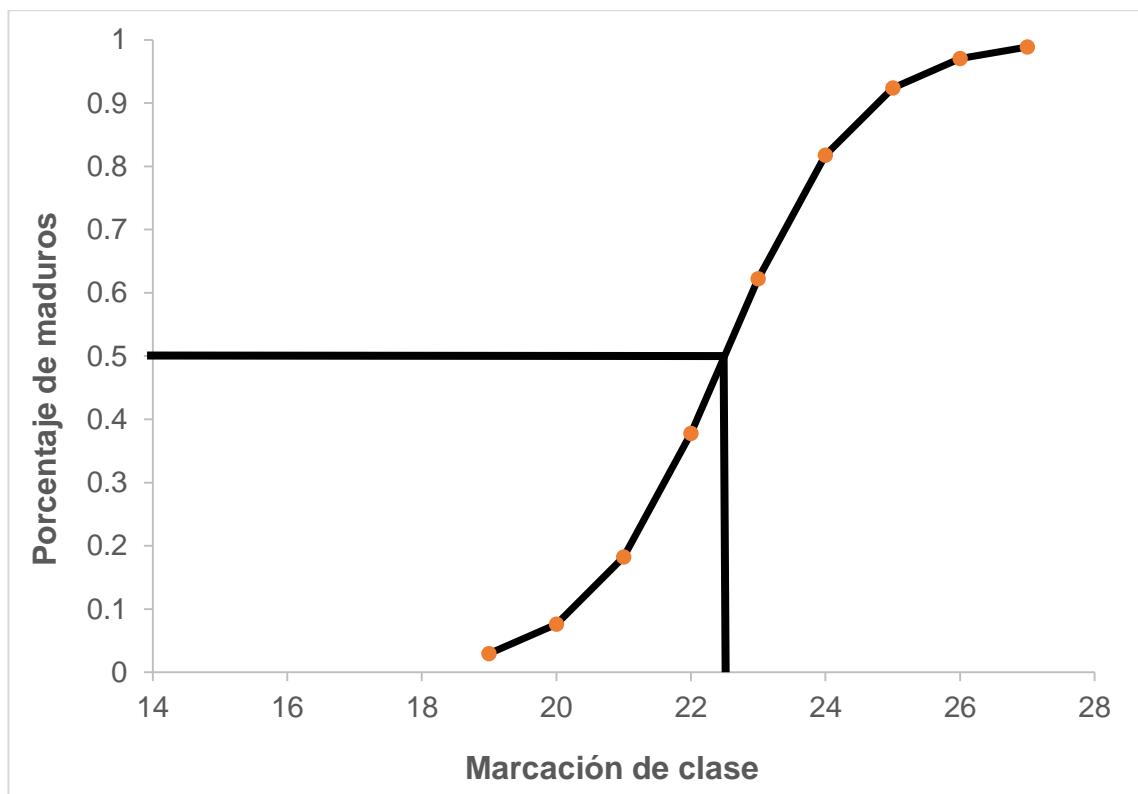


Figura 12. Talla media de primera madurez sexual en hembras de *Potamorhina altamazonica* “LT”.

Para los machos de *Potamorhina altamazonica* el modelo logístico al 50% maduran por primera vez a los 22.1 cm de longitud total (L_{50}) (Figura 13). Asimismo, el modelo de la máxima verosimilitud logarítmica proyecta 58 individuos maduros “machos”, representando los valores observados y la suma del modelo logístico. Por lo tanto, las tallas muestran el 50% de machos que presentaron un grado de madurez igual o mayor al estadio II (madurante) hasta el estadio V (post-eyaculación); según la escala macroscópica de madurez gonadal de Laevastu y Flores.

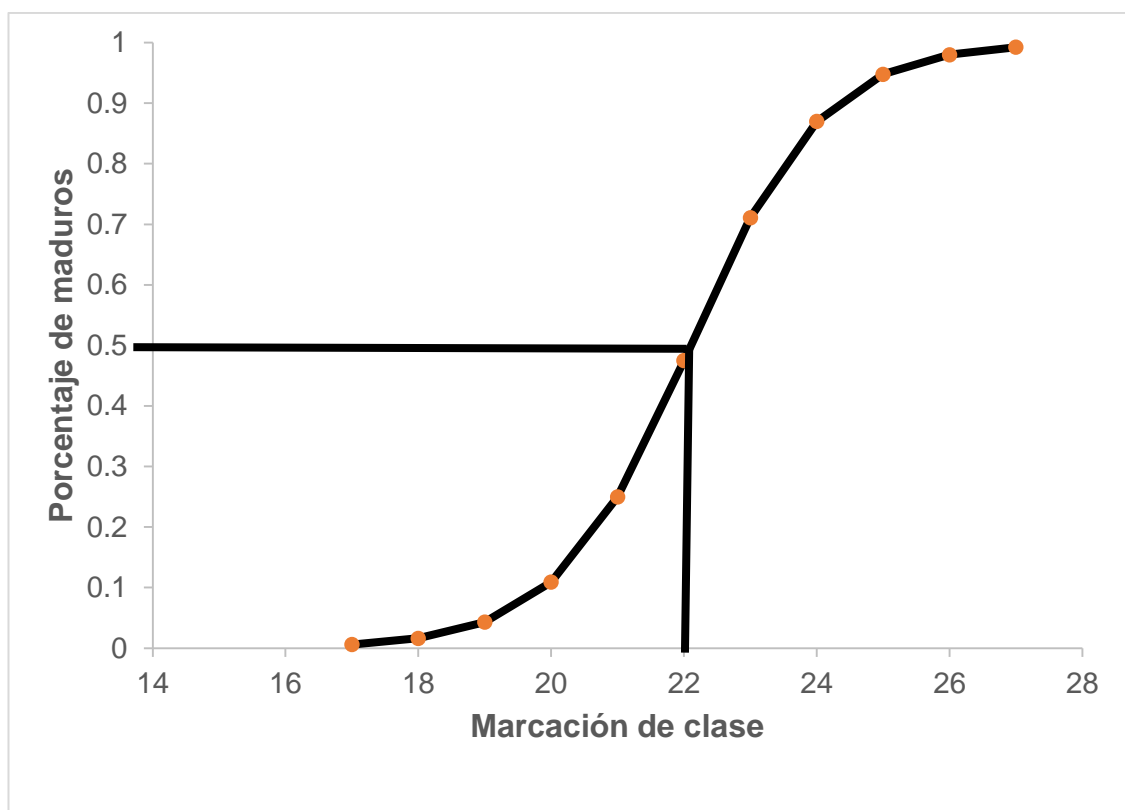


Figura 13. Talla media de primera madurez sexual en machos de *Potamorhina altamazonica* “LT”.

- *Prochilodus nigricans*

Para este análisis se utilizaron solo ejemplares maduros (132 maduros), de los cuales 74 (56%) fueron hembras y 58 (44%) fueron machos. En la tabla 11 se observa los datos biométricos de hembras y machos de *Prochilodus nigricans*. Los datos analizados obtuvieron que la talla media de madurez sexual (**L50**) para las hembras se determinó en 21.8 cm (LS), la longitud a la horquilla se obtuvo en 22.5 cm (LH) y la longitud total se obtuvo en 25 cm (LT). En el caso de los machos la talla media de madurez sexual (**L50**) se estableció en 21.3 cm (LS), a la horquilla se obtuvo la media en 22 cm (LH) y la longitud total en 25.2 cm (LT). El peso total de *Prochilodus nigricans* “hembras” se promedió en 282 g y el peso eviscerado en 239 g, asimismo en los machos se obtuvo un promedio de 271 g de peso total y 223 g para el peso eviscerado. También se analizó las medidas máximas y mínimas respectivas, representando el total de individuos maduros capturados.

Tabla 11. Datos biométricos de individuos maduros capturados, analizados y promediados de *Prochilodus nigricans* de ambos sexos, trabajados en la cuenca media del río Putumayo durante noviembre del 2020 a octubre del 2021.

Datos biométricos de <i>Prochilodus nigricans</i>						
Medidas morfométricas	Hembras ♀			Machos ♂		
	Longitud (cm)			Longitud (cm)		
	Mínima	Talla media	Máxima	Mínima	Talla media	Máxima
Longitud estándar	15.9	21.8	28	17.4	21.3	28
Longitud horquilla	17.3	22.5	27	18.2	22	29
Longitud total	22	25	32	21.5	25.2	32
-	Peso (g)			Peso (g)		
	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo
Peso Total	189	282	482	177	271	410
Peso eviscerado	162	239	412	154	223	380

Talla media de primera madurez sexual (L50)

Para *Prochilodus nigricans* en la cuenca media del río Putumayo el 50% de las hembras maduran por primera vez a los 25 cm de longitud total (L50), con un intervalo de clase de 2 cm, analizado en criterio al tamaño del pez (Figura 14). Asimismo, el modelo de la máxima verosimilitud logarítmica proyecta 74 individuos maduros “hembras”, observándose los valores observados y la suma del modelo logístico. Por lo tanto, las tallas muestran el 50% de las hembras que presentaron un grado de madurez igual o mayor al estadio III (madurante moderada) hasta el estadio VI (Desovado); según la escala macroscópica de madurez sexual de Laevastu y Riofrío.

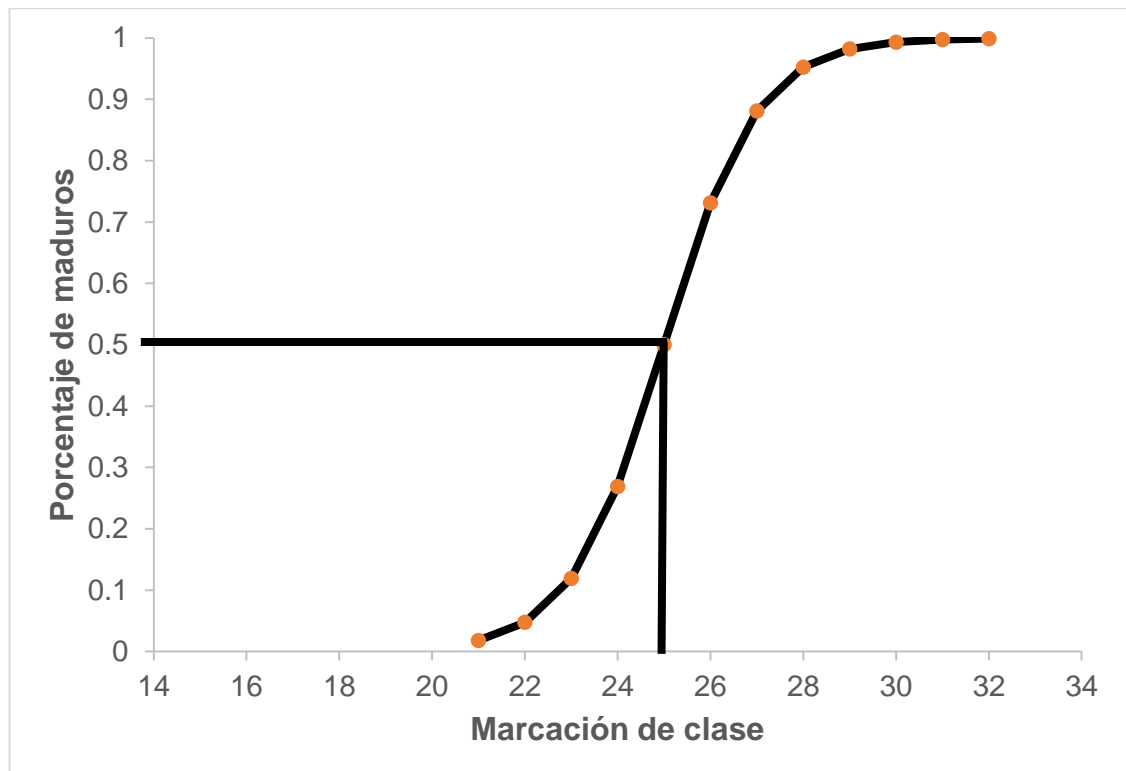


Figura 14. Talla media de primera madurez sexual en hembras de *Prochilodus nigricans* “LT”.

Para los machos de *Prochilodus nigricans* el modelo logístico al 50% maduran por primera vez a los 25.2 cm de longitud total (L_{50}) (Figura 15). Asimismo, el modelo de la máxima verosimilitud logarítmica proyecta 58 individuos maduros “machos”, representando los valores observados y la suma del modelo logístico. Por lo tanto, las tallas muestran el 50% de machos que presentaron un grado de madurez igual o mayor al estadio II (madurante) hasta el estadio V (post-eyaculación); según la escala macroscópica de madurez gonadal de Laevastu y Riofrío.

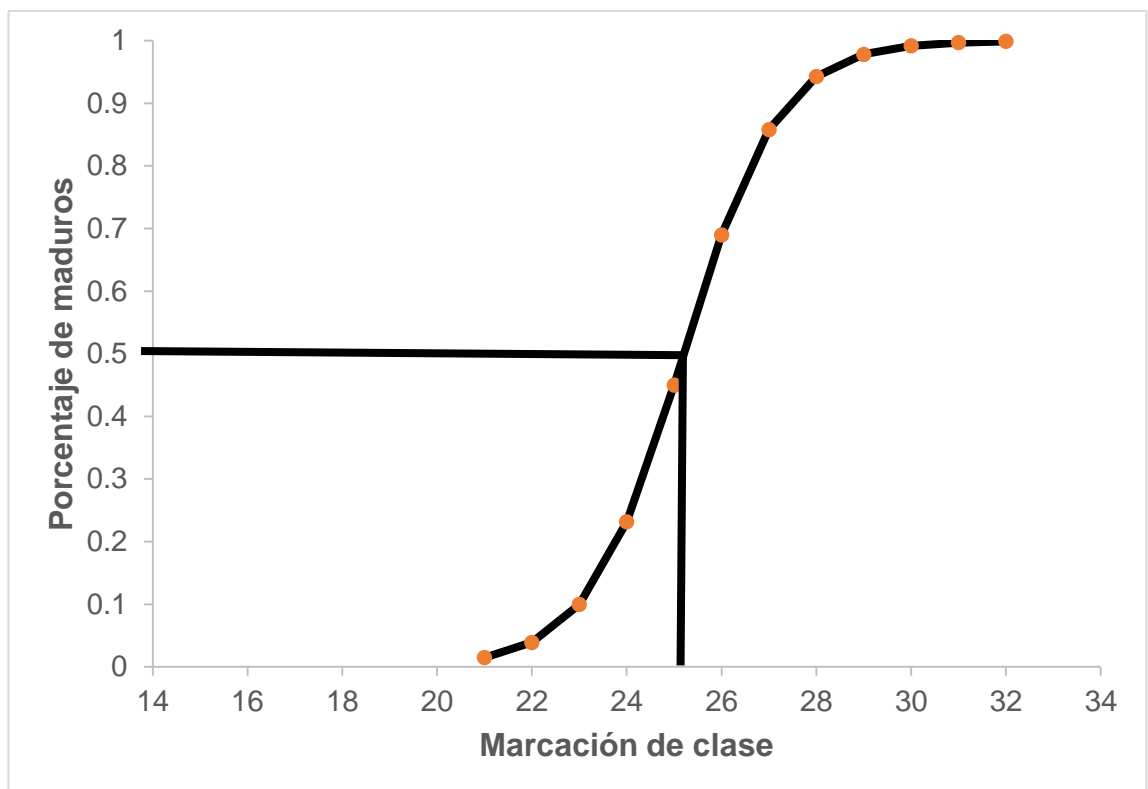


Figura 15. Talla media de primera madurez sexual en machos de *Prochilodus nigricans* “LT”.

4.3. Índice Gonadosomático

De acuerdo a nuestros resultados, las hembras de *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans* son desovadoras totales, cuya frecuencia de desove ocurre una vez por año y esta actividad está sin sincronía con la dinámica del río Putumayo. En la figura 16 y 17, se observa la variación anual del IGS para hembras, presentando curvas unimodales, con fluctuaciones mínimas y máximas en meses determinados. También se observa la presencia de hembras inmaduras (I y II) durante casi todos los meses y en desarrollo hasta maduración (III, IV, V y VI), comprendido entre octubre a marzo. Siendo estos los meses para el periodo reproductivo de las hembras de llambina y boquichico.

- *Potamorhina altamazonica*

De acuerdo a nuestros análisis, las hembras de *Potamorhina altamazonica* desovan una vez al año, y esta actividad no coincide con la dinámica del río Putumayo. En la Figura 16, se observa la presencia de hembras inmaduras (I y II) durante casi todos los meses y en desarrollo hasta maduración (III, IV, V y VI) entre los meses de octubre a febrero. Siendo estos los meses para el periodo reproductivo de las hembras maduras.

El índice gonadosomático (IGS) presentó valores altos, en octubre, el IGS tiene el valor de 142.7, continuando la maduración sexual justo en aguas en descenso. En noviembre, el IGS llega a su pico promedio obteniendo un valor máximo de 129.6, luego empieza las aguas bajas, que marca el periodo del desove en un río seco. Este termina el mes de febrero cuando se registra el IGS de 42.1, después de esta temporada de maduración gonadal en magnitud, este se mantiene estacionario y en inicios de maduración entre los meses de marzo a setiembre; cabe recalcar que en este periodo las aguas estaban en ascenso y muy altas.

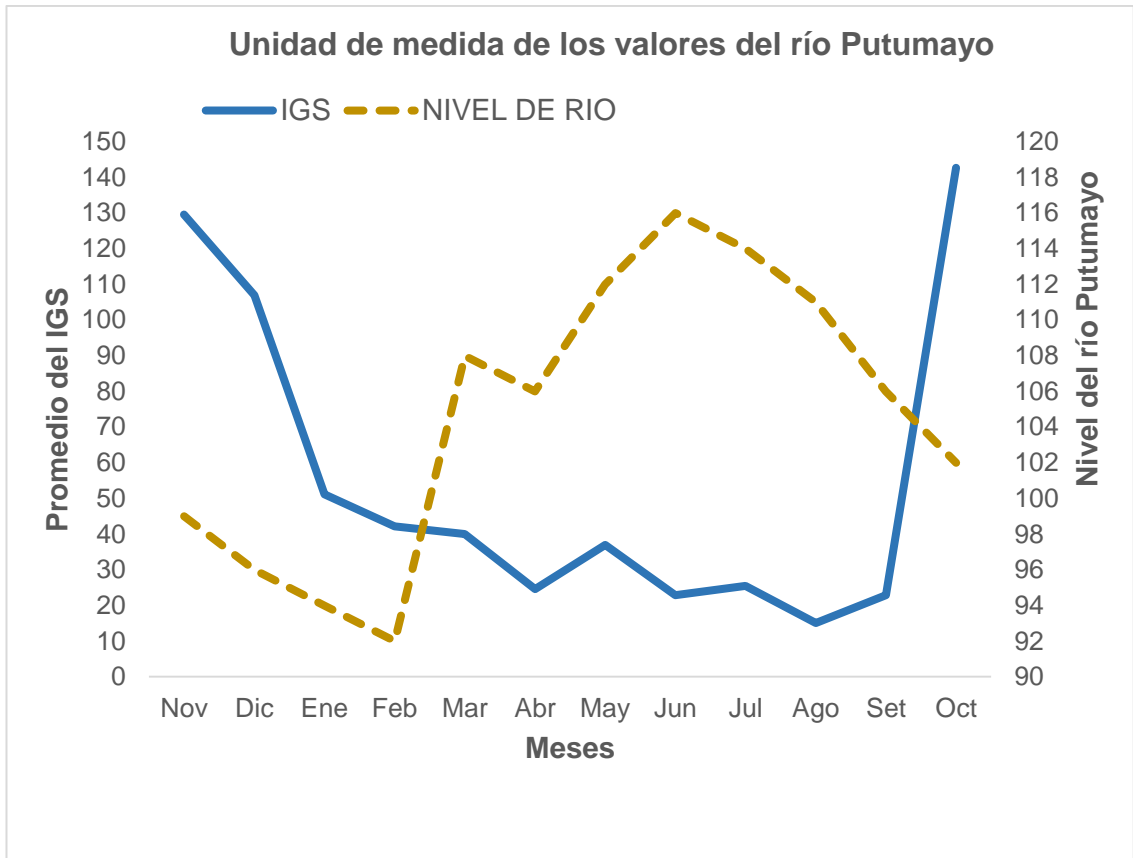


Figura 16. Variación mensual del IGS en hembras de *Potamorhina altamazonica* y nivel del río Putumayo.

- *Prochilodus nigricans*

De acuerdo a la información registrada, las hembras de *Prochilodus nigricans* desovan una vez al año, y esta actividad tampoco coincide con la dinámica del río Putumayo. En la Figura 17, se observa la presencia de hembras inmaduras (I y II) durante casi todos los meses y en desarrollo hasta maduración (III, IV, V y VI) entre los meses de noviembre a marzo. Siendo estos los meses para el periodo reproductivo de las hembras maduras.

El índice gonadosomático (IGS) presentó valores altos, en noviembre, el IGS tiene el valor de 101.2, culminando la maduración sexual justo en aguas en descenso. En diciembre, el IGS llega a su pico promedio obteniendo un valor máximo de 79.7, luego

en enero se obtuvo un valor de 35.4 y bajó hasta 26.6 en el mes de febrero, todo este periodo fue en aguas bajas, que marca la etapa del desove en un río seco. Este va bajando en marzo con un IGS de 18.1, después de esta temporada de maduración gonadal moderada, este se mantiene estacionario y en inicios de maduración entre los meses de abril a octubre, cabe recalcar que en este periodo las aguas estaban en ascenso y muy altas.

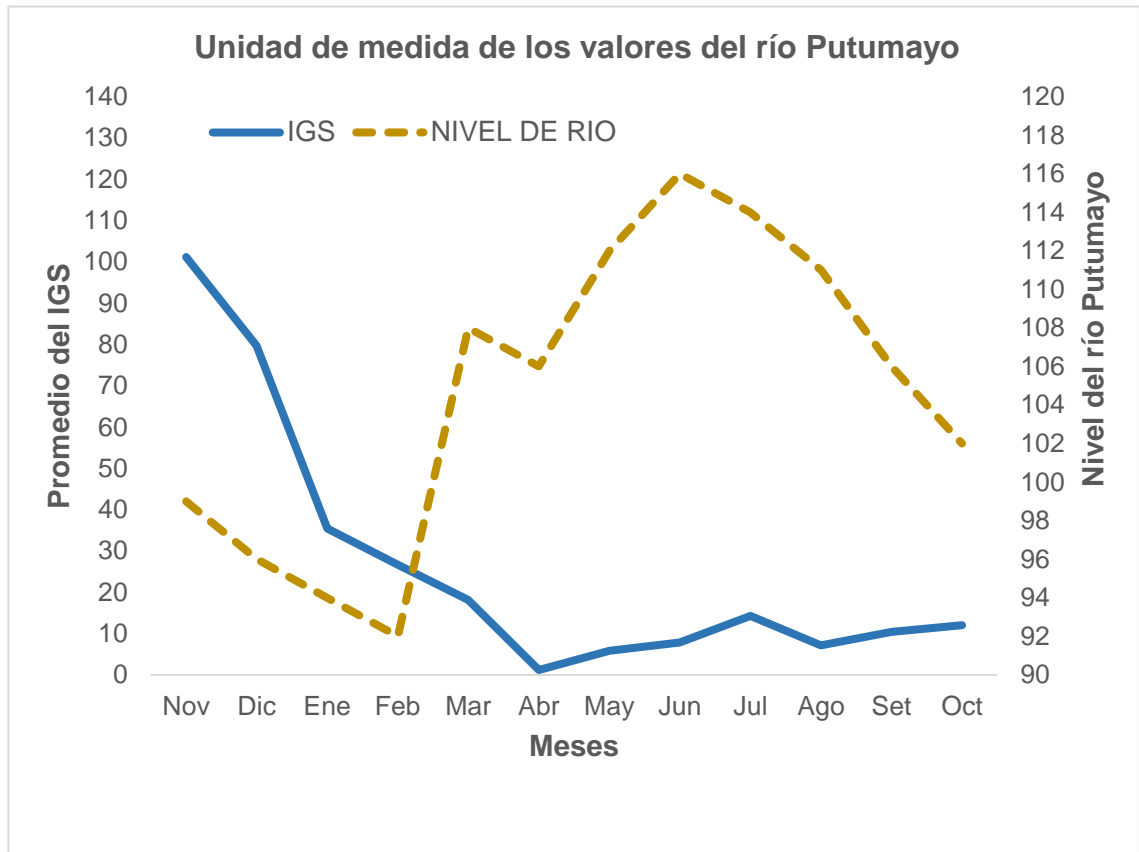


Figura 17. Variación mensual del IGS en hembras de *Prochilodus nigricans* y nivel del río Putumayo.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

Proporción sexual

- *Potamorhina altamazonica*

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis de la proporción sexual teórica 1.9 H:1 M de Fisher (binomial y discreta). Estos resultados guardan relación con el sex ratio hipotético, ya que existe equilibrio sexual en la población de *Potamorhina altamazonica*, lo cual puede permitir la reproducción de la especie (75). Al culminar el descenso del río Putumayo la distribución sexual entre hembras y machos era disímil, igualmente con las aguas en ascenso (repiquete), la cual mostró una sex ratio favorable para las hembras. Estos trabajos coinciden con lo confirmado por estudios previos en la amazonia (1.5:1) (16) y en la región Ucayali (1.5:1) (34). Estas investigaciones también confirman que el mayor número de hembras se da durante crecidas e inundaciones periódicas, y determinan la superioridad de hembras en la población (47).

Asimismo, se reportó para la región Ucayali un sex ratio de 1.6:1 (21) y para amazonia peruana una proporción sexual de 1.4:1 a favor de las hembras en aguas ascendentes (18), los cuales coinciden con la distribución sexual global (73). De esta manera, nuestros resultados también comprueban semejanzas en los meses de muestreos, y que las estructuras sexuales fueron muy variables (84) y significativas (76). De esta forma, nuestros hallazgos guardan relación con lo que sostiene Flores, ya que reportó la misma proporción sexual de 1.1:1 para el río Ucayali en dos años distintos, los cuales coinciden con el mayor número de hembras en la etapa de vaciante (17), (35). Igualmente, Flores y Riofrío reportaron una proporción sexual de 1.1:1 a favor de las hembras en aguas en descenso, coincidiendo con nuestros resultados (38). Cabe recalcar, que la variación de la proporción sexual de la cuenca media del río Putumayo presentó diferencias estadísticamente significativas (76).

- ***Prochilodus nigricans***

A partir de los resultados obtenidos, *Prochilodus nigricans* se ajusta a la hipótesis de la proporción sexual teórica 1.9 H:1 M de Fisher. Estos hallazgos coinciden con el equilibrio sexual en la población y permitir la reproducción de la especie (75). Al analizar el sex ratio global, las hembras fueron superiores sobre los machos. Estos resultados coinciden con la literatura, que indica que las poblaciones de esta especie tienen una mayor proporción de hembras que de machos, tal como se reporta para la cuenca del noroeste ecuatoriano (1.5:1) (32) y en la Amazonia Peruana (1.5:1) (33). De igual modo, se reportó para la región Ucayali dos proporciones sexuales de 1.4:1 (21) y uno de 1:1 a favor de las hembras en aguas ascendentes (12), los cuales coinciden con nuestros hallazgos. Tresierra y Culquichicón señalan que existen factores que pueden hacer variar la proporción de 1:1 o incluso establecerse un sex ratio muy estrecho, entre ellas están la diferente vulnerabilidad por sexo, la mortalidad diferencial especialmente en las primeras etapas de vida (73).

Asimismo, los resultados obtenidos guardan relación con el sex ratio 1:1 que reportó Silva y Stewart en el noroeste del Ecuador, ya que la superioridad de los machos fue de 47% y las hembras 46.7%, determinándose una proporción sexual casi idéntica en la temporada de crecidas (36). De tal forma, Agudelo & Duponchelle reportaron una proporción sexual de 1.2:1 en la cuenca alta del río Putumayo, obteniéndose mayor número de hembras durante la estación seca, coincidiendo con nuestros resultados (37). Por otro lado, se reportó una proporción sexual de 1.2:1 en el río San Jorge en Colombia, los cuales concuerdan con la superioridad de las hembras de bocachico y que estadísticamente fueron similares en la significancia de Pearson (39). Asimismo, Godinho y Godinho señalan que las hembras tienden a ser superiores en la mayoría de los muestreos, por efecto del periodo de intensa reproducción, ya que estas suelen ser más robustas y serían más vulnerables que los machos a quedar atrapadas en las redes de pesca (78).

Talla de primera maduración sexual

- *Potamorhina altamazonica*

Son contados los trabajos de investigación donde se efectuaron estimaciones sobre la talla media de primera madurez sexual (L_{50}), para la cuenca media del río Putumayo. El análisis de la información para esta región, determinó que las hembras de *Potamorhina altamazonica* maduran a una talla (LS) de 18.6 cm y 18.9 cm los machos. Asimismo, los resultados obtenidos concluyen que la longitud a la horquilla es de 19.6 cm en hembras y 19.2 cm en machos. Además, maduran a la talla de 22.5 cm en hembras y 22.1 en machos de longitud total. En la amazonia peruana hay un ligero acercamiento y proponen la talla de su primera maduración en 19.2 cm para hembras y en machos 18.8 cm de longitud horquilla (LH) (16). Mientras que en la región Ucayali se estimó en una longitud a la horquilla (LH) de 19.3 y 18.2 cm para hembras y machos (34). Por lo tanto, estos resultados mencionados difieren con los obtenidos de la presente investigación.

Asimismo, nuestros resultados no coinciden con la literatura, ya que la misma especie presentó una talla de primera maduración sexual menor, como se reportó en la región Ucayali, estimándose la primera talla de madurez sexual en 19.5 cm de longitud a la horquilla (LH) para hembras y 18.9 cm para machos (21), y en la región Loreto se estimó en 16,3 cm de longitud estándar en hembras y 15,5 cm en machos (18), los cuales no guardan relación con nuestros hallazgos. En la misma zona geográfica, en la región de Ucayali, Flores reportó la misma talla de maduración sexual en dos tiempos distintos para *Potamorhina altamazonica*, logrando determinar que las hembras alcanzan la madurez sexual a los 17,8 cm y los machos a los 18,4 cm de longitud total (17), (35). Posteriormente, Flores y su equipo de trabajo reportaron la talla de primera maduración sexual en sexos combinados de *Potamorhina altamazonica*, en el cual se estimó en 16.7 de Longitud estándar (LE), 18.6 cm de longitud horquilla (LH) y 20.5 de longitud total (LT), respectivamente (38). Estos

resultados mencionados difieren con los obtenidos en el resultado, pues la diferencia estaría que están en hábitat diferentes, inclusive en las diferentes metodologías utilizadas (71). Asimismo, estas diferencias dan un indicio de que existe una mayor sobrepesca en estas regiones, induciendo a que los individuos de una población reduzcan su tamaño de primera madurez sexual para así asegurar el mantenimiento de su población (10).

- ***Prochilodus nigricans***

El estudio realizado en la cuenca de río Putumayo se determinó que las hembras de *Prochilodus nigricans* maduran a una talla de primera maduración sexual de 21.8 cm y los machos en 21.3 cm de longitud estándar. También, los resultados obtenidos concluyen que la longitud a la horquilla es de 22.5 cm en hembras y 22 cm en machos. Además, de madurar a una talla de madurez sexual de 25 cm en hembras y 25.2 en machos de longitud total. En la Amazonia peruana hay un ligero alejamiento y proponen la talla de su primera maduración en 24.3 cm para las hembras y 23.4 cm para los machos de longitud horquilla (LH) (33). Mientras en la región Ucayali, se determinó un ligero acercamiento en 21.8 y 21.1 cm de Longitud a la horquilla (LH) para hembras y machos, respectivamente (21). Estos resultados mencionados difieren con la presente investigación.

Asimismo, se estimó en la región Ucayali, la primera talla de madurez sexual en 24.5 cm de longitud total (LH) para hembras y 26.1 cm para machos (12), y en el noreste ecuatoriano se determinó en 25.4 cm de longitud total para sexos combinados (36). Los cuales, se evidencia un ligero acercamiento y que guardan relación con nuestros resultados. También se reportó la para cuenca alta de río Putumayo una talla de maduración sexual de 22.6 cm para hembras y 21.8 cm para machos de longitud estándar (37), evidenciándose una ligera aproximación. Mientras en el río San Jorge en Colombia, se reportó una talla media de primera madurez sexual en 30.2 cm de longitud total para sexos combinados (39) y en la cuenca del Amazonas brasilero se

reportó en 26.5 cm de longitud estándar (85). Por lo tanto, nuestros hallazgos no guardan relación con la literatura, ya que las tallas mencionadas son superiores a los obtenidos.

Las tallas de reproducción arriba mencionadas cada vez van variando, se afirma que la talla de primera madurez sexual es una característica inestable y puede modificarse con las variaciones que presenta el medio natural, por la influencia de los asentamientos humanos (antropización) o el incremento en la explotación pesquera (86).

Índice Gonadosomático

- *Potamorhina altamazonica*

De acuerdo a los resultados de este parámetro la época de desove de *Potamorhina altamazonica* en la cuenca media de río Putumayo está comprendida entre los meses de octubre a febrero y con mayor influencia en noviembre en la estación transición – vaciante. Este desove sin sincronía influenciado con el descenso de las aguas, no coincide en la región Ucayali, ya que la reproducción de la especie ocurre dentro del período comprendido entre noviembre y marzo, coincidiendo con la fase del ciclo hidrológico conocido como repiquete, durante el período de incremento de las aguas (16). Asimismo, Deza evaluó el IGS y determinó que el estadio III aparece a partir de setiembre y el IV en octubre, lo que indica la ocurrencia del desove a partir de noviembre (34). Los cuales no guardan relación con el periodo hidrológico y los meses de reproducción de nuestros resultados.

Posteriormente, Bazán evaluó un nuevo registró para el Ucayali, donde la especie comienza a madurar entre los meses de octubre a abril, presentando un pico máximo durante febrero (21). Seguidamente en la Amazonia peruana se reportó que la etapa reproductiva del espécimen comienza dentro del período comprendido entre noviembre a marzo, durante el período de incremento del nivel de las aguas (18). Por lo tanto, no coinciden con la sincronización del río Putumayo y en los meses del

apogeo reproductivo. Sin embargo, la época de reproducción determinada para la cuenca media del río Putumayo coinciden con los resultados obtenidos por Flores, encontrando hembras en estadios IV y V desde octubre hasta febrero, durante los años muestreados (2013 – 2015), indicando que la actividad reproductiva está en proceso entre los meses de octubre y febrero, influenciado por el incremento de las aguas del río Ucayali (17), (35). Por lo tanto, nuestros hallazgos guardan relación en los periodos reproductivos y está sin sincronía con el periodo hidrológico del río Putumayo.

- ***Prochilodus nigricans***

De acuerdo a los resultados de este parámetro la época de desove de *Prochilodus nigricans* en la cuenca media de río Putumayo está comprendida entre los meses de noviembre a marzo y con mayor influencia en diciembre en la estación transición – vaciante. Este desove sin sincronía influenciado con el descenso de las aguas, no coincide con lo reportado por Eddy, lo cual evaluó el IGS y determinó que inicia en abril, mas no menciona sobre el pico de reproducción y culminación, lo cual evidenció un desove discreto en abril en el noroeste de Ecuador (32). Posteriormente, en la región Loreto se reportó un IGS comprendido entre diciembre a marzo, con picos muy altos en diciembre y febrero, el cual, la época de reproducción estuvo influenciada con el ascenso de las aguas (repique) (33). De tal forma, los reportes mencionados no guardan relación con los resultados obtenidos.

Asimismo, Deza y Bazán reportaron para la cuenca del Ucayali la época de reproducción de la especie, los cuales inicia entre los meses de octubre a abril, mostrando un pico muy elevado durante el mes de febrero (21). Mientras que, en la región de Ucayali se reportó el período reproductivo del espécimen, que comienza de octubre a enero, durante la estación de aguas altas (12). A diferencia de Stewart, que reportó para el noroeste de Ecuador una reproducción sutil y mesurada en abril, que el incremento de las aguas influenciaba un extraño y discreto IGS para esta

cuenca (36). Por lo tanto, no coinciden con la sincronización del río Putumayo y en los meses reproductivos.

Por otro lado, Córdoba reportó para la cuenca alta del río Putumayo, una época de reproducción comprendida entre diciembre a abril, con picos altos en enero y una culminación rápida en inicios de mayo. Esto evidencia que la época de reproducción inicia en la temporada de transición vaciante – creciente del río Putumayo (37), lo cual difiere con Doria y su equipo de investigación, determinando la etapa reproductiva del bocachico en el río colombiano, entre los meses de abril y septiembre con un desove estacional, además de sincronizarse con el ciclo hidrológico del río (incremento de las aguas) (39). Por lo tanto, nuestros hallazgos no guardan relación con los meses de reproducción y la sincronía del periodo hidrológico, ya que nuestro reporte determina el potencial biótico de las hembras en vaciante.

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la proporción sexual global en 1.9:1 para *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans* a favor de las hembras, lo cual garantizaría la conservación de la progenie.
- *Potamorhina altamazonica* alcanzó una talla de primera madurez sexual a los 22.5 cm y 22.1 cm de longitud total para las hembras y machos; respectivamente, el *Prochilodus nigricans* alcanzó una talla de primera madurez sexual a los 25 cm en hembras y en machos 25.2 cm de longitud total.
- La reproducción de acuerdo al IGS de *Potamorhina altamazonica* y *Prochilodus nigricans* ocurre entre octubre y marzo, y está influenciado con el periodo hidrológico del río Putumayo.

CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES

- Que la Dirección Regional de Producción (DIREPRO), el Proyecto Especial Binacional Desarrollo Integral de la Cuenca del Putumayo (PEBDICP), el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), sigan apoyando las iniciativas que presentan los estudiantes para la conservación de los recursos pesqueros.
- Se recomienda continuar realizando la recopilación biológica pesquera, con la finalidad de obtener datos biométricos, para regular la actividad pesquera en el río Putumayo.
- Proponer medidas de regulación pesquera para ambas especies estudiadas, ya que las tallas de primera madurez sexual están actualizadas.
- Realizar estudios de la dinámica de comercialización de peces en la cuenca alta, media y baja del río Putumayo.
- Considerar que, para obtener información biométrica, se dispongan de muestras en un mayor número, pero que sean tomadas al azar y que sea representativa de la pesca.
- Realizar el seguimiento de las propiedades físicas y químicas básicas del agua, como el oxígeno, el nitrato, el fosfato, la conductividad y la turbidez, lo que ayuda a explicar las relaciones entre los recursos y el medio ambiente.

CAPÍTULO VIII. FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Smith TM, Smith RL. Ecología. 6.^a ed. Madrid - España: Pearson Educación; 2007. 776 p.
2. Nelson JS, Grande T, Wilson MVH. Fishes of the world. 5.^a ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons; 2016. 707 p.
3. Barletta M, Cussac VE, Agostinho AA, Baigún C, Okada EK, Carlos Catella A, et al. Fisheries ecology in South American river basins. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2015. p. 311-348. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118394380.ch27>
4. García G, Sánchez H, Flores M, Mejía J, Angulo C, Castro D, et al. Peces de Consumo de la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP. 2018;218.
5. García-Vásquez AR, Vargas G, Tello-Martín JS, Duponchelle F. Desembarque de pescado fresco en la ciudad de Iquitos, Región Loreto - Amazonía Peruana. Folia Amazónica. 10 de diciembre de 2012;21(1-2):45-52.
6. Manuyama J, Perez G, Pinedo G. "La promoción de la actividad pesquera artesanal y acuicultura en el departamento de Ucayali y la producción de pescado para la ciudad de Pucallpa 2009-2018" [Tesis de Grado]. [Pucallpa – Perú]: Universidad Nacional de Ucayali; 2020.
7. Tello S. Situación actual de la pesca y la acuicultura en Madre de Dios. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP. 2002;22.
8. Agudelo E. Bases Científicas para contribuir a la Gestión de la pesquería comercial de bagres (Familia Pimelodidae) en la amazonia colombiana y sus zonas de frontera [Tesis doctoral]. [Barcelona - España]: Universidad Autónoma de Barcelona; 2015.

9. Galego A. Alarmante disminución global de peces migradores en los últimos 50 años. *Revista Bioika*. 2020;(6):5.
10. Anderson CNK, Hsieh C hao, Sandin SA, Hewitt R, Hollowed A, Beddington J, et al. Why fishing magnifies fluctuations in fish abundance. *Nature*. april 17 of 2008;452(7189):835-9.
11. García A, Vargas G, Duponchelle F. Parámetros reproductivos de peces de importancia comercial como base para la reglamentación y el manejo sostenible de sus pesquerías en la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP & Institut de Recherche pour le Développement IRD. 2016;2.
12. Riofrío Q. JC. Aspectos biométricos y reproductivos de boquichico *Prochilodus nigricans* Agassiz, 1829 (Pisces: Prochilodontidae) en Ucayali, Perú. *Revista Peruana de Biología*. 2011;9(2):111-5.
13. García A, Rodríguez R. Madurez sexual de «boquichico» *Prochilodus nigricans*. [Tesis de Grado]. [Iquitos-Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 1995.
14. François J, García C, Duponchelle F, Nuñez J. Análisis de los desembarques de la flota pesquera comercial de Iquitos. Comunicaciones del coloquio internacional sobre "Biología de las poblaciones de peces de la amazonía y piscicultura". Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica. 2005;73-8.
15. Díaz L. Caracterización de la actividad pesquera comercial durante la temporada de creciente (2010 - 2011) de la flota pesquera de Pucallpa [Tesis de Grado]. [Pucallpa – Perú]: Universidad Nacional de Ucayali; 2011.
16. Garcia A, Montreuil V. Utilización de la talla de primera maduración de llambina (*Potamorhina altamazonica*, COPE 1878) en la regulación de la explotación de sus poblaciones en la Amazonía Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 2004;4.

17. Flores-Gómez S. Parámetros Reproductivos de Llambina *Potamorhina altamazonica* (Characiformes: Curimatidae) en el Río Ucayali. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú. 3 de junio de 2015; 26(2):223.
18. García-Vásquez AR, Vargas G, Rodríguez-Viena R, Montreuil-Frias VH, Ismiño-Orbe RA, Sánchez-Ribeiro H, et al. Aspectos biológicos pesqueros de *Potamorhina altamazonica* llambina (COPE, 1878) en la región Loreto - Amazonía Peruana. Folia Amazónica. 31 de diciembre de 2010;19(1-2):23.
19. Deza S, Bazán R. Resultados preliminares sobre aspectos reproductivos de boquichico *Prochilodus nigricans* en la Región Ucayali. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP. 2006;1.
20. Sirén A. Una aproximación al volumen de la pesca en la Amazonía peruana utilizando datos de consumo y de desembarque. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2021;17:20.
21. Deza S, Bazán R. Propuesta de manejo de poblaciones naturales de «llambina» *Potamorhina altamazonica* y «boquichico» *Prochilodus nigricans* para la región Ucayali. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 2007;1.
22. Pauly D, Palomares ML. Fishing down marine food web: It is far more pervasive than we thought. Bull Mar Sci. 2005; 76(2):15.
23. Castillo CAB, Córdoba EA, Liliana C, Páez S, Hurtado GAG. Dinámica de la pesca comercial de consumo en el medio río Putumayo: tres décadas de desembarques en Puerto Leguizamo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI. 2012;21.
24. Pinedo D, Soria C, editores. El manejo de las pesquerías en los ríos tropicales de Sudamérica. 1.^a ed. Bogotá - Colombia: Instituto del Bien Común; 2008. 459 p.
25. Guerra H. Estado actual del conocimiento de la pesquería en la Amazonia Peruana. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP. 1995; (11):53.

26. Tello-Martín JS, Montreuil-Frias VH. Características de la flota pesquera comercial de Iquitos. *Folia Amazónica*. 1 de enero de 2006;6(1-2):233-44.
27. Saborido R. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas CSIC. 2008;71.
28. Lobón - Cerviá J. Dinámica de poblaciones de peces en ríos: Pesca eléctrica y métodos de capturas sucesivas en la estima de abundancias. Arganda del Rey - Madrid: CSIC-CSIC Press; 1991.
29. Crespo Guerrero JM, Rivera MG. Organización y transformaciones de la pesca comercial ribereña en el Parque Nacional Bahía de Loreto (Baja California Sur, México). *Ager Rev Estud Sobre Despoblación Desarro Rural*. 1 de octubre de 2017;(23):59-96.
30. Viana JP, Damasceno JMB. Desarrollo del manejo pesquero comunitario en la Reserva de Mamirauá, Amazonas, Brasil. :17.
31. Caballero H. Experiencias en actividades de ordenamiento de la pesquería de las especies “arahuana” (*Osteoglossum bicirrhosum*) y “paiche” (*Arapaima gigas*) en los sectores medio y bajo Putumayo entre los años 2008 – 2012 [Tesis de Grado]. [Iquitos-Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2017.
32. Silva E. Life History and Migration Patterns of the Commercial Fish *Prochilodus nigricans* (bocachico) in Northeastern Ecuador [Thesis of master in Science]. [Syracuse, New York.]: State University of New York of Environmental Science and Forestry; 2000.
33. Montreuil-Frias VH, García-Vásquez AR, Rodríguez-Viena R. Biología reproductiva de «boquichico», *Prochilodus nigricans*, en la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*. 2001; 12(1-2):5.

34. Deza S, Bazán R. Estudio preliminar sobre aspectos reproductivos de llambina *Potamorhina altamazonica* en la Región Ucayali. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 2005;1.
35. Flores V. Influencia de las variaciones estacionales del nivel de agua sobre la reproducción y el crecimiento de *Potamorhina altamazonica* (COPE, 1879) en el río Ucayali, Perú [Tesis de Maestría en Ecosistemas y Recursos Acuáticos]. [Lima - Perú]: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2013.
36. Silva EA, Stewart DJ. Reproduction, feeding and migration patterns of *Prochilodus nigricans* (Characiformes: Prochilodontidae) in northeastern Ecuador. Neotropical Ichthyology. october 5 of 2017;15(3):13.
37. Bonilla-Castillo CA, Córdoba EA, Gómez G, Duponchelle F. Population dynamics of *Prochilodus nigricans* (Characiformes: Prochilodontidae) in the Putumayo River. Neotropical Ichthyology. July 16 of 2018;16(2):12.
38. Flores-Gomez S, Riofrío-Quijandría J, Salazar-Ramírez L, Zavaleta-Flores J. Estructura de tallas, crecimiento y tasa de explotación de *Potamorhina altamazonica* (Characiformes: Curimatidae) en el río Ucayali (Perú). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 16 de noviembre de 2021; 45(177):1128-36.
39. Doria-González MA, Espitia-Galvis AM, Segura-Guevara FF, Olaya CW. Biología reproductiva del bocachico *Prochilodus magdalenae* (Prochilodontidae) en el río San Jorge, Colombia. Acta Biológica Colombiana. 2021; 26(1):54-61.
40. Vari RP. Systematics of the Neotropical Characiform Genus *Potamorhina* (Pisces, Characiformes). Smithsonian Contributions to Zoology. 1984; (400):1-36.
41. Jardim L, Torrente G, Massaharu W, Da Silva T, Zuanon J, Rodriguez C. Peixes do rio madeira. Vol. 1. São Paulo - Brasil; 2013.

42. Froese R, Pauly D. FishBase. World Wide Web electronic publication. Available at: <http://www.fishbase.org>. 2017.
43. Salas A, Barriga M, Albrecht M, Chu F, Ortega H. Información nutricional sobre algunos peces comerciales de la Amazonía Peruana. Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. 2009;9:64.
44. Moya L, Rios S, Heilpern S, Córdor A, Naccarato P. Recursos pesqueros de la Amazonía: Guía sobre el valor nutricional de los peces comerciales en Loreto. Wildlife Conservation Society. 2021;(1):74.
45. Lagler K, Bardach J, Miller R, M M. Ictiología. 1.^a ed. México: AGT Editor, S.A; 1984.
46. IIAP, AQUAREC. Evaluación para el Manejo de Recursos Pesqueros Amazónicos (Pesca): Propuesta de manejo de poblaciones naturales de ocho especies de peces de importancia comercial en Loreto. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP. 2011;17.
47. Farago T, Borba G, Amadio S, Oliveira J, Santos G, Val A, et al. Feeding strategies differentiate four detritivorous curimatids in the Amazon. Web Ecology. october 2 of 2020; 20(2):133-41.
48. Iwaszkiw J. Biología Pesquera de agua dulce. Ecognición, Suplemento especial. 1990;1:25-8.
49. Laevastu T. Manual de métodos de Biología Pesquera. Zaragoza - España: Acribia; 1971.
50. Oliveira LS de, Cajado RA, Zacardi DM. Larvae of migratory Characiformes species in an archipelago in the Lower Amazon River. Certificate Scientiarum, Biological Sciences. November 30 of 2021; 43:8.

51. Da Cunha P, Vazzoler G. Aspectos biológicos de peixes amazônicos. III. Anatomia microscópica do esôfago, estômago e cegos pilóricos de *Semaprochilodus insignis* (Characiformes : Prochilodontidae). Acta amazônica. 1984; 14(3-4):343-53.
52. Chavez E. “Evaluación del tiempo de conservación del boquichico (*Prochilodus Nigricans*) ahumado envasado en bolsas de polietileno de alta densidad sellado al vacío almacenado a temperatura ambiente y refrigeración en Pucallpa” [Tesis de Grado]. [Pucallpa – Perú]: Universidad Nacional de Ucayali; 2019.
53. Vasquez A. Calidad sanitaria de las especies: *Prochilodus Nigricans* (boquichico), *Pimelodus Blochii* (bagre) y *Mylossoma Duriventre* (palometa) por presencia de plomo (Pb) en las aguas del río Ucayali; Tramo: confluencia del río Tambo con el río Urubamba hasta la desembocadura del río Pachitea, en la región Ucayali - Julio 2017 [Tesis de Grado]. [Pucallpa – Perú]: Universidad Nacional de Ucayali; 2018.
54. Val A, Maruyama K, Fonseca V. Rapid regulation of blood parameters under acute hypoxia in the Amazonian fish *Prochilodus nigricans*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. June of 2015; 184:125-31.
55. Pezo R, Sicchar L. Reproducción inducida por hipofisación en “boquichico” *Prochilodus nigricans* Agassiz, 1829 [Tesis de Grado]. [Iquitos-Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 1979.
56. Ascon G. Reproducción inducida de “boquichico” *Prochilodus nigricans* con Gn-Rh (a) en San Martín-Perú. Folia Amazónica. 1992; 4(2):109-16.
57. De Oliveira E, Ferreira E. Ocorrência de ovos e larvas de Characiformes migradores no rio Negro, Amazonas, Brasil. Acta amazônica. 2002;32(1):163-8.
58. Córdoba EA. Bagres de la Amazonia Colombiana: un recurso sin fronteras. Bogotá - Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI; 2000.

59. Córdoba EA, González JCA, Ibañez LAM. 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 & Instituto Nacional de Desarrollo INADE. 2006;85.
60. SINCHI, INADE. Plan Colombo-Peruano para el Desarrollo Integral de la Cuenca Río Putumayo. Unidad de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente OEA. 1998;
61. MINAGRI, PEDICP, DIREPRO, IBC. Programa de manejo pesquero de las especies «paiche» (*Arapaima gigas*) y «arahuana» (*Osteoglossum bicirrhosum*) en los sectores medio y bajo Putumayo: 2013-2017. 2013;81.
62. CAF, PEDICP. Plan de desarrollo de la zona de integración fronteriza Perú - Colombia. 2013;134.
63. Freitas A. Longitud de primera maduración y época de desove de dorado, *Brachyplatystoma flavicans*; saltón, *Brachyplatystoma filamentosum*, doncella, *Pseudoplatystoma fasciatum* y tigre zúngaro, *Pseudoplatystoma tigrinum* en el río Putumayo [Tesis de Grado]. [Loreto, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2003.
64. Bonilla-Castillo CA, Agudelo E. Indicaciones para la construcción de planes de manejo y conservación de arawana plateada (*Osteoglossum bicirrhosum*) en el río Putumayo, sector Puerto Leguizamo. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. 2012;124.
65. Nuñez M, Marín Z, Andrade C, JC A. Caracterización limnológica de la cuenca del río Putumayo (Amazonia colombo-peruana). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI; 2004. Report No.:11.
66. Roldán G, Ramirez J. Fundamentos de limnología Neotropical. 2.^a ed. Medellín - Colombia: Editorial Universidad de Antioquia; 2008. 440 p.

67. Ortega H, Mojica J, Alonso J, Hidalgo M. Listado de los peces de la cuenca del río Putumayo en su sector colombo – peruano. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos «Alexander Von Humboldt» Colombia. 2006; 7:95-111.
68. Ortega H, Hidalgo M, Trevejo G, Correa E, Cortijo AM. Lista anotada de los peces de aguas continentales del Perú. Estado actual del conocimiento, distribución, usos y aspectos de conservación. Ministerio del Ambiente. 2012;58.
69. González JCA, Nuñez-Avellaneda M, Agudelo E, López LFR, Sánchez C. Ecosistemas acuáticos de la Amazonia colombiana: avances y perspectivas. Revista Colombia Amazónica. 2006;1-18.
70. Prieto E. Ecología trófica de un lago de Várzea (Amazonas, Colombia) [Tesis Doctoral]. Universidad de Murcia; 2018.
71. Reynel R. Biología Reproductiva de “Doncella”, *Pseudoplatystoma Punctifer* (Castelnau, 1855) y “Tigre Zúngaro”, *Pseudoplatystoma Tigrinum* (Valenciennes, 1840), en la zona del Bajo Amazonas, Perú” [Tesis de Grado]. [Iquitos - Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2018.
72. Vazzoler A. Biología da reprodução de peixes teleósteos: Teoria e prática. Maringá: Eduem: Editora da Universidade Estadual de Maringá; 1996. 169 p.
73. Tresierra A, Culquichicon Z. Biología pesquera. Abril 1993. Libertad. Trujillo, Perú: Editorial libertad; 1993. 400 p.
74. Buitrón B, Perea Á, Mori J, Sánchez J, Roque C. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Instituto del Mar del Perú. 2011; 38(4):373-84.
75. Carvalho AB, Sampaio MC, Varandas FR, Klaczko LB. An Experimental Demonstration of Fisher’s Principle: Evolution of Sexual Proportion by Natural Selection. Genetics. february 1 of 1998;148(2):719-31.

76. Velazquez Á, Córdova R. Metodología de la investigación científica. 1era ed. Lima, Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L; 2007. 310 p.
77. Fowler J, Jarvis P. Practical Statistics for Field Biology. Second Editions. United States of America: Wiley; 1998. 296 p.
78. Godinho AL, Lamas IR, Godinho HP. Reproductive ecology of Brazilian freshwater fishes. Environmental Biology of Fishes. february of 2010; 87(2):143-62.
79. Gulland JA, Rosenberg AA. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; 1992 p. 112. Report No.: 323.
80. David N. The ecology of fishes. New York, United States of America; 1963. 352 p.
81. Lawrence E. Diccionario akal de términos biológicos. 6.^a ed. Madrid - España: Ediciones Akal S.A.; 2003. 655 p.
82. A F, T A. Breve diccionario de términos pesqueros: inglés - español. México: Secretaria de pesca; 1982. 79 p.
83. Márcano L, Alió J, Altuve D. Biometría y talla de primera madurez de la tonquicha *Cynoscion jamaicensis* de la costa norte de la península de Paria estado Sucre Venezuela. Zootecnia Tropical. 2002; 20(1):83-109.
84. Conover DO, Van Voorhees DA. Evolution of a Balanced Sex Ratio by Frequency-Dependent Selection in a Fish. Science. december 14 of 1990; 250(4987):1556-8.
85. Catarino MF, Campos CP, Souza RGC. Population dynamics of *Prochilodus nigricans* Caught in Manacapuru lake (Amazon Basin, Brazil)*. Bulletin of the Fisheries Institute. 2014; 40(4):589-95.

86. Duponchelle F, Panfili J. Variations in age and size at maturity of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*. 1998; 52(4):453-65.

ANEXOS

Anexo 1. Flujograma de actividades.

Desembarque Pesquero

Monitoreo Biológico



Recopilación biológica pesquera en los centros de acopios.



Recopilación biológica pesquera en puertos y zonas de intervención.



Transporte, manejo de equipos y materiales en la zona de pesca.

Monitoreo Biológico



Colecta y transporte de las muestras de estudio.



Georreferenciación de mallas y Análisis limnológico de la cocha.



Instalación de las mallas plásticas y verdes para la captura de los especímenes de estudio.

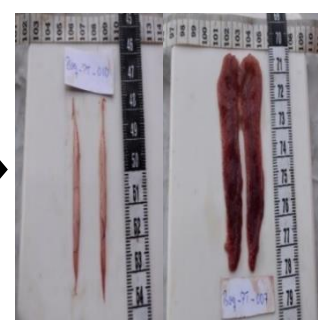
Aspectos Reproductivos



Evaluación biométrica de boquichico y llambina, aplicando la inserción del pez para determinaciones sexuales.









Muestras gonadales de *Potamorhina altamazonica*. ♂/♀






Muestras gonadales de *Prochilodus nigricans*. ♂/♀



Anexo 2. Desarrollo gonadal de “Ilambina” *Potamorhina altamazonica* en hembras.

Estadio	Imagen	Descripción
Inmaduro o virgen		Gónada pequeña y algunas alargadas, pero ambas muy delgadas, se sitúa cerca y debajo de la columna vertebral, son transparentes o incoloros. Sin presencia de óvulos.
Virgen en maduración o Madurante		Gónada en maduración opaca y rojiza, con capilares sanguíneos y poco transparente, ocupa un medio de la tercera parte del cuerpo. Los óvulos están formados como gránulos blanquecinos.
En desarrollo o Madurante moderada		Gónada de color vinosa y muy aglobada, tiene forma achatada y se sitúa muy cerca a la cavidad celómica, los Oocitos se encuentran muy opacos.



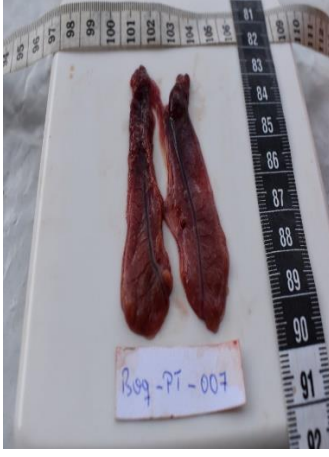
<p>Desarrollado o Madurante avanzada</p>		<p>Gónada en desarrollo promedio, con un tenue color verdoso, Oocitos granulados y agrupados, no excreta Oocitos a presión ventral. Ocupa casi toda la cavidad ventral del pez</p>
<p>Grávido</p>		<p>Gónada muy voluminosa y de color verdoso o anaranjado intenso, ocupa toda la cavidad ventral del pez y el ovario excreta óvulos a presión ventral.</p>
<p>Desovado</p>		<p>Gónada con irrigación sanguínea, con forma de bolsas vacías, sin presencia de Oocitos y con poca hidratación. En Post-desove.</p>




Anexo 3. Desarrollo gonadal de “llambina” *Potamorhina altamazonica* en machos.

Estadio	Imagen	Descripción
Inmaduro o virgen		<p>Gónada muy pequeña, con filamento delgado y en algunos alargados, se encuentran en un estado opaco variable, ocupa la tercia parte del cuerpo, y se sitúa muy pegado a la columna vertebral.</p>
Virgen en maduración o Madurante		<p>Gónada en desarrollo promedio, y se torna de color opaca y no blanquecina, sin presencia de esperma. Ocupa las dos terceras parte del cuerpo y con una sección triangular.</p>
Desarrollado o Madurante avanzado		<p>La gónada somáticamente está gruesa y blanquecina, el esperma no drena a ligera presión ventral, el esperma es muy denso y con poca cantidad.</p>




<p>Maduro en su máximo desarrollo</p>		<p>La gónada somáticamente está más gruesa y blanquecina, el esperma dreña a ligera presión ventral, el esperma no es tan denso, fluye con facilidad y con mucha cantidad.</p>
<p>Eyaculado</p>		<p>Gónada deshidratada en forma de filamento delgado y con irrigación sanguínea. Sin coloración blanquecina y esperma visible. En Post-Eyaculación.</p>



Anexo 4. Desarrollo gonadal de “boquichico” *Prochilodus nigricans* en hembras.

Estadio	Imagen	Descripción
<p>Inmaduro o virgen</p>		<p>Gónada pequeña y algunas alargadas, como un filamento circular, ocupa el tercio inferior parte del cuerpo y es de color transparente e incolora. No se observa óvulos.</p>
<p>Virgen en maduración o Madurante</p>		<p>Gónada en transición o en inicios de maduración, se torna de coloración rojiza vinosa, la sección se forma más circular y ocupa las dos terceras partes del cuerpo. Los Oocitos se encuentran arracimados y conjunto de gránulos.</p>
<p>En desarrollo o Madurante moderada</p>		<p>Gónada en desarrollo promedio y la coloración permanece rojiza - vinosa, es más aglobado y voluminoso, y está pegada a la cavidad celómica de manera achatada, los Oocitos son opacos y la bolsa es menos translúcido.</p>

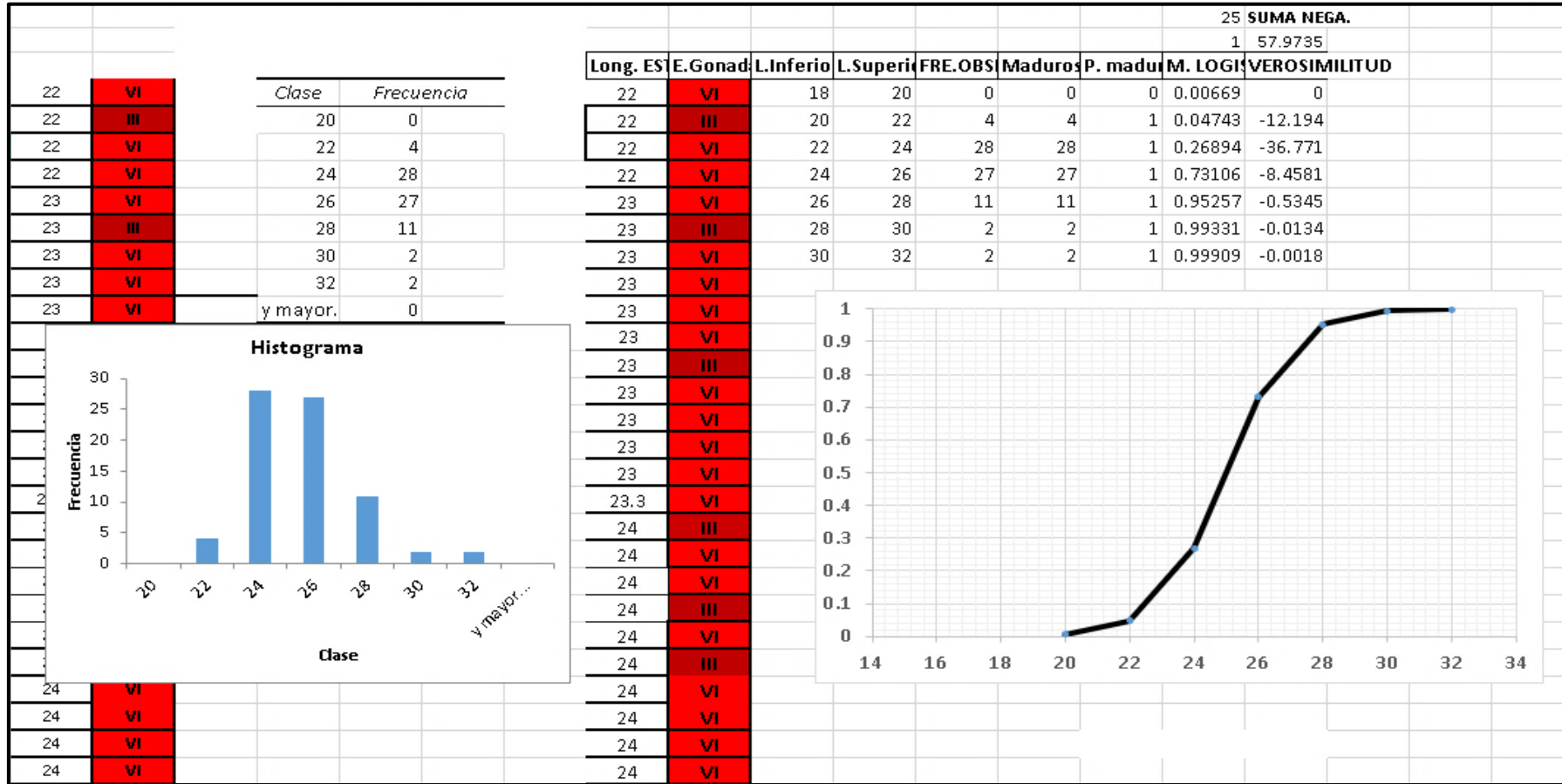
<p>Desarrollado o Madurante avanzada</p>		<p>Gónada en desarrollo promedio, con coloraciones de anaranjado a verdoso, los Oocitos no fluyen a presión ventral y están agrupados de forma arracimada. Ocupa casi toda la cavidad ventral del pez.</p>
<p>Grávido</p>		<p>Gónada muy abultada, con coloraciones verdosas y anaranjadas, ocupa toda la cavidad ventral del pez y el ovario excreta óvulos a presión ventral, la bolsa es más blanda y quebrantable.</p>
<p>Desovado</p>		<p>Gónadas de sacos muy vacíos y con mucha irrigación sanguínea por el desprendimiento de Oocitos, con poca hidratación. En Post-desove.</p>

Anexo 5. Desarrollo gonadal de “boquichico” *Prochilodus nigricans* en machos.

Estadio	Imagen	Descripción
<p>Inmaduro o virgen</p>		<p>Gónada muy pequeña, con filamento delgado y en algunos alargados, se encuentran en un estado opaco variable, ocupa la tercia parte del cuerpo, y se sitúa muy pegado a la columna vertebral.</p>
<p>Virgen en maduración o Madurante</p>		<p>Gónada en desarrollo promedio, y se torna de color opaca y no blanquecina, sin presencia de esperma. Ocupa las dos terceras parte del cuerpo y con una sección triangular.</p>
<p>Desarrollado o Madurante avanzado</p>		<p>La gónada somáticamente está gruesa y blanquecina, el esperma no dreña a ligera presión ventral, el esperma es muy denso y con poca cantidad.</p>

<p>Maduro en su máximo desarrollo</p>		<p>La gónada somáticamente está más gruesa y blanquecina, el esperma dreña a ligera presión ventral, el esperma no es tan denso, fluye con facilidad y con mucha cantidad.</p>
<p>Eyaculado</p>		<p>Gónada deshidratada en forma de filamento delgado y con irrigación sanguínea. Sin coloración blanquecina y esperma visible. En Post-Eyaculación.</p>

Anexo 6. Cálculo y elaboración del modelo logístico (L_{50}) con máxima verosimilitud logarítmica para individuos maduros.



Anexo 7. Formato PC: Pesca para el consumo.

Fecha: -----/-----/-----

Localidad: ----- Colector: -----

-OBSERVACIONES: Estado de Conservación: fresco (F), Sal Preso (SP) y Seco Salado (SS)

Hora Arribo	Nombre del Pescador	No. de Pesc.	Zona de Pesca	Arte de Pesca	Bote a:		Días Pescando	Especies	Estado de Conservación			Kilogramo Capturado	N° Peces	Precio/ Kg (Soles)	Lugar de Venta			
					Motor	Remo			F	SP	SS				R	M	P	C
									F	SP	SS				R	M	P	C
									F	SP	SS				R	M	P	C
									F	SP	SS				R	M	P	C
									F	SP	SS				R	M	P	C
									F	SP	SS				R	M	P	C
									F	SP	SS				R	M	P	C
									F	SP	SS				R	M	P	C

-Lugar de Venta: Restaurante (R); Plaza de mercado (M); Puerto Civil (P); Calle (C).

Anexo 8. Formato EB-1: Evaluación biológica.

Fecha	Zona de Pesca	Arte de Pesca	Especie	Longitud (cm)			Longitud Corporal (cm)		Peso Total (kg)	Peso Eviscerado (kg)		Estadios de Madurez			Peso Gónada (gr)	Contenido Estomacal	
				Estándar	Horquilla	Total	Estándar	Horquilla		C/cabeza	S/cabeza	Macho	Hembra	Indet		% Llena.	Diges.