

## **ESTUDIO GONADAL DE LA SABALETA DE LA CUENCA DEL PATÍA (*Brycon sp.*) COMO INDICADOR DEL POTENCIAL ACUÍCOLA**

López Macías, J.N.<sup>1\*</sup>; Salas Benavides, J.<sup>2</sup>; Gómez Cerón, A.E.<sup>3</sup>; Sanguíno Ortiz, W.R.<sup>4</sup>

### **Gonadal study of sabaleta from Patía basin (*Brycon sp.*) as indicator of acuaculture potential**

#### **RESUMEN**

El valle geográfico del río Patía, presenta condiciones ecológicas particulares causadas por la contaminación, deforestación y sobrepesca, lo cual ha tenido un impacto negativo en las poblaciones de peces nativos como la sabaleta (*Brycon sp.*). Los estudios de evaluación gonadal en los diferentes estadios de desarrollo de machos y hembras, reflejan la situación de las poblaciones en condiciones naturales y su interacción con el medio ambiente acuático modificado.

El grupo de Investigaciones Acuícolas (GIAC) del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño en colaboración con la Corporación Autónoma Regional de Nariño (CORPONARIÑO), evaluó el desarrollo gonadal de la sabaleta de la cuenca del río Patía como indicador del estado de vulnerabilidad y su aplicación en programa de cultivo en cautiverio. Para este efecto, se analizaron 26 ejemplares de diferentes pesos y tallas, obtenidos en varias estaciones de captura, ubicadas en los ríos Mayo y Juanambú, en su trayecto por los municipios de Taminango y Chachagüi. Se propuso como objetivos específicos de esta investigación:

- Calcular el factor de condición K de los ejemplares capturados.
- Caracterizar morfológicamente los ovarios en sus diferentes estadios de desarrollo. Estudiar morfológicamente los testículos en sus diferentes estadios de desarrollo
- Evaluar histológicamente los ovarios
- Caracterizar histológicamente los testículos
- Determinar e interpretar el índice gonadosomático
- Establecer y analizar el índice hepatosomático

Con base en los resultados obtenidos durante esta investigación, se puede concluir que las hembras y machos presentan una precocidad sexual para compensar la vulnerabilidad que registran las poblaciones naturales, debido al impacto negativo causado por la presión de pesca, la contaminación y la deforestación. Lo anterior implica que las entidades gubernamentales, deben implementar programas de reproducción inducida con ejemplares obtenidos en diferentes estaciones de captura de los afluentes de la cuenca del río Patía que posean las mejores evaluaciones

---

<sup>1\*</sup> D.M.V.Z., Esp., M.Sc., Ph.D. jorgelopezmacias@gmail.com. Profesor Titular Universidad de Nariño. Teléfono Cel. 3006081644

<sup>2</sup> Biól – Ecol. biojull77@hotmail.com. Profesor Tiempo Completo. Universidad de Nariño. Teléfono Cel. 3117038251

<sup>3</sup> Biól Mar – Esp. arieltgomez609@hotmail.com . Profesor Tiempo Completo Ocasional. Universidad de Nariño. Teléfono Cel. 3002066190

<sup>4</sup> Ing. Acuícola. wilmer369@hotmail.com. Profesor Tiempo Completo. Universidad de Nariño. Teléfono Cel. 3147313037

fenotípicas y a partir de estos animales desarrollar planes de repoblamiento de la sabaleta (*Brycon sp*) en los distintos ríos de la cuenca del Patía.

**Palabras claves:** Cuenca del Patía, Sabaleta, Factor de condición (K), Desarrollo gonadal, índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS).

## ABSTRACT

The geographic valley of the Patía River, has certain ecological conditions due pollution which is caused by industrial and domestic waste from the cities and towns of this region. This has had a negative impact on native fish populations of Sabaleta (*Brycon sp*). Therefore the gonadal evaluation reflects the state of fish population and the modification of the aquatic environment and how inadequate water conditions may affect the vulnerability of the ichthyic species.

The Aquaculture Research Group (GIAC) of Aquaculture Production Engineering Program of University of Nariño and collaboration with the Regional Corporation of Natural Resources (CORPONARIÑO) evaluated the gonadal development of sabaleta of Patia River Basin (*Brycon sp*) as an indicator of the status of vulnerable fish populations and their application in captive breeding program. With this purpose, 26 samples of fish were analyzed of different weights and sizes, obtained in several capture stations, located in the rivers Mayo and Juanambu in its path by the counties of Chachagüi and Taminango. The objectives of this investigation were:

- Determination of Condition factor K, gonadosomatic and hepatosomatic index.
- Macroscopic characterization of ovaries and testes at different stages of development.
- Histological characterization of ovaries and testes at different stages of development.

Based on the results obtained during this research, it can be concluded that females and males have a sexual precocity to compensate for the vulnerability that natural populations showed, due to the negative impact caused by fishing pressure, pollution and deforestation. This implies, that government entities, must implement induced breeding programs made up from fish samples collected, in different stations of capture from the various tributaries of the Patia river that have showed the best phenotypic assessments and at the same time, develop plans to repopulate the sabaleta (*Brycon sp*) in the Patia basin.

**Key words:** Patía Basin, Sabaleta, Condition Factor (K), Gonadal development, Gonadosomatic Index (GSI), Hepatosomatic Index (HSI).

## INTRODUCCIÓN

Colombia, es un país rico en biodiversidad de las especies de flora y fauna y en recursos naturales como el Hídrico, representados en ríos, mares, laguna, lagos, quebradas, paramos, etc. De igual manera en el recurso hidrobiológico, en cual está representado por más de 2000 especies, distribuidas en las diferentes cuencas geográficas, estas especies son de gran importancia para el desarrollo de un país, de una región, en la seguridad alimentaria de miles de familias que viven de la pesca, en todo el territorio nacional, además juegan un papel fundamental en el equilibrio de los

ecosistemas y en general son un recurso que requiere de investigación para lograr ser eficientes en su utilización de manera sustentable y sostenible.

En el Departamento de Nariño, al igual que en el país, existen una riqueza hídrica e hidrobiológica, que son dignas de investigación, tal es el caso de las especies ícticas de los distintos afluentes de la cuenca del río Patía, donde se encuentra una alta diversidad constituida por especies promisorias de gran interés para la acuicultura regional y nacional, como es el caso de la sabaleta (*Brycon sp*) y de gran importancia para las pesquerías artesanales. Sin embargo, esta especie está sometida a la sobreexplotación debido a la utilización de artes de pesca prohibidos y el uso de dinamita, ocasionando una devastadora destrucción de los hábitats de reproducción y crecimiento aunado al impacto negativo generado por la deforestación, la minería y extracción de materiales de construcción.

El Grupo de Investigaciones Acuícolas (GIAC) del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola de la Universidad de Nariño y CORPONARIÑO, entidad que protege y vigila los recursos naturales de la región, han realizado desde hace varios años alianzas dirigidas al estudio de especies ícticas promisorias y nativas de esta región, con el propósito de evaluar el potencial acuícola de estos recursos para ser aprovechados a través de la Acuicultura y de esta manera preservar los recursos ícticos, amenazados. Por esta razón, se plantea estudios de evaluación gonadal de la sabaleta en los diferentes estadios de desarrollo de machos y hembras con el fin de establecer la situación de las poblaciones en condiciones naturales y su interacción con el medio ambiente acuático modificado.

## METODOLOGÍA

### Material Biológico

Se analizaron 26 ejemplares de sabaleta de diferentes pesos y tallas, obtenidos en varias estaciones de captura, ubicadas en los ríos Mayo y Juanambú, en su trayecto por los municipios de Taminango y Chachagüi. Los peces fueron trasladados en bolsas plásticas a la Estación de Pesca Deportiva El Paraíso, ubicada en el corregimiento de Merlo, municipio de Chachagüi a una altura de 1650 m.s.n.m, temperatura promedio de 25°C.

Los animales se aclimataron durante 3 semanas en un estanque excavado de 400 m<sup>2</sup> y un estanque rectangular en concreto de 150 m<sup>2</sup>. Cada estanque disponía de infraestructura separada de suministro y desagüe

### Materiales Equipos e Insumos.

#### - Materiales

- Cinta de enmascarar
- Piedras difusoras 2 a 5 cm.
- Jeringas 3 ml.
- Frascos de vidrio
- Tubos Eppendorf
- Neveras de icopor
- Cajas de Petri.

- Equipos
  - Balanza (EK5055). Precisión de 0,1 g .
  - Cámara digital (Canon Power Shot A590IS)
  - Aireador de doble salida (ACD 6602 de doble salida)
  - Multiparámetro YSI
  - Oxímetro (YSI 550)
  - Computador (DELL insiron 1025):
  - Ictiómetro
  - pHmetro (PH-222)
  - Equipo de disección
  - Bandejas de disección
- Insumos
  - Formol buferado
  - Sulfato de Quinaldine.
  - Hielo
  - Sal

### **Plan de Manejo**

Los peces se capturaron mediante distintas artes de pesca como, atarrayas, palangres, nasas y chinchorros. Posteriormente fueron llevados en bolsas con oxígeno a la estación piscícola El Paraíso, y tratados en baños de inmersión con sal a dosis de 5g/galón durante tres minutos. Los ejemplares se alimentaron con balanceado comercial de 38% de proteína al 3% del peso vivo diario (p.v.d), distribuido en tres comidas entre las 9:00 a.m y las 4:00 p.m.

Los ejemplares moribundos o recién muertos se analizaron externamente y se determinó con exactitud de milímetros las longitudes totales y estándar; se pesaron con balanza de precisión y se registraron estos valores en las correspondientes bases de datos; luego se realizó un corte desde la quilla opercular hasta un milímetro antes del ano y se levanto la pared abdominal izquierda siguiendo la línea lateral. Nuevamente, se efectuó otro pesaje y se observaron en detalle el estado macroscópico de las gónadas el hígado y el intestino, la grasa mesentérica y los demás órganos. Las gónadas fueron clasificadas macroscópicamente según color, tamaño y peso en los diferentes estadios de desarrollo según la clasificación establecida por Rodríguez-Gutiérrez (1992) [1]. Después de eviscerar los peces, se aislaron el hígado, las gónadas y el intestino; cada uno de estos órganos se pesó y se almacenaron individualmente en tubos Eppendorf debidamente rotulados e identificados con formol bufferado al 10%, para ejemplares con peso inferior a 5 gramos o en frascos para animales de mayor peso. Las muestras fueron trasladadas en neveras de icopor con hielo al laboratorio de fisiopatología del Programa de Ingeniería en Producción Acuícola para su respectivo proceso histológico según metodología de Grizzle (1976) [2].

## Variables Evaluadas

**Factor de Condición (K).** Es un indicativo de la condición física de los especímenes, que permite señalar aproximadamente los periodos de crecimiento y reproducción dado que cíclicamente hay una correspondencia por el desgaste físico ocasionado en estos procesos fisiológicos.,

Factor de Condición (K) se expresa mediante la ecuación

$$K = \frac{\text{Peso}}{\text{Longitud}^3} \times 100$$

Donde:

P = Peso Total y L = Longitud Total

**Índice Gonadosomático (IGS).** Relaciona el peso de las gónadas expresándolo como porcentaje del peso total del pez. Con este índice se puede observar gráficamente la variación cíclica de la actividad reproductiva respecto al tiempo.

$$\text{IGS} = \frac{\text{Peso de las Gónadas}}{\text{Peso Total}} \times 100 \quad (2)$$

**Índice Hepatosomático (IHS).** Este índice determina el valor de la participación de las reservas hepáticas en la producción de óvulos. El hígado es un órgano de almacenamiento de grasas y glucógeno que participa directamente en la formación de la vitelogenina exógena a medida que avanza la maduración de los ovarios. Se calcula, estableciendo la relación existente entre el peso del hígado y el peso eviscerado del pez, expresado en porcentaje.

$$\text{IHS} = \frac{\text{Peso del Hígado}}{\text{Peso Total}} \times 100 \quad (3)$$

## Análisis Estadístico

Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva y pruebas de regresión y correlaciones, utilizando el paquete Estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Caracterización Morfológica de los Testículos de *Brycon sp*

Los testículos aparecen como órganos pares de forma sacular y color blanco, suspendidos en la cavidad celómica localizados ventralmente a la vejiga hidrostática, se fusionan hacia la región caudal, dando origen a un conducto deferente corto que llega hasta el poro urogenital (Figura 1). Están unidos entre sí por una lámina de tejido pigmentado que a su vez los adhiere a la vejiga natatoria. Los testículos inmaduros son simétricos, a medida que avanza el desarrollo cambian, en forma. Los testículos de la totalidad de los sábalos analizados de acuerdo a la forma, tamaño, color y peso, demostraron ser viables reproductivamente y representan el 12% del peso vivo.

En la evaluación macroscópica de los testículos de ejemplares analizados, según sus características se pueden definir tres estadios:

- Inmaduro: Testículo transparente muy delgado y alargado
- En Desarrollo: El testículo presenta un color cremoso en algunas partes o en su totalidad.
- Maduro: El testículo presenta un color, blanco cremoso. al hacer presión en el abdomen, sale esperma.



**Figura 1. Caracterización morfológica de los testículos de *Brycon sp*, en estadio de madurez. Fuente: Esta Investigación**

#### **Caracterización Histológica de los Testículos del *Brycon sp*.**

Histológicamente los testículos poseen una túnica albugínea delgada, compuesta de tejido conectivo fibroso y fibras musculares lisas que revisten la superficie externa del testículo. En los peces estudiados se encuentran en el estroma testicular los conductos seminíferos que se comunican con el conducto deferente, el cual termina en el poro genital, situado detrás del ano en la papila urogenital. Los túbulos seminíferos, están rodeados por una membrana basal y una capa muy fina de tejido conectivo, tienen un epitelio que posee dos tipos celulares: células de Sertoli y células espermatozógenas. Las características de los túbulos seminíferos son similares a las señaladas en otros peces teleosteos (Polder, 1971[3]; Grizzle y Rogers, 1976[4]; Hibiya, 1982 [5]; Yasutake y Wales, 1983 [6]; Alexandrino et al., 1987[7]; Lopes et al., 1987[8]; Ferreira y Godinho, 1990[9]; Bazzoli y Godinho, 1991[10]).

Las células de Sertoli forman una trama reticular de sostén que se dispone periféricamente envolviendo los sacos de células espermatozógenas. Las células de la serie espermatozógena comprenden: espermatozonias, espermatozitos primarios, espermatozitos secundarios, espermátides, y espermatozoides. Las células originadas de una misma célula madre que permanecen rodeadas por las células de Sertoli dentro de un saco de células espermatozógenas o espermatozocisto, se encuentran todas en el mismo estadio. En la mayoría de los espermatozocistos hay espermatozitos primarios y secundarios. Al progresar la diferenciación celular aumenta el tamaño de los sacos espermatozógenos y disminuye el tamaño de las células.

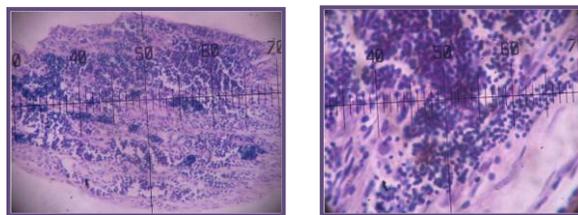
En los túbulos seminíferos de los testículos, se observa la formación y desarrollo de unas células sexuales primitivas llamadas espermatozonias que se convertirán en espermatozoides. Las células de los túbulos seminíferos poseen diferente morfología, de acuerdo a su grado de desarrollo, de tal manera que las células de la periferia son más grandes y con núcleos esféricos, denominadas espermatozonias; en la zona intermedia se encuentran células de menor tamaño llamadas espermatozitos y las

espermátidas, células más pequeñas, donde sucede la espermiogénesis, es decir la formación final de los espermatozoides. (Figuras 2 y 3).

Los espermatocistos más diferenciados están más cercanos a la luz del túbulo seminífero. Las características morfológicas de las espermatogonias, los espermatocitos primarios y secundarios, las espermátides y los espermatozoides, y sus procesos de espermatogénesis y espermiogénesis, son similares a los reportados en otros peces teleósteos (Grizzle y Rogers, 1976[11]; Hibiya, 1982[12]; Yasutake y Wales, 1983[13]; Alexandrino et al., 1987[14]; Lopes et al., 1987) [15]. El proceso de espermatogénesis estuvo siempre presente en los túbulos seminíferos de *Aequidens portalegrensis*. En los machos maduros de esta especie habría una producción continua de espermatozoides, independientemente de si la época de la captura en los ríos Mayo y Juanambú.

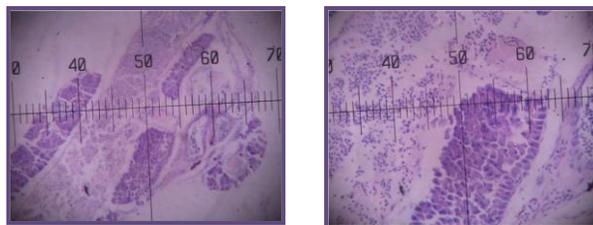
La espermatogénesis, se inicia con la división mitótica de las espermatogonias primarias, originando las espermatogonias secundarias, las cuales sufren una nueva división mitótica, generando los espermatocitos primarios. Posteriormente los espermatocitos primarios sufren la primera división meiótica (meiosis I), generando los espermatocitos secundarios que mediante la segunda división meiótica (meiosis II) o de equitatividad, originan las espermátidas. Las espermátidas mediante el proceso de diferenciación, denominado espermatogénesis, dan lugar a los espermatozoides. La transformación involucra la elongación del núcleo, desarrollo de un flagelo y expulsión del citoplasma a través de la parte terminal del flagelo. El producto final, se conforma por una cabeza, un cuello y un flagelo. (Figuras 2 y 3).

Poco antes de la reproducción se acelera el proceso de la espermiación en el lumen y este se hidrata por la adición de fluido seminal secretado por las paredes del ducto espermático. En los testículos, se encuentran dos tipos de células secretoras: las células de Leyding ubicadas en la periferia sobre el tejido intersticial; que segregan hormonas necesarias para la espermatogénesis y las de Sertoli localizadas dentro de los túbulos seminíferos, con función nutritiva.



**Figura 2. Caracterización Histológica de los testículos de *Brycon sp.***

**Fuente: Esta Investigación**



**Figura 3. Caracterización Histológica de los testículos de *Brycon sp.***

**Fuente: Esta Investigación**

## Caracterización Morfológica de los Ovarios del *Brycon* sp.

Los ovarios del Sábalo del Patía (*Brycon* sp) tienen una morfología similar a la estructura típica del ovario de los teleósteos. Los ovarios de todos los ejemplares analizados, aparecen como estructuras pares lobuladas de color rosado claro a amarillo intenso según la fase de desarrollo que se relacionaban dorsalmente con la vejiga hidrostática y ventralmente con el corazón, estómago y los intestinos. Anatómicamente se pueden describir tres regiones, la anterior o cefálica, media y posterior o caudal, la cual termina en el poro genital en un túbulo delgado denominado oviducto por lo anterior, los ovarios corresponden al tipo cistovárico (Hoar1969). Los ovarios ocupan del 5,17% al 15% de peso vivo según los diferentes estadios de desarrollo. (Figura 4.) En la evaluación macroscópica de los ovarios de los ejemplares analizados, según sus características se pueden definir tres estadios:

- Inmaduro: ovario translúcido o ligeramente amarillo no se observan oocitos.
- En Desarrollo: Aparecen oocitos los cuales se encuentran aglutinados pero no se encuentran desarrollados todavía. El color del ovario es un amarillo más acentuado comparado con la fase anterior
- Maduro: El ovario ocupa toda la cavidad abdominal y al realizar la disección es la primera estructura que se observa. El color del ovario es amarillo intenso comparado con la fase anterior.



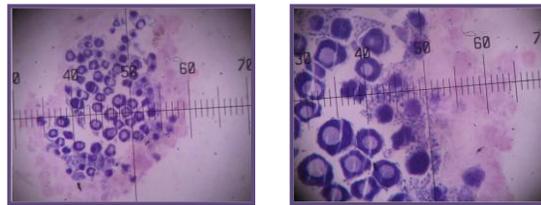
**Figura 4. Caracterización Morfológica de los ovarios de *Brycon* sp., en estado de madurez. Fuente: Esta Investigación**

## Caracterización Histológica de los Ovarios del *Brycon* sp.

Al analizar histológicamente los ovarios, esta se encuentra conformada por un epitelio germinativo derivado de una extensión del peritoneo. Debajo del peritoneo germinal, se extiende la túnica albugínea que es una capa muy densa de tejido conectivo revestida externamente por el peritoneo con músculos de fibra lisa y vasos sanguíneos. Las láminas ováricas contienen los folículos ováricos que según los estadios de maduración se clasifican por cambios detectables en los ovocitos y en la pared folicular, de tal manera que inicialmente ocurren modificaciones nucleares con formación de numerosos nucleolos, luego cambios citoplasmáticos con acumulación de vesículas vitelinas, gránulos vitelinos y vacuolas lipídicas, y finalmente desarrollo de los folículos formados a partir del epitelio germinativo, los cuales se introducen en todo el estroma ovárico, de manera similar como ocurre en otros peces teleósteos (Grizzle y Rogers

[16]; Hibiya, 1982[17]; Yasutake y Wales, 1983[18]; Ferreira y Godinho, 1990 [19]; Bazzoli y Godinho, 1991[20]; Lambert. 1970 [21]; Guraya, 1986 [22]; Bazzoli y Rizzo. 1990 [23]; Alves, 1983[24]). (Figura 5).

En los ejemplares con pesos comprendido entre 9 a 50 g (Tabla 1), el epitelio germinativo aparecen unas células redondeadas de  $20\mu$  con un núcleo visible y un citoplasma sin gránulos. Estas células se denominan oogonias las cuales se diferencian posteriormente en otros tipos de células. En otros ejemplares, con pesos comprendido entre 100 a 150g, se aprecian células de mayor tamaño denominados oocitos primarios, los cuales se caracterizan por un tamaño de  $40\mu$  con un núcleo visible y grande, un citoplasma con gránulos dispersos, probablemente lipídicos. (Figura 5).



**Figura 5. Caracterización histológica de los ovarios de *Brycon sp.***  
**Fuente: Esta Investigación**

En otros ejemplares con pesos comprendidos entre 150 a 200 g (Tabla 1), se presentan oocitos grandes rodeados por dos capas de células epiteliales; la interna caracterizada por células cúbicas cuya función como sucede en otras especies ícticas, podría ser glandular y una externa constituida por células elongadas y planas. Entre ambas capas se presenta una estructura estriada, debido a filamentos que conectan el oocito y las células foliculares. Los ejemplares con los rangos de peso anteriormente descritos están en etapa previtelogénica que corresponden al estadio I, II e inicio de la etapa III con las siguientes características:

Inicio estadio I Los ovocitos, son los más pequeños, con diámetros inferiores a  $25\mu\text{m}$ , están en grupos debajo del epitelio de las láminas ováricas, y tienen un núcleo grande que ocupa gran parte del citoplasma.

Finalización estadio I (El tamaño de estos ovocitos varía entre  $25$  y  $40\mu\text{m}$ , debido principalmente al incremento del citoplasma, que tiene una intensa coloración basófila. El núcleo posee varios nucleolos localizados en la periferia.

Inicio estadio II Los ovocitos, con un diámetro de  $50$  a  $90\mu\text{m}$ , tienen el citoplasma menos basófilo. El número de nucleolos en la periferia es mayor. Las células foliculares forman una capa de células aplanadas.

Finalización estadio II Los ovocitos con un diámetro de  $90$  a  $170\mu\text{m}$ . Su citoplasma es aún menos basófilo que en el estadio anterior. El núcleo, que es más grande, tiene una membrana nuclear ondulada; y el número de nucleolos se ha incrementado. La pared folicular, que tiene dos capas, está separada del ovocito por la zona pelúcida.

Inicio estadio III Los ovocitos han incrementado notablemente el tamaño y su diámetro es de  $170$  a  $225\mu\text{m}$ . En esta etapa se forman las vesículas corticales, coloreadas débilmente y dispuestas en la parte periférica, que con el avance del desarrollo aumentan hasta llegar a ocupar una parte considerable del citoplasma. La pared

folicular tiene una capa de células foliculares cúbicas y la zona pelúcida es más gruesa y eosinófila.

Los peces con rangos de peso comprendidos entre 150 y 250 g están en etapa vitelogénica que corresponden al estadio finalización III y los animales con pesos de 251 a 289 g que corresponden al estadio IV o maduración al presentan las siguientes características:

Finalización estadio III El diámetro de los ovocitos varía entre 225 y 400  $\mu\text{m}$ . En este estadio se forman los gránulos a partir de la vitelogénesis endógena, que aumentan progresivamente hasta ocupar totalmente el citoplasma; y también se acumulan las vacuolas lipídicas en el citoplasma perinuclear. La zona pelúcida es gruesa e intensamente eosinófila, y las células foliculares forman un epitelio cilíndrico.

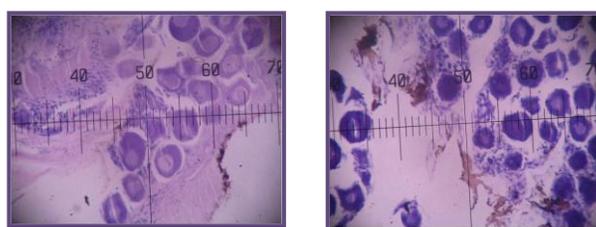
Estadio IV Los ovocitos tienen un diámetro de 400 a 550  $\mu\text{m}$ , el citoplasma está totalmente ocupado por grandes gránulos de vitelo y por vacuolas lipídicas, y el núcleo no es evidenciable. La capa de células foliculares es más delgada y la zona pelúcida se mantiene bien notable. Este estadio es considerado el de mayor viabilidad reproductiva. Cuando aparecen gotas de vitelo con un diámetro superior a  $70\mu$  en el citoplasma de los oocitos en desarrollo, se puede asumir que el ovario está en estado de vitelogénesis endógena. Cuando las gotas de aceite tienen un diámetro superior a  $100\mu$  se determina que el ovario está experimentando un proceso de vitelogénesis exógena. Los oocitos del sábalo, se consideran maduros cuando ocurre aclaramiento del vitelo, debido a la fusión por separado de las sustancias de origen lipídico o proteico y se observa un incremento del tamaño por la hidratación y finalmente rotura de la membrana nuclear. La maduración, se confirma con la toma de oocitos mediante biopsia ovárica o extrusión, adicionando a la muestra una gota de líquido de Serrá y la observación con objetivo 40X para determinar el grado de migración del Núcleo del centro hacia el polo animal ubicado en la periferia, donde tiene lugar el rompimiento de su membrana nuclear y la metafase de la primera división meiótica, detenida en la profase. Una vez finalizada la primera división meiótica, se forma el primer cuerpo polar que es expulsado del oocito, al mismo tiempo se produce la fusión de los gránulos de vitelo con las gotas lipídicas. (Figura 6).

El ovario de la sabaleta de la cuenca del río Patía, en fase de ovulación se caracteriza por la separación de las microvellosidades y ocurre generalmente después de la primera división meiótica. Los oocitos ovulados continúan con la meiosis hasta la metafase, estado en el que es viable la fertilización. En el sábalo, la fertilización y el desarrollo embrionario son externos.

En los ejemplares que alcanzaron el estado de ovulación y no fueron extruidos a tiempo, los ovocitos vitelogenéticos se degeneraron por un proceso denominado atresia, que se caracterizó con la contracción irregular del vitelo, comenzando desde el borde de la zona radiada y se extendió hacia el centro. Posteriormente, la zona radiada se rompió y el vitelo desapareció probablemente por la acción de células fagocitarias. Entre los folículos ováricos se observaron centros melanomacrófagos. Los centros melanomacrófagos fueron reconocidos en el ovario de otras especies de peces, y su presencia fue asociada con la degradación de folículos atrésicos o de restos de folículos ovulados, principalmente en el periodo de postdesove (Ravaglia y Maggese, 1995). [25]

**Tabla 1. Rango de Frecuencias del Peso Total (g) de Hembras y Machos de *Brycon sp.***

<b>SEXO</b>	<b>PESO</b>	<b>No</b>	<b>%</b>
HEMBRAS	0 - 50 g	11	33.33
MACHOS	0 - 50 g	15	45.45
HEMBRAS	51 - 100 g	0	0.00
MACHOS	51 - 100 g	0	0.00
HEMBRAS	101 - 150 g	1	3.03
MACHOS	101 - 150 g	1	3.03
HEMBRAS	151 - 200 g	2	6.06
MACHOS	151 - 200 g	1	3.03
HEMBRAS	201 - 250 g	1	3.03
MACHOS	201 - 250 g	0	0.00
HEMBRAS	251 - 300 g	1	3.03
MACHOS	251 - 300 g	0	0.00
<b>TOTAL</b>	<b>0 - 300 g</b>	<b>33</b>	<b>100</b>



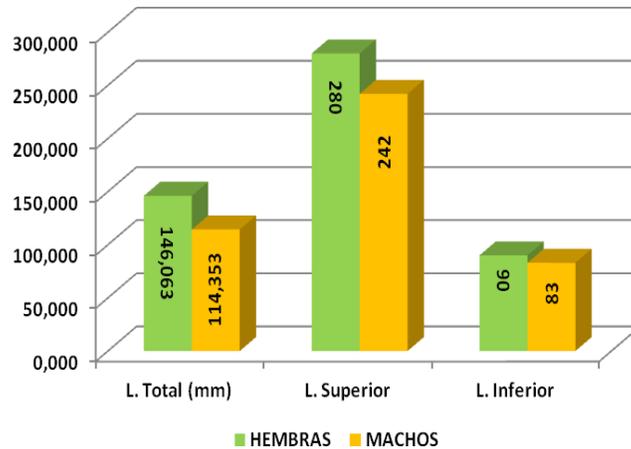
**Figura 6. Caracterización Histológica de los Ovarios de *Brycon sp.***  
Fuente: Esta Investigación

### **Análisis de Variables de Estudio**

El análisis de Normalidad de los datos de las variables de estudio es significativo ( $p < 0,05$ ). Se rechaza la  $H_0$  y se concluye que los datos no se ajustan a la Distribución Normal (DN); por lo tanto existen diferencias significativas, excepto con relación al Factor de Condición (IK). ( $p > 0,05$ ).

### **Relación de Talla y Sexo**

La especie presenta dimorfismo sexual desde el punto de vista de talla promedio, talla mínima y talla máxima. (Figura 7).



**Figura 7. Relación de Longitud total y Sexo de *Brycon sp.***

El porcentaje de machos, en la población de *Brycon sp.*, según el coeficiente de correlación es 6.18%, siendo mayor que la presencia de hembras en los ríos Mayo y Juanambú; las hembras representan el 48.5% y los machos el 51.5% de los ejemplares capturados. (Tabla 2.)

**Tabla 2. Porcentaje y Frecuencia de sexo de *Brycon sp.***

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	HEMBRA	16	48.5	48.5	48.5
	MACHO	17	51.5	51.5	100.0
	Total	33	100.0	100.0	

#### **Longitud Total de Hembras y Machos.**

Estadísticamente, ( $p = 0,037$ ), se concluye que los machos registran mayor longitud total promedio ( $98.80 \pm 16,70$  mm) que las hembras ( $98.09 \pm 6,95$  mm).

#### **Relación de Variables de Estudio por Sexo.**

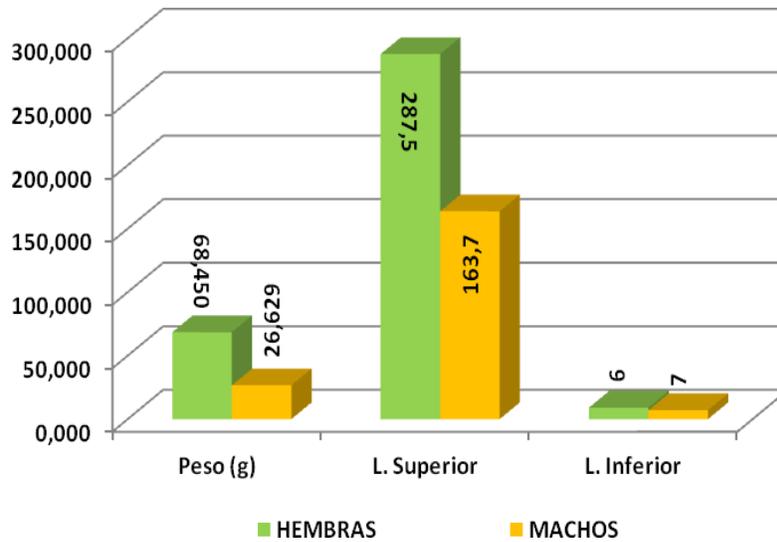
Estadísticamente, ( $p = 0,108$ ), se determina que no hay diferencias significativas, con respecto al peso de las hembras (68.45 g) vs machos (26.62 g).

#### **Peso de Hembras y Machos.**

La especie no presenta dimorfismo sexual desde el punto de vista de peso promedio, mínimo y máximo. (Tabla 3, Figura 8)

**Tabla 3. Relación de Peso y Sexo de *Brycon sp.***

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ./ media	F	Sig (bil)
PESO	HEMBRA	16	68.45000	93.1336960	23.2834240	13.21	0.108
	MACHO	17	26.62941	45.2876606	10.9838711		



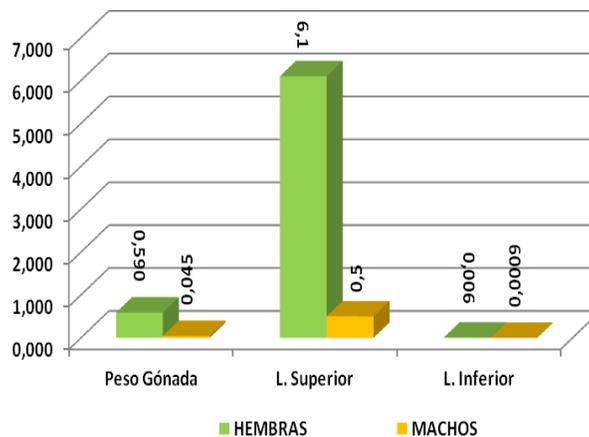
**Figura 8. Relación de Peso y Sexo de *Brycon sp.***

**Peso de las Gónadas de Hembras y Machos.**

Estadísticamente, no existe diferencias significativas; así, se rechaza la  $H_0$  ( $p = 0,154$ ); sin embargo se establece que las hembras reportan mayor peso promedio de las gónadas ( $0,59 \pm 1,53$  g) que los machos ( $0,04 \pm 0,13$  gramos). (Tabla 4, Figura 9).

**Tabla 4. Relación de Peso Gonadal y Sexo de *Brycon sp.***

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ./media	F	Sig
P.Gónad	HEMBRA	16	.589681	1.53557235	.38389309	6.25	0.154
	MACHO	17	.044629	.12659940	.03070486		



**Figura 9. Relación de Peso de Gónadas y Sexo de *Brycon sp.***

### Índice Gonadosomático de hembras y machos.

Entre machos y hembras No existen diferencias en el promedio ( $p > 0,05$ ); Hembras ( $0,47 \pm 1,17\%$ ) del Índice que en machos ( $0,07 \pm 0,09\%$  del indicador). (Tabla 5)

**Tabla 5. Relación IGS y Sexo de *Brycon sp.***

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ./media	F	Sig (bil)
IGS	HEMBRA	16	.473256	1.1753093	.2938273	4.73	0.166
	MACHO	17	.068455	.0913150	.0221471		

### Índice Hepatosomático de hembras y machos.

Se Acepta la  $H_0$  ( $p = 0,136$ ), No existen diferencias significativas y se concluye que en las hembras se obtiene un mayor promedio ( $13,57 \pm 7,28\%$ ) del índice que en Machos ( $9,70 \pm 2,75\%$ ), sin embargo se demuestra que todos los ejemplares analizados son inmaduros sexualmente. (Tabla 6)

**Tabla 6. Relación IHS y Sexo de *Brycon sp.***

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ./media	F	Sig
IHS	HEMBRA	16	13.57487	7.2825724	1.8206431	11.98	0.136
	MACHO	17	9.70991	2.7534120	.6678005		

### Longitud total de hembras y machos.

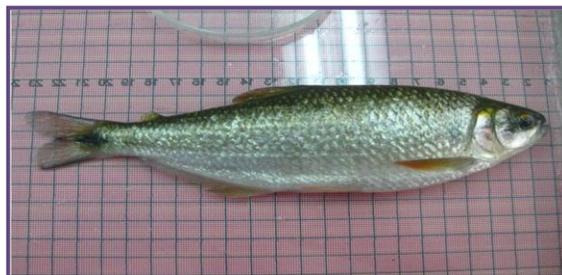
Entre machos y hembras No existen diferencias en el promedio; Hembras ( $146,06 \pm 74,73$  mm) de longitud total y Machos ( $114,35 \pm 46,76$  mm). (Tabla 7, Figura 10).

**Tabla 7. Relación L Total y Sexo de *Brycon sp.***

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ./media	F	Sig
L.Tot	HEMBRA	16	146.0625	74.7346138	18.6836535	9.41	0.151
	MACHO	17	114.3529	46.7652932	11.3422496		

### Longitud estándar de hembras y machos.

Se Rechaza la  $H_0$  ( $p < 0,05$ ) y se concluye que entre machos y hembras existen diferencias en el promedio; Hembras ( $121,93 \pm 67,61$  mm) de longitud estandar y Machos ( $91,76 \pm 38,59$  mm). (Tabla 8, Figura 10).



**Figura 10. Caracterización Morfométrica de *Brycon sp.***

**Tabla 8. Relación L Estándar y Sexo de *Brycon sp.***

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ./media	F	Sig
L.Est	HEMBRA	16	121.93750	67.6199860	16.9049965	11.97	0.123
	MACHO	17	91.764706	38.5997562	9.3618160		

**Peso del Hígado de hembras y machos.**

Se Acepta la  $H_0$  ( $p > 0,05$ ) y se concluye que entre machos y hembras No existen diferencias en el promedio; Hembras (1.23 g) y Machos (1.09 g). (Tabla 9).

**Tabla 9. Relación Peso del Hígado y Sexo de *Brycon sp.***

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ./media	F	Sig
P. Hígado	HEMBRA	16	1.2366	0.562	0.1406	0.12	0.503
	MACHO	17	1.0976	0.610	0.1481		

**Factor de Condición.**

Se rechaza hipótesis  $H_0$  ( $p < 0,05$ ), entre machos y hembras existen diferencias significativas; en promedio Hembras (0.00117 %) del Índice y Machos (0.00109 %). (Tabla 10).

**Tabla 10. Relación del Factor de Condición y Sexo de *Brycon sp.***

	SEXO	N	Media	Desviación típ.	Error típ./media	F	Sig
IK	HEMBRA	16	0.00117	$1 \times 10^{-4}$	$25 \times 10^{-5}$	1.24	0.049
	MACHO	17	0.00109	$12 \times 10^{-4}$	$31 \times 10^{-5}$		

**Correlación de Variables Cuantitativas  
Índice Gonadosomático**

El análisis de correlación de Pearson, identifica una asociación lineal positiva, significativa estadísticamente, entre el IGS y el IHS ( $R = 0,47$ ;  $p < 0,001$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0,22$ ) permite inferir que la variabilidad del IGS de los ejemplares se explica en un 22% por la variabilidad en el IHS.

Mediante análisis de correlación de Pearson se identifica una asociación lineal positiva, significativa estadísticamente, entre el IGS y L. Total, L. Estándar y P. Gónadas ( $R = 0.38, 0.37$  y  $0.98$ ;  $p < 0.05, 0.05$  y  $0.001$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.14, 0.13$  y  $0.96$ ) permite inferir que la variabilidad del IGS de los ejemplares se explica en un 14, 13 y 96% por la variabilidad en la L. Total, L. Estándar y P. Gónadas.

## **Índice Hepatosomático**

Mediante análisis de correlación de Pearson, se determina una asociación lineal Negativa, significativa estadísticamente, entre el IHS con Peso, L. Total, L. Estándar P. Gónadas y P. Hígado ( $R = -0.94, -0.95, -0.95, -0.55$  y  $-0.53$ ;  $p < 0.005$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.88, 0.90, 0.90, 0.30$  y  $0.29$ ) permite inferir que la variabilidad del IHS de los ejemplares se explica en un 88, 90, 90, 30 y 29% por la variabilidad con el Peso, L. Total, L. Estándar P. Gónadas y P. Hígado.

## **Peso**

El análisis de correlación de Pearson, identifica una asociación lineal Negativa, significativa estadísticamente, entre el Peso y IHS ( $R = -0.94$ ;  $p < 0.01$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.88$ ) permite inferir que la variabilidad del Peso de los ejemplares se explica en un 88% por la variabilidad con el IHS.

Mediante análisis de correlación de Pearson se identifica una asociación lineal Positiva, significativa estadísticamente, entre el Peso con Longitud Total, L. Estándar P. Gónadas y P. Hígado ( $R = 0.97, 0.98, 0.42$  y  $0.65$ ;  $p < 0.01$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.94, 0.96, 0.18$  y  $0.42$ ) permite inferir que la variabilidad del Peso de los ejemplares se explica en un 94, 96, 18 y 42% por la variabilidad con la Longitud Total, L. Estándar P. Gónadas y P. Hígado.

## **Peso de las Gónadas**

Mediante análisis de correlación de Pearson, se determina una asociación lineal Negativa, significativa estadísticamente, entre el Peso de las Gónadas y el índice IHS ( $R = -0.55$ ;  $p < 0.01$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.30$ ) permite inferir que la variabilidad del Peso de la gónada de los ejemplares se explica en un 30% por la variabilidad con el IHS.

Mediante análisis de correlación de Pearson se identifica una asociación lineal Positiva, significativa estadísticamente, entre el Peso gonadal con IGS, Peso, L. Total y L. Estándar. ( $R = 0.99, 0.42, 0.47$  y  $0.46$ ;  $p < 0.01$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.98, 0.18, 0.22$  y  $0.21$ ) permite inferir que la variabilidad del Peso gonadal de los ejemplares se explica en un 98, 18, 22 y 21% por la variabilidad con el índice IGS, Peso, L. Total y L. Estándar

## **Peso del Hígado**

El análisis de correlación de Pearson, identifica una asociación lineal Negativa, significativa estadísticamente, entre el Peso del Hígado y el índice IHS ( $R = -0.53$ ;  $p < 0.01$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.28$ ) permite inferir que la variabilidad del Peso del Hígado de los ejemplares se explica en un 28% por la variabilidad con el IHS.

Mediante análisis de correlación de Pearson se identifica una asociación lineal Positiva, significativa estadísticamente, entre el Peso del Hígado con el Peso, L. Total y L. Estándar. ( $R = 0.65, 0.74$  y  $0.71$ ;  $p < 0.01$ ).

El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.42, 0.55$  y  $0.50$ ) permite inferir que la variabilidad del Peso del Hígado de los ejemplares se explica en un 42, 55 y 50% por la variabilidad con el Peso, L. Total y L. Estándar.

## Índice de Regresión

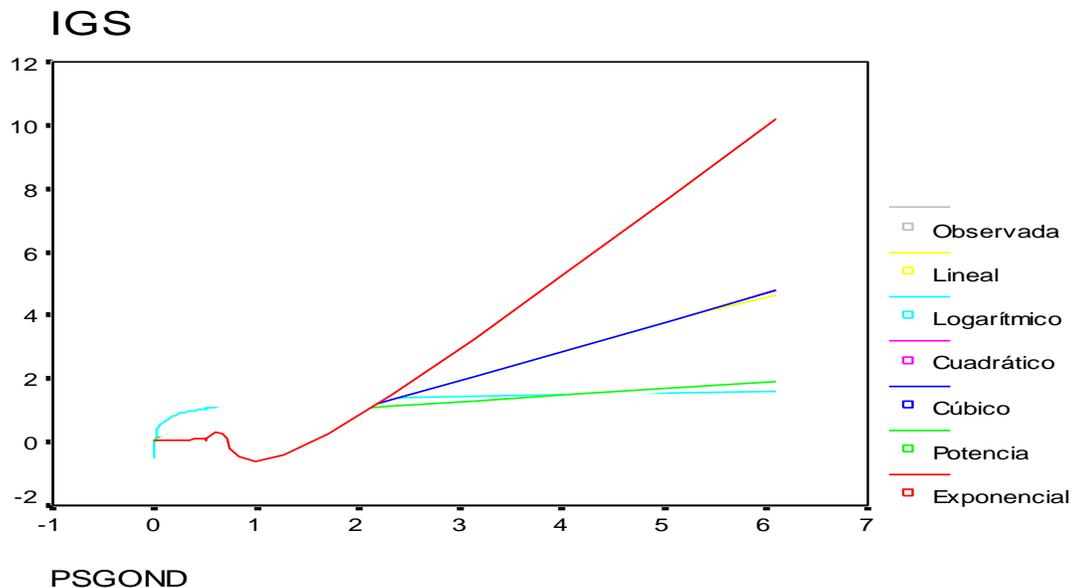
### Peso de Gónada e IGS

Mediante estimación curvilínea (Figura 11), se logra establecer que la curva de mejor ajuste es la LINEAL. En consecuencia, la asociación entre IGS y P. Gónada se puede describir mediante la ecuación:

$$\text{IGS (\%)} = 0.313 + 0.76 (\text{g Gónada})$$

$$R^2 = 0,979 \quad F = 1447.27 \quad p < 0,001 \quad B_0 = 0.0313 \quad B_1 = 0.7556 \quad (4)$$

La ecuación determina que por cada gramo de incremento en el peso de la gónada, el IGS aumenta 0.76 y la variabilidad observada en el Valor del IGS, se debe en un 97,9% a la variabilidad en el peso de la gónada.



**Figura 11. Estimación curvilínea de la regresión peso de gónada e índice gonadosomático (IGS).**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La población de *Brycon sp*, de la cuenca del río Patía está constituida por 42.3% hembras y 57.7% machos.
- El *Brycon sp*, no presenta estadísticamente, dimorfismo sexual desde el punto de vista de longitud total y peso.
- La sabaleta (*Brycon sp*), registra estadísticamente mayor peso de los ovarios con relación a los testículos.
- El *Brycon sp*, reporta estadísticamente, mayor índice gonadosomático en las hembras que en los machos.

- Se detectan diferencias significativas en el Factor de Condición a favor de las hembras de la especie.
- El análisis de correlación de Pearson, determina una asociación lineal positiva, significativa estadísticamente, entre los índices IGS y IHS ( $R = 0,47$ ); la variabilidad del IGS se explica en un 22% por la variabilidad en el IHS. Igualmente existe correlación lineal positiva con el Peso de las Gónadas ( $R = 0.98$ ), esta variabilidad se explica por el 96% del peso gonadal.
- La correlación de Pearson identifica asociación lineal Negativa, significativa estadísticamente, entre el IHS y el peso del Hígado ( $R = -0.53$ ); El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.29$ ) permite inferir que la variabilidad del IHS de los ejemplares se explica en un 29% por la variabilidad del peso del hígado.
- Se establece asociación lineal Positiva, significativa estadísticamente, entre el Peso de los ejemplares y el peso gonadal ( $R = 0.42$ ). El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.18$ ) permite inferir que la variabilidad del Peso de los ejemplares se explica en un 18% por la variabilidad del peso gonadal.
- El análisis de regresión señala que la variabilidad observada en el Valor del Índice Gonadosomático (IGS), se debe en un 97,9% a la variabilidad en el Peso de la Gónada.
- Los ovarios y testículos según el examen macroscópico e histológico, registran tres estadios identificables de desarrollo.
- La totalidad de las hembras estudiadas no reportan viabilidad reproductiva a diferencia del 11.7% de los machos que se encontraban en estado de madurez.
- Los pesos de las hembras y los machos en relación a la longitud presentan una precocidad sexual para compensar la vulnerabilidad que registran las poblaciones naturales, debido al impacto negativo causado por la presión de pesca, la contaminación y la deforestación.

### **Recomendaciones**

- Implementar programas de reproducción inducida con ejemplares obtenidos en diferentes estaciones de captura de los diferentes afluentes de la cuenca del río Patía que posean las mejores evaluaciones fenotípicas
- Desarrollar planes de repoblamiento de la sabaleta (*Brycon sp*) en los distintos ríos de la cuenca del Patía
- Realizar estudios de evaluación gonadal en otras especies ícticas de importancia pesquera en las cuencas de los ríos Mayo y Juanambú.

## REFERENCIAS

1. Rodríguez-Gutierrez, M. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en Peces. A.G.T. editor S.A. 1a. edición, México DF, México. 1992. 79 p.
2. Grizzle, J.M. & W.A. Rogers. 1976. Anatomy and histology of the channel catfish. Auburn Pinting Inc., Auburn University, Agr. Exptl. Station: 94 p.
3. Polder, J.J.W. 1971. On gonads and reproductive behaviour in the cichlid fish *Aequidens portalegrensis* (Hensel). Netherlands J. Zool. 21: 265-365.
4. Grizzle, J.M. & W.A. Rogers. 1976. Anatomy and histology of the channel catfish. Auburn Pinting Inc., Auburn University, Agr. Exptl. Station: 94 p.
5. Hibiya, H. 1982. An atlas of fish histology - Normal and pathological features. Ed. Kodansha Ltd. (Tokyo, Japon): 147 p.
6. Yasutake, W.T. y J.H. Wales. 1983. Microscopic anatomy of salmonids: an atlas. U.S. Fish Wildlife Serv., Res. Publ. 150: 190 p.
7. Alexandrino, A.C.; E.F.G. Pinheiro; M.G. Rigolino; E.C. Campos & S. Arana. 1987. Ciclo reproductivo de *Salmo irideus* Gibbons (pisces, Salmoniformes) mantidos en sistema de cultivo intensivo: caracterização macroscópica e microscópica dos testículos. Rev. Fac. Med. Vet. Zootec. Univ. S. Paulo (Brasil) 24: 169-180.
8. Lopes, R.A.; O.V.P. Lopes; C.V. paula; H.S.L. dos Santos & A. Nuti-Sobrinho. 1987. On the reproduction of brazilian fishes. IX. Spermatogenesis of the surubim *Pseudoplatystoma corruscans* Agassiz 1829 (Pisces, Pimelodidae). Ars Veterinaria 3: 17-22.
9. Ferreira, R.M.A. & H.P. Godinho. 1990. Reproductive biology of the white-piau, *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875) (Anostomidae) from a reservoir in southeast Brazil. Eur. Arch. Biol. (Bruxelles) 101: 331-344.
10. Bazzoli, N. & H.P. Godinho. 1991. Reproductive biology of the *Acestrorhynchus lacustris* (Reinhardt, 1874) (Pisces: Characidae) from Tres Marias Reservoir, Brazil. Zool. Anz. 226: 285-297.
11. Grizzle, J.M. & W.A. Rogers. 1976. Anatomy and histology of the channel catfish. Auburn Pinting Inc., Auburn University, Agr. Exptl. Station: 94 p.
12. Hibiya, H. 1982. An atlas of fish histology - Normal and pathological features. Ed. Kodansha Ltd. (Tokyo, Japon): 147 p.
13. Yasutake, W.T. y J.H. Wales. 1983. Microscopic anatomy of salmonids: an atlas. U.S. Fish Wildlife Serv., Res. Publ. 150: 190 p.

14. Alexandrino, A.C.; E.F.G. Pinheiro; M.G. Rigolino; E.C. Campos & S. Arana. 1987. Ciclo reproductivo de *Salmo irideus* Gibbons (pisces, Salmoniformes) mantidos en sistema de cultivo intensivo: caracterização macroscópica e microscópica dos testículos. Rev. Fac. Med. Vet. Zootec. Univ. S. Paulo (Brasil) 24: 169-180.
15. Lopes, R.A.; O.V.P. Lopes; C.V. paula; H.S.L. dos Santos & A. Nuti-Sobrinho. 1987. On the reproduction of brazilian fishes. IX. Spermatogenesis of the surubim *Pseudoplatystoma corruscans* Agassiz 1829 (Pisces, Pimelodidae). Ars Veterinaria 3: 17-22.
16. Grizzle, J.M. & W.A. Rogers. 1976. Anatomy and histology of the channel catfish. Auburn Pinting Inc., Auburn University, Agr. Exptl. Station: 94 p.
17. Hibiya, H. 1982. An atlas of fish histology - Normal and pathological features. Ed. Kodansha Ltd. (Tokyo, Japon): 147 p.
18. Yasutake, W.T. y J.H. Wales. 1983. Microscopic anatomy of salmonids: an atlas. U.S. Fish Wildlife Serv., Res. Publ. 150: 190 p.
19. Ferreira, R.M.A. & H.P. Godinho. 1990. Reproductive biology of the white-piau, *Schizodon knerii* (Steindachner, 1875) (Anostomidae) from a reservoir in southeast Brazil. Eur. Arch. Biol. (Bruxelles) 101: 331-344.
20. Bazzoli, N. & H.P. Godinho. 1991. Reproductive biology of the *Acestrorhynchus lacustris* (Reinhardt, 1874) (Pisces: Characidae) from Tres Marias Reservoir, Brazil. Zool. Anz. 226: 285-297.
21. Lambert, J.G.D. 1970. The ovary of the guppy *Poecilia reticulata*: the granulosa cells as sites of steroid biosynthesis. Gen. Comp. Endocrinology 15: 464-476.
22. Guraya, S.S. 1986. The cell and molecular biology of fish oogenesis. Monographs in Developmental Biology, H.W. Sauer ed., Karger (Basel) 18: 1-223.
23. Bazzoli, N. & E. Rizzo. 1990. A comparative cytological and cytochemical study of the oogenesis in ten Brazilian fish species. Eur. Arch. Biol. (Bruxelles) 101: 399-410.
24. Alves, M.M.; H.S. Leme Dos Santos; R.A. Lopes, S.A. Petenusci & C Haiyashi. 1983. Rhythm of development in the oocyte of the tilapia *Oreochromis niloticus* L. (Pisces: Cichlidae); a morphometric and histochemical study. Gegenbaurs Morph. Jahrb. 129: 575-592.
25. Ravaglia, M.A. & M.C. Maggese. 1995. Melano-macrophage centres in the gonads of the swamp eel, *Synbranchus marmoratus* Bloch, (Pisces, Synbranchidae): histological and histochemical characterization. J. Fish Biol. 18: 117- 125.