



## INFORME TÉCNICO

Informe técnico de análisis de datos biométricos (talla, peso), factor de condición y sexo de los reproductores muestreados y marcados de pirarucú (*arapaima gigas*)





## INFORME TÉCNICO DE ANÁLISIS DE DATOS BIOMÉTRICOS (TALLA, PESO), FACTOR DE CONDICIÓN Y SEXO DE LOS REPRODUCTORES MUESTREADOS Y MARCADOS DE PIRARUCÚ (*arapaima gigas*)

Equipo de autores y colaboradores

® ASOCIACIÓN DE ACUICULTORES DEL CAQUETA - ACUICA	® AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA - AUNAP
Karly Milena Camacho Trujillo <sup>1</sup> Diego Alejandro Niño Camacho <sup>2</sup> Jorge Eduardo Franco Páez <sup>3</sup>	María Rosa Angarita Peñaranda Carlos Augusto Borda Pedro Julián Contreras Javier Plata González Jairo Andrés Saganome

Esta publicación, es un producto resultado del convenio de cooperación No. 208 de 2019 cuyo objeto: *Establecer mediante el sexo y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de Pirarucú (arapaima gigas) en el departamento de Caquetá y de la acuicultura estratégicas del país*, suscrito entre LA AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA – AUNAP Y ASOCIACIÓN DE ACUICULTORES DEL CAQUETÁ - ACUICA en el año 2019.

Camacho-Trujillo, K., Niño-Camacho, D. Franco-Páez J. (2019). Informe técnico de análisis de datos biométricos (talla, peso), factor de condición y sexo de los reproductores muestreados y marcados de pirarucú (*arapaima gigas*). Convenio 208 de 2019 AUNAP - ACUICA. 33p

®Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales, sin previa autorización del titular de los derechos de autor, sí y solo sí, se reconocen los créditos de los autores, editores e instituciones que han elaborado el presente documentos.

Las líneas de delimitación, así como los mapas que pudieran presentarse dentro de la publicación, son una representación gráfica aproximada, con fines ilustrativos y no expresan una posición de carácter oficial, por ende, ni los autores ni las instituciones vinculada, asumen la responsabilidad de las interpretaciones que surjan a partir de estas.

“Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales”

Responsabilidad: Las denominaciones empleadas y la presentación del material en esta publicación, no implican la expresión de opinión o juicio alguno por parte de las instituciones participantes. Así mismo, las opiniones expresadas no representan necesariamente las decisiones o políticas de las instituciones participantes, ni la citación de nombres, estadísticas pesqueras o procesos comerciales. Todos los aportes y opiniones expresadas son de la entera responsabilidad de los autores correspondientes. Los documentos que componen este libro han sido editados con previa aprobación de sus autores.

<sup>1</sup>Zootecnista de la Universidad de la Amazonia Esp G.E.A De La Santo Tomas.

<sup>2</sup>Biólogo Marino, Msc En Ciencias Biológicas Universidad de los Andes

<sup>3</sup>Zootecnista la Universidad de la Amazonia Esp G.E.A De La Santo Tomas. Aspirante A Doctorado de la Universidad de la Amazonia

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caqueta



Informe técnico de análisis de datos biométricos (talla, peso), factor de condición y sexo de los reproductores muestreados y marcados de pirarucú

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caqueta.

### Tabla de contenido

1. INTRODUCCION _____	1
<b>OBJETIVO 1 _____</b>	<b>3</b>
PRODUCTO 2 Informe técnico de análisis de datos biométricos (talla y peso), factor de condición y sexo de los reproductores muestreados y marcados de Pirarucú ( <i>Arapaima gigas</i> ). _____	3
2. <b>METODOLOGÍA _____</b>	<b>4</b>
<b>2.1 ÁREA DE ESTUDIO _____</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Marcación con microchips intradérmicos, toma de datos biométricos (Talla y Peso) y determinación sexual por fenotipo _____</b>	<b>5</b>
2.2.1 Marcación con microchip _____	6
2.2.2 Parámetros biométricos _____	7
2.2.3 Determinación sexual por fenotipo _____	9
<b>2.3 Toma de muestras de plasma sanguíneo procesadas con kit de eLISA-INMUNOENSAYO PARA 11 KETOTESTOSTERONA Y 17 BETA ESTRADIOL PARA IDENTIFICACIÓN DE SEXOS _____</b>	<b>9</b>
2.3.1 Toma de muestra de plasma sanguíneo _____	9
2.3.2 Determinación sexual por concentración hormonal de 17β-Estradiol y 11-Keto-Testosterona _____	11
3. RESULTADOS _____	16
<b>3.2 Marcación con microchips intradérmicos, toma de datos biométricos (Talla y Peso) y determinación sexual por fenotipo _____</b>	<b>19</b>
3.2.1 Marcación con microchip _____	19
3.2.2 Parámetros biométricos _____	20
<b>3.2.2.1 Longitud Total _____</b>	<b>20</b>
<b>3.2.2.2 Altura Corporal-Diámetro abdominal _____</b>	<b>21</b>
<b>3.2.2.4 Factor de Condición de Fulton (K) _____</b>	<b>23</b>
3.2.2 Determinación sexual por fenotipo _____	25
<b>3.3 Toma de muestras de plasma sanguíneo procesadas con kit de eLISA-INMUNOENSAYO PARA 11 KETOTESTOSTERONA Y 17 BETA ESTRADIOL PARA IDENTIFICACIÓN DE SEXOS _____</b>	<b>25</b>
BIBLIOGRAFÍA _____	29

## INTRODUCCION

El *Arapaima gigas* es una especie con un alto potencial en la piscicultura, por su rápido crecimiento con un rendimiento de 57% de su carne, además su color blanco y sabor neutro lo hacen una especie muy apetecida en la gastronomía (Lopera et al., 2018). Los principales obstáculos que tiene esta especie en la piscicultura son su baja fecundidad, pocos alevinos por puesta y la poca confiabilidad de la determinación del sexo por fenotipo (Núñez et al., 2011) debido a que no presentan caracteres sexuales secundarios que permitan una diferenciación entre los dos sexos (GONCALVES, 2016); sin embargo Monteiro et al., 2010 comprobó que los machos presentan una mancha anaranjada a través de análisis hormonales de testosterona. Se hace necesario que en cautiverio antes de iniciar con el cultivo de *Arapaima gigas* se establezcan núcleos de reproductores, en la actualidad hay diversos métodos invasivos y no invasivos para la determinación sexual, sin embargo en este trabajo se utilizó la identificación de niveles hormonales de 17  $\beta$ -estradiol y 11K-testosterona el cual es un método que tiene una eficacia del 95% (Lopera et al., 2018), estos niveles hormonales se extraen del plasma de animales de 6 años, si los niveles arrojan como resultado de 0.4 a 2,5 pg/ se consideran hembras, se consideran machos si los niveles son mayores a los anteriores (Monteiro et al., 2010). Una de las recomendaciones que da Chu-Koo et al., 2009 al trabajar con perfiles hormonales es optar por brindar una dieta balanceada de 400Kcl/Kg en el día, de esta manera se aumentan los niveles hormonales propios del proceso de la reproducción en *Arapaimas gigas*.

En la producción animal existen variables que son fundamentales a la hora de realizar mediciones productivas. En el cultivo de Pirarucú cuando se conoce la procedencia y curva de crecimiento, la conformación de los ejemplares apoyados en las variables talla (LT) Peso, perímetro pectoral, factor de condición de Fulton (K), son valiosas; permiten tomar decisiones respecto de qué individuos deberían reproducirse, para permitir que los individuos con características deseables repliquen su ADN.

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

En el departamento del Caquetá, los primeros ejemplares requirieron entre 8 a 10 años para iniciar su fase reproductiva. Hoy la tendencia es disminuir esa cifra, por cuanto se han realizado algunos estudios (Franco, 2011), (Argumedo, 2014), exponiendo la necesidad de modificaciones al manejo, alimentación, área por pareja, etc. Este estudio permite entre otros, identificar las variables talla y peso junto a la determinación sexual de los ejemplares muestreados, buscando obtener mayor eficiencia productiva de esta especie que tanto potencial tiene para la piscicultura regional, y en todo caso, el desempeño productivo será óptimo si se llenan los requerimientos de las especies.

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

## OBJETIVO 1

Realizar la toma de parámetros biométricos, marcación con microchip, toma de muestras de plasma sanguíneo para identificación del sexo de 130 reproductores de Pirarucú (*Arapaima gigas*), perteneciente a productores pequeños y medianos del departamento del Caquetá.

**PRODUCTO 2** Informe técnico de análisis de datos biométricos (talla y peso), factor de condición y sexo de los reproductores muestreados y marcados de Pirarucú (*Arapaima gigas*).

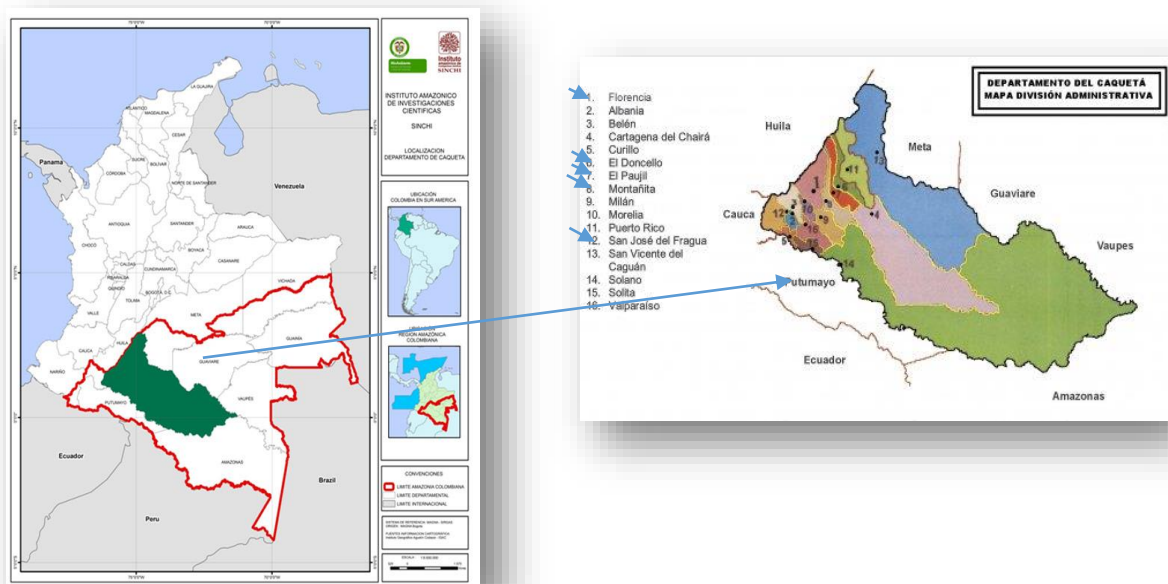
## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

## METODOLOGÍA

### 2.1 ÁREA DE ESTUDIO

El Caquetá tiene unas condiciones climatológicas que permiten estacionalidad de los eventos reproductivos de la especie *Arapaima gigas*. En condiciones generales el departamento tiene, un clima cálido muy húmedo, según la clasificación Köppen, como macroclima tropical lluvioso «Af» (Corpoamazonía), con precipitación distribuida en los 12 meses del año superiores a los 3.000 mm anuales, temperatura entre 21 y 33°C y un promedio de 28°C, humedad relativa superior del 80% oscilación. Hay temporadas con bajas precipitaciones comprendidos entre los meses de noviembre a febrero y de mayor precipitación de abril a junio. En temporadas más lluviosas el brillo solar es de 3 a 4 horas/día y en épocas de mayor temperatura y menor precipitación, es ligeramente mayor a 5 horas/día, de igual manera la humedad relativa oscila entre 69 a 86% (Rivera, 2017).



**Figura 1. Ubicación de los Núcleos reproductivos**



## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

El proyecto da inició con un núcleo ubicado en el municipio de Gigante, en la Estación Piscícola del alto Magdalena y en el departamento del Caquetá se hizo un sondeo y selección en cuatro municipios (Figura 1), para un total de 14 núcleos seleccionados con reproductores de *Arapaima gigas*, algunos de estos ejemplares con reporte de eventos reproductivos. No se realizó selección de los reproductores por variables como rango de edad, tipo de alimentación, densidad u otras, las cuales son diferentes en cada núcleo reproductivo. La edad mínima para selección corresponde a 4-5 años de edad (fase reproductiva).

**TABLA 1. UBICACIÓN DEL NUCLEO REPRODUCTIVO DE PIRARUCÚ (*Arapaima gigas*)**

UBICACIÓN	IDENTIFICACION	NUCLEO REPRODUCTIVO	COORDENADAS
Gigante	N-1	Estación Piscícola del Alto Magdalena	WGS 84 00°55'16" N y 74° 25'21.27." W 'Altura, 960 msnm
El Doncello	N-2	Estación Piscícola Vai	WSG N 01°37'52.7" W o75°1727.5"', msnm 367
	N-3	La Esperanza	WSG N 01°44'18" W 75°15'32" O Altura 315msnm
	N-4	Villa María	WGS84 01°38'787" N 75°18'15. 46" O Altura, msnm 360 m
El Paujil	N-5	Las Hermosas	WGS 84 01°34'57.30" N y 75° 21'21.27." W 'Altura, 580 msnm
	N-6	Neopeces	WSG 01°35'7,98""W 075°21'29,30"" Altura, 601 msnm
	N-7	Piscícola Las Palmas Caquetá	WSP N01°35'33" W 075°18'56" Altura 343 msnm
	N-8	Villa Diana	WGS 84 01°34'28.28"" 'N y 75° 20'26.82""O'Altura, 600 msnm
Florencia	N-9	AITZ	WSG 01° 56'25" N, 75° 67'26" W Altura 277 mm
	N-10	Granja Piscícola Caquetá	WSG 01°36'50" N , 75°37'47" W, 0 Altura 277msnm
	N-11	La Florida	WSG 01°36'55"N, 075°37'39", Altura, 284 msnm
	N-12	San Vicente	WGS84 01°32'33.62"N y 75°31'35.00" O Altura, msnm 250 m
San José del Fragua	N-13	Arapaimas del Fragua	WSG 01° 34'03" N, 75° 97'93" W Altura 540 msnm
	N-14	Seringal El Tesoro	WSG 01°33'93"N 75° 97'10"W Altura 565 msnm

### 2.2 MARCACIÓN CON MICROCHIPS INTRADÉRMICOS, TOMA DE DATOS BIOMÉTRICOS (TALLA Y PESO) Y DETERMINACIÓN SEXUAL POR FENOTIPO

El conocimiento de la estructura poblacional, relación longitud-peso y el factor de condición (K) como descriptores de gran interés en la biología de poblaciones, ya que aportan información fundamental sobre estrategias de crecimiento, estado nutricional y reproducción (Valencia-Santan, 2015) (Yance-Flores, 2020), información de gran importancia en la acuicultura porque con los resultados que se obtienen de los estudios que tienen en cuenta los datos biométricos de las especies de peces, se pueden tomar decisiones para mejorar los cultivos, por ejemplo el cambio de alimentación que favorezca a los ejemplares dependiendo de la fase en la que se encuentren, es decir que sean adultos o juveniles(Lalupú-Correa, 2019).

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

Teniendo en cuenta la anterior información, se decide evaluar los datos biométricos de los 130 ejemplares de Pirarucú, para evaluar el estado de cada uno de ellos y relacionarlos con el factor de condición.

Los ejemplares seleccionados para llevar a cabo las metas de este proyecto de conformar 50 parejas de reproductores de *Arapaimas gigas*, fueron de edades mayores a cuatro años, los cuales se marcaron con microchip para su identificación y se les tomó los parámetros biométricos, se utilizó la metodología utilizada por (Franco, 2005); (Argumedo, 2014); (Chu Koo et al., 2017).

### 2.2.1 Marcación con microchip

Los ejemplares seleccionados fueron identificados con microchip de 1.2 mm con aplicación intradérmica (Argumedo, 2014) (Figura 2 y 3), en la zona dorsal más cefálica del ejemplar entre la 8-10 escama, (Franco, 2007), zona que favorece mucho la identificación posterior con poca maniobra. Previamente se ha verificado el estado y número de identificación del chip (Figuras 4 y 5), y en todos los casos tendrá que ser profunda la inserción en ángulo de menos de 45° (Figura 6 y 7), para evitar que el microchip quede muy superficial en ejemplares de gran tamaño.



Figura 2. Diversos lectores de microchip



Figura 3. Tamaños de microchip

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá



Figura 4. Lectura previa del microchip



Figura 5. Verificación del estado del chip

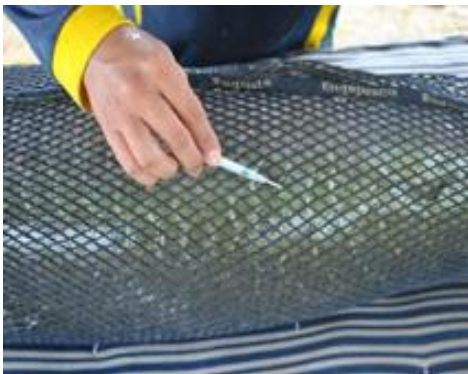


Figura 6. Aplicación intradérmica profunda



Figura 7. Aplicación con inclinación menor a 45°

### 2.2.2 Parámetros biométricos

Los reproductores marcados con microchip intradérmico fueron extraídos del estanque, llevados a una mesa con protección para evitar golpes (figura 8), allí se tomó medida de longitud total (LT) (Figura 9), altura de cuerpo en este caso circunferencia abdominal por detrás de las aletas pectorales (AC), luego los parentales se trasladaron, a la báscula de piso adaptada, dado que los ejemplares estaban con talla superior a 2 metros de longitud (Figura 10 y 11).

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá



Figura 8. Mesa de manejo.



Figura 9. Toma de medidas LT, AC.



Figura 10. Báscula electrónica.



Figura 11. Pesajes reproductores.

La

relación longitud-peso se usa inicialmente para obtener información sobre la condición de crecimiento de los peces y para determinar si el crecimiento somático era isométrico (el peso incrementa en forma proporcional a la longitud) o alométrico (el peso no se incrementa en forma proporcional a la longitud) (Le Cren, 1951) citado por De la Hoz 2018. Cuando un pez exhibe un crecimiento isométrico ( $b=3$ ) su peso incrementa en forma proporcional a su longitud, cuando esto no sucede se puede presentar crecimiento alométrico negativo ( $b<3$ ) cuyo patrón de crecimiento corresponde a aquellas especies en la que individuos de mayor talla son más elongados que los pequeños (Foese 2006, citado por De La Hoz 2018).

Los datos fueron tabulados, se analizaron estadísticamente y graficaron los parámetros talla (m), peso (Kg) y altura del cuerpo (cm) como perímetro o diámetro abdominal, con el objetivo

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

de encontrar correlación que pudiera haber, dado que la muestra poblacional no es homogénea en variables como edad, sexo, manejo nutricional, densidad, infraestructura utilizada, entre otras variables observadas.

### 2.2.3 Determinación sexual por fenotipo

La diferenciación sexual en la especie *Arapaimas gigas* a través del fenotipo, no es un método que tenga resultados confiables, sin embargo en medio natural en la época de reproducción los machos se pueden identificar por los patrones de coloración rojo ladrillo que tienen en (Ligña-Navarrete, 2017), sin embargo estos patrones de coloración en los ejemplares de cautiverio utilizados en la acuicultura suelen tornasen a coloraciones muy tenues (Franco, 2005); (Franco,2007); (Nuñez, et al., 2011).

El patrón de coloración de los ejemplares fue identificado por el veterinario y el profesional zootécnico del proyecto durante el proceso de marcación de microchip y la toma de datos biométricos teniendo en cuenta las recomendaciones de los autores antes mencionados.

### 2.3 TOMA DE MUESTRAS DE PLASMA SANGUÍNEO PROCESADAS CON KIT DE ELISA-INMUNOENSAYO PARA 11 KETOTESTOSTERONA Y 17 BETA ESTRADIOL PARA IDENTIFICACIÓN DE SEXOS

La medición de hormonas esteroides, como 17 $\beta$ -Estradiol y 11-Keto-Testosterona, es un método que tiene el 95% de confiabilidad (Salazar et al., 2018), este método de identificación sexual no invasivo tiene la ventaja de que se puede aplicar a individuos de *Arapaimas gigas* ya sea en estado juvenil o en la fase adulta, estas hormonas son obtenidas del plasma sanguíneo (Chu-Koo et al., 2009).

#### 2.3.1 Toma de muestra de plasma sanguíneo

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

El procedimiento para la recolección de la muestra sanguínea, se hizo mediante una punción en la vena caudal, cerca del pedúnculo caudal, se extrajeron aproximadamente 2 ml de sangre como lo recomienda Sánchez, 2017, la dureza de las escamas y el tamaño de los ejemplares dificultó el proceso.

Para obtener el plasma se adecuó un área de trabajo, en la zona cerca al estanque donde se encontraban los ejemplares de *Arapaima gigas* (Figuras 12 y 13), en esta área de trabajo se implementó un pequeño laboratorio móvil, con el objetivo de centrifugar las muestras sanguíneas en condiciones óptimas de tiempo, 30-45 minutos después de la toma; de esta manera reducir los riesgos de contaminación en las muestras (Figuras 14 al 19). Cuando la red eléctrica no permitía la labor cerca de la zona de trabajo, todos los elementos se transportaban lo más cerca posible para el siguiente proceso. Con anterioridad se heparinizaron las jeringas y se adecuaron al igual que los microviales con tela adhesiva para su posterior rotulación con el número de microchip del ejemplar correspondiente, a continuación se realizó el proceso de centrifugación a 3000 rpm durante diez minutos; el plasma fue trasladado con la ayuda de una pipeta transfer a los microviales de 1.8ml con su respectivo rotulo del microchip del ejemplar registrado (número en jeringa de extracción), y se llevaron al termo con geles congelados para dar condición así como se hizo con las muestras sanguíneas, en este caso, también a las muestras plasmáticas (figura 19).



Figura 12. Zona de muestreo



Figura 13. Distancia al estanque.

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá



Figura 14. Refrigeración de muestra



Figura 15. Rotulación crioviales

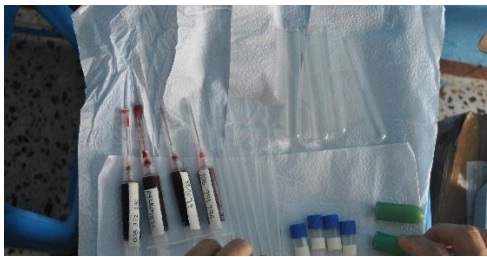


Figura 16. Preparación de sangre



Figura 17. Elementos en campo



Figura 18. Obtención de plasma



Figura 19. Manejo del plasma

### 2.3.2 Determinación sexual por concentración hormonal de 17 $\beta$ -Estradiol y 11-Keto-Testosterona

La metodología utilizada para determinar sexualmente los reproductores de *Arapaima gigas* se basó en el protocolo propuesto por (Núñez et al., 1989) y replicada por (Chu-Koo et al., 2009); adaptada por (Ramírez, 2013) y (Ramírez et al., 2014) para la diferenciación sexual en peces del orden Osteoglossiformes, al cual pertenece *Arapaimas gigas*, a partir de muestra plasmática (figura 21) de los reproductores, obtenido en campo y mantenido en refrigeración en termo con bloques refrigerantes hasta el traslado al laboratorio a -20°C (Figura 20) para

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

realizar los respectivos procesos físicos y químicos y determinar hembras y machos en el stock de reproductores en el departamento del Caquetá.

En laboratorio se procedió a usar el Kit FishTestosterone® y FishEstradiol® (Figura 22) se procuró tener una área de trabajo adecuado empleando la técnica de Inmunoensayo enzimático de inhibición competitiva, cada uno de los cuales contiene un plato con 96 pozos revestidos con anticuerpos de conejo y cabra, a los que se agregaron los estándares (figuras 23-26) y las muestras con contra muestra y posteriormente se agregan a los pocillos un anticuerpo específico de testosterona o estradiol de acuerdo a lo que se esté procesando (Figura 27), y la misma hormona conjugada con peroxidasa de rábano picante para llevar a incubación (Figura 28 ) y permitir las reacciones con los substratos y la solución stop, que generan intensidad en el color opuesto a la cantidad de testosterona o estradiol en las muestras como se observa en las figuras 31 y 32. Estas fueron medidas en equipo Multiskan Go a 450 nm. En total 10 procesos para cada muestra según indica el protocolo hasta determinar la densidad óptica.

Las absorbancias de los estándares fueron ingresadas al software CurvExpert y de acuerdo al mejor ajuste de curva determinar los valores de las concentraciones de las muestras de plasma. Las curvas de regresión son calculadas con los datos de absorbancia de los estándares, a partir de los cuales se obtienen coeficientes para uso en hoja de cálculo con los valores obtenidos con la absorbancia de las muestras como se observa en las figuras 33 a 37. A partir de estos valores como se observa en la figura 37, se confrontan los niveles de 17  $\beta$  Estradiol frente a 11K Testosterona para determinar por concentración. Para dar una certeza del 95% las concentraciones deben ser 2 - 2.5 veces superior según los protocolos, los demás valores se deben entender que son posiblemente hembra o posiblemente macho con un porcentaje de seguridad menor a 95%.



**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá



Figura 20. Congelación a -20°C



Figura 21. Muestras plasmáticas



Figura 22. Kit Fish Elisa con instructivo, plato 96 pozos impregnados y reactivos



Figura 23. Zona de trabajo



Figura 24. Preparación de anticuerpo específico y enjuague

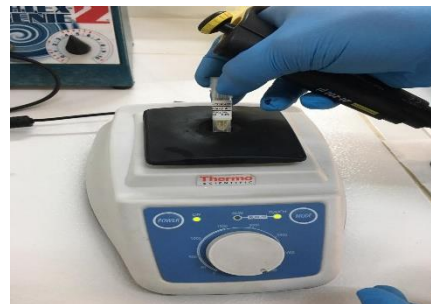


Figura 25. Homogenización de las muestras y estándares

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá



Figura 26. Estándares y muestras

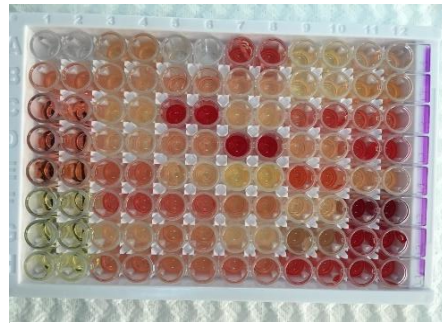


Figura 27. Muestras con anticuerno



Figura 28. Incubación a 37°C

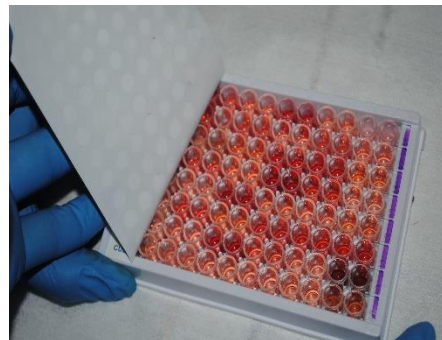


Figura 29. Plato con primera incubación

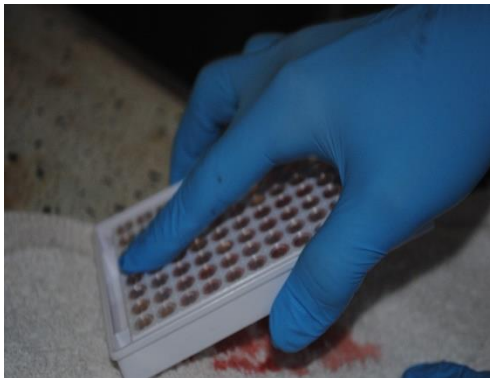


Figura 30. Enjuague buffer



Figura 31. Reacción con sustratos y 2ª incubación

CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

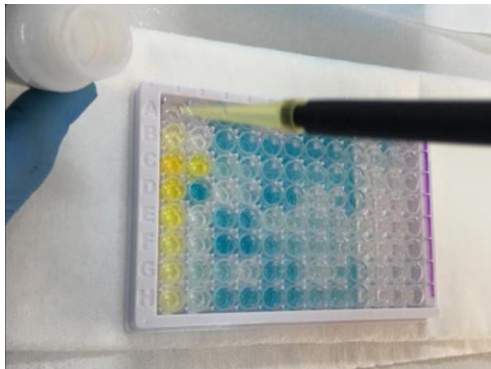


Figura 32. Adición de solución stop para lectura



Figura 33. Lectura de absorbancia a 450nm

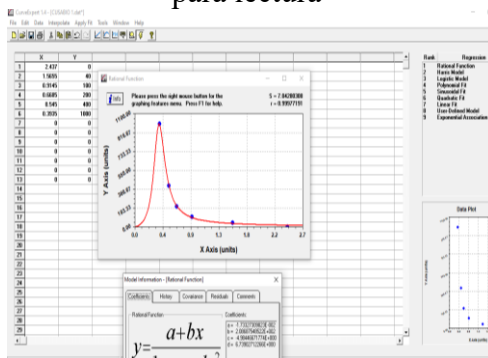


Figura 34. ajuste de curva de regresión con datos absorbancias de estándares

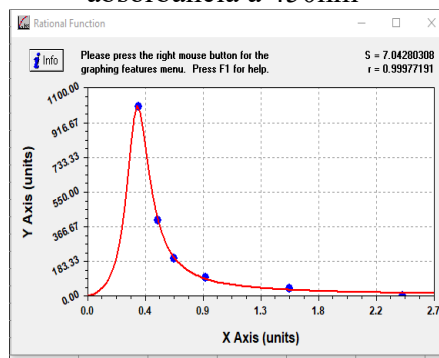


Figura 35. Curva con regresión más cercana a 1

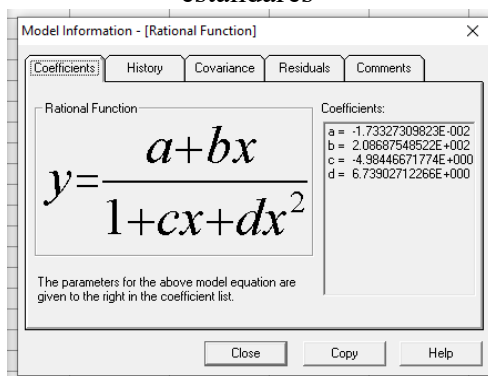


Figura 36. Coeficientes para ajuste en hoja de cálculo

	OVERAGE	CORRECTED		
2	0.051	0.052	0	
3	1.257	1.553	1.501	
4	1.686	1.4845	1.4325	
5	0.157	0.498	0.446	
5	0.205	0.34	0.288	
7	0.272	0.2945	0.2425	
8	0.185	0.2	0.148	
9				
0	1 CUSABIO 17B E (pg/ml)			Coefficient Data:
1	IDIOL	OVERAGE	CONCENTRATION	Rational Function: y=(a+bx)/(1+cx+dx^2)
2	0.783	0.731	30.741	Coefficient Data:
3	0.180	0.128	591.016	a = -5.13E-01
4	0.160	0.108	313.759	b = 4.93E+02
5	0.860	0.808	26.406	c = -1.16E+01
6	1.204	1.152	16.089	d = 3.59E+01

Figura 37. Niveles de absorbancia y concentraciones hormonales

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

### RESULTADOS

Se observó en cada unidad productiva diversos tipos de manejo (figuras 38 a la 43): Buen balance entre dieta seca y alimento vivo; condiciones de hacinamiento, periodos de tiempo largos sin alimento seco y, poco o ninguna especie como alimento vivo; suficiente alimento vivo sin consumo de dieta seca; condiciones del ambiente acuático inadecuadas; buenas condiciones del ambiente acuático; ejemplares en condiciones de hacinamiento; separación por parejas de acuerdo a eventos reproductivos y separación de individuos sin eventos reproductivos. Estas variables incluían nutrición, alimentación, densidad y ambiente acuático, claramente tuvieron repercusión en la respuesta post - manipulación. Estos factores claramente inciden en la expresión biométrica de los reproductores y seguramente en las bajas concentraciones hormonales en muchos ejemplares.



Figura 38. Estanques con manejo deficiente.



Figura 39. Reproductores con deficiente manejo del ambiente acuático



Figura 40. Estanques con manejo deficiente.



Figura 41. Estanques con manejo deficiente.

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá



Figura 42. Inadecuadas condiciones de los fondos



Figura 43. Inadecuadas condiciones del ambiente acuático.

### 3.1 MORTALIDAD

En dicho proceso se presentó una mortalidad de 14 individuos en cuatro unidades productivas (Tabla 2). Los propietarios de los ejemplares trataron de seguir la metodología propuesta para el manejo de los mismos, de manera que los profesionales se encargaron solo de la extracción de la muestra sanguínea, la toma de datos biométricos y el peso. Posterior a esto se hizo manejo profiláctico con baños de sal a los ejemplares y suministro de antibiótico según concepto de médico veterinario. Por último, se recomendó observación por parte de los propietarios a los lotes de reproductores, para evitar sucesos de mortalidad en el transcurso de la semana posterior al muestreo.

Los factores que desencadenaron la tasa de mortalidad, fueron las condiciones del ambiente acuático, el estado general de los ejemplares por el manejo en cada núcleo, el personal no capacitado para el manejo de los ejemplares contratados por el propietario de los reproductores, lo que ocasiono que durante la extracción de los ejemplares del estanque sufrieran golpes o durante el traslado de estos, ejemplares que murieron en transporte desde el municipio de Gigante hasta Florencia. Así como también el estrés ocasionado a los primeros ejemplares durante el proceso de manipulación y toma de muestra sanguínea, datos

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

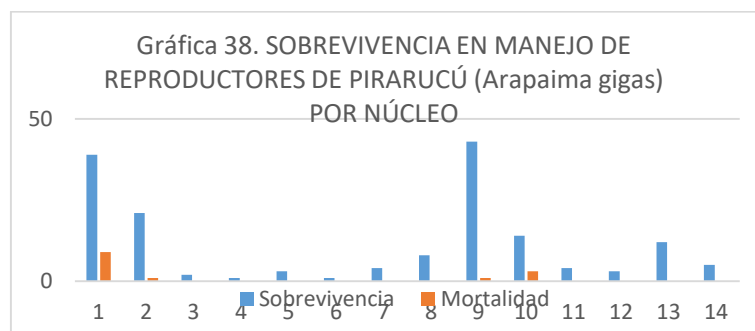
**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

biométricos y peso, por lo cual se procuró posteriormente en los demás núcleos evitar al máximo el estrés de estos individuos acelerando los procesos.

Tabla 2. Mortalidad en los núcleos de reproductores de Pirarucú (*Arapaimas gigas*)

TABLA2. MORTALIDAD EN LOS NUCLEO DE REPRODUCTORES DE PIRARUCÚ ( <i>Arapaima gigas</i> )					
UBICACIÓN	IDENTIFICACION	NUCLEO REPRODUCTIVO	EJEMPLARES MUESTREADOS	MORTALIDAD	% SOBREVIVENCIA
Gigante	N-1	Estación Piscícola del Alto Magdalena	39	9.0	77%
El Doncello	N-2	Estación Piscícola Vai	21	1.0	95%
	N-3	La Esperanza	2		100%
	N-4	Villa María	1		100%
	N-5	Las Hermosas	3		100%
El Paujil	N-6	Neopeces	1		100%
	N-7	Piscícola Las Palmas Caquetá	3		100%
	N-8	Villa Diana	8		100%
Florencia	N-9	AITZ	29	1.0	97%
	N-10	Granja Piscícola Caquetá	14	3.0	79%
	N-11	La Florida	4		100%
	N-12	San Vicente	2		100%
San José del Fragua	N-13	Arapaimas del Fragua	12		100%
	N-14	Seringal El Tesoro	5		100%
<b>MUESTRA POBLACIONAL</b>			<b>144</b>	<b>14.0</b>	<b>90</b>

La gráfica 38 nos permite observar el porcentaje de la sobrevivencia total (90%) de la muestra poblacional en los núcleos de reproductores. Estos eventos determinaron una muestra poblacional de 144, a partir de los cuales de acuerdo a los resultados de identificación sexual y del análisis genético se establecerán las parejas (Tabla 3).



Gráfica 38. Porcentaje de sobrevivencia en cada núcleo de reproductores de *Arapaimas gigas*

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

Tabla 3. Ejemplares por núcleo reproductivo de Pirarucú (*Arapaimas gigas*)

<b>TABLA 3. EJEMPLARES POR NUCLEO REPRODUCTIVO DE PIRARUCÚ (<i>Arapaima gigas</i>)</b>			
<b>UBICACIÓN</b>	<b>IDENTIFICACION</b>	<b>NUCLEO REPRODUCTIVO</b>	<b>NUMERO DE EJEMPLARES</b>
Gigante	N-1	Estación Piscícola del Alto Magdalena	30
El Doncello	N-2	Estación Piscícola Vai	20
	N-3	La Esperanza	2
	N-4	Villa María	1
El Paujil	N-5	Las Hermosas	3
	N-6	Neopeces	1
	N-7	Piscícola Las Palmas Caquetá	3
	N-8	Villa Diana	8
Florencia	N-9	AITZ	28
	N-10	Granja Piscícola Caquetá	11
	N-11	La Florida	4
	N-12	San Vicente	2
San José del Fragua	N-13	Arapaimas del Fragua	12
	N-14	Seringal El Tesoro	5
<b>MUESTRA POBLACIONAL</b>			<b>130</b>

Tabla 4. Longitud total, promedio y edad aproximada por núcleo de reproductores de Pirarucú (*Arapaima gigas*).

### 3.2 MARCACIÓN CON MICROCHIPS INTRADÉRMICOS, TOMA DE DATOS BIOMÉTRICOS (TALLA Y PESO) Y DETERMINACIÓN SEXUAL POR FENOTIPO

#### 3.2.1 Marcación con microchip

El número de individuos que se identificaron mediante la instalación de los microchips fueron 144 en total (tabla 3), de los cuales el 14 están incluidos en la tasa de mortalidad, por causas de manejo durante la labor de fase de campo para la toma de datos biométricos, peso y toma de muestras sanguíneas, de manejo posterior a la fase de campo, de transporte de los ejemplares y otras causas después de muchos meses de la fase de campo. En los anexos 1 al 14 se pueden observar cada uno de los ejemplares por núcleo reproductivo con el número de microchip correspondiente.

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

## 3.2.2 Parámetros biométricos

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de las variables medidas, encontrando algunas correlaciones que servirán de insumo práctico en las unidades productivas, para hacer los análisis junto con el factor de condición K.

## 3.2.2.1 Longitud Total (LT)

El promedio de talla por núcleo reproductivo es de  $163.8 \pm 33.4$  cm, con un coeficiente de variabilidad de los datos del 21% mostrando más homogeneidad comparado con los datos de peso. El promedio de la muestra poblacional es de  $164 \pm 33.34$  cm de longitud total (LT), encontrando un coeficiente de correlación de Pearson entre las variables Longitud Total y Peso igual de 0.98, relación positiva fuerte indicando que a mayor peso (Kg) habrá mayor talla (cm) y viceversa, refleja el crecimiento isométrico de la especie; no sucede lo mismo con la correlación entre longitud total y edad que  $r = 0.45$ , expresando una débil o baja correlación positiva.

<b>TABLA 4. LONGITUD TOTAL PROMEDIO Y EDAD APROXIMADA POR NUCLEO DE REPRODUCTORES DE PIRARUCÚ (<i>Arapaima gigas</i>)</b>					
<b>UBICACIÓN</b>	<b>IDENTIFICACION</b>	<b>NUCLEO REPRODUCTIVO</b>	<b>NUMERO DE EJEMPLARES</b>	<b>LONGITUD PROMEDIO</b>	<b>EDAD APROXIMADA</b>
Gigante	N-1	Estación Piscícola del Alto Magdalena	30	130	ND
El Doncello	N-2	Estación Piscícola Vai	20	141	0± 8 años
	N-3	La Esperanza	2	160	0± 12 años
	N-4	Villa María	1	180	ND
El Paujil	N-5	Las Hermosas	3	174	0± 10 años
	N-6	Neopeces	1	174	0± 10 años
	N-7	Piscícola Las Palmas Caquetá	3	152	0± 7 años
	N-8	Villa Diana	8	137	0± 14 años
Florencia	N-9	AITZ	28	182	0± 8 años
	N-10	Granja Piscícola Caquetá	11	146	0± 5 y 9 años
	N-11	La Florida	4	186	0± 20 años
	N-12	San Vicente	2	169	0± 10 años
San José del Fragua	N-13	Arapaimas del Fragua	12	188	0± 4 y 10 años
	N-14	Seringal El Tesoro	5	122	0± 5 años
<b>MUESTRA POBLACIONAL / PROMEDIO</b>			<b>130</b>	<b>163.0</b>	<b>9.6</b>



## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

La longitud total es una importante variable en las hembras, dado que un ejemplar de mayor longitud puede albergar una gónada de mayor tamaño en el lateral izquierdo del abdomen, la cual puede pesar cerca de 500g hasta un poco más de 2 kg (Franco, 2005), (Cala, 2001).

### 3.2.2.2 Altura Corporal-Diámetro abdominal (AC)

El diámetro abdominal tomado a los ejemplares puede registrar diferencias según la temporada del año, en el entendido que al inicio de las lluvias deberá empezar a aumentar prediciendo alguna actividad de madurez gonadal de las hembras. El muestreo se realizó en pasado el período de reproducción en el departamento del Caquetá, un año con baja pluviosidad y muy pocos reportes de reproducción comparado con el histórico. De acuerdo al análisis estadístico descriptivo se halló una media de  $74 \pm 18$ cm con un coeficiente de variabilidad en los datos de la muestra del 24,7%; 90cm fue el valor mayormente obtenido y 38cm diámetro mínimo y 109cm el diámetro máximo encontrado. El 55% de la muestra tiene un diámetro entre 70-99cm.

Con las medidas tomadas por detrás de las aletas pectorales y antes de las aletas pélvicas en el mayor diámetro abdominal, donde encontramos también las gónadas, se encontró coeficiente de correlación entre las variables peso y talla respecto del diámetro abdominal (ac) positiva de 0.88, que nos permite predecir que ante el aumento de las variables peso y talla, en fase de reabsorción oocítica o descanso reproductivo. La tendencia que se observó fue que animales con talla y peso bajo presentaron perímetro bajo; y al contrario los animales de mayor talla y peso, tuvieron los mayores perímetros.

El promedio de la altura corporal o diámetro abdominal de la muestra poblacional  $n=130$  fue de  $74 \pm 18.18$ cm con una variación de los datos del 24%, muestra homogénea, con medida

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

mínima de 38cm y máxima 109cm. La correlación entre AC y edad es 0.5, indicando un coeficiente de variabilidad moderada entre edad y diámetro abdominal.

Tabla 5. Altura Corporal-Diámetro Abdominal, promedio y edad aproximada por núcleo de reproductores de Pirarucú (*Arapaimas gigas*)

TABLA 5. ALTURA CORPORAL (DIAMETRO ABDOMINAL) PROMEDIO Y EDAD APROXIMADA POR NUCLEO DE REPRODUCTORES DE PIRARUCÚ ( <i>Arapaima gigas</i> )					
UBICACIÓN	IDENTIFICACION	NUCLEO REPRODUCTIVO	NUMERO DE EJEMPLARES	ALTURA CORPORAL	EDAD APROXIMADA
Gigante	N-1	Estación Piscícola del Alto Magdalen	30	59	ND
El Doncello	N-2	Estación Piscícola Vai	20	64	0± 8 años
	N-3	La Esperanza	2	82	0± 12 años
	N-4	Villa María	1	90	ND
El Paujil	N-5	Las Hermosas	3	84	0± 10 años
	N-6	Neopeces	1	75	0± 10 años
	N-7	Piscícola Las Palmas Caquetá	3	72	0± 7 años
	N-8	Villa Diana	8	62	0± 14 años
Florencia	N-9	AITZ	28	90	0± 8 años
	N-10	Granja Piscícola Caquetá	11	71	0± 5 y 9 años
	N-11	La Florida	4	63	0± 20 años
	N-12	San Vicente	2	81	0± 10 años
San José del Fragua	N-13	Arapaimas del Fragua	12	83	0± 4 y 10 años
	N-14	Seringal El Tesoro	5	51	0± 5 años
<b>MUESTRA POBLACIONAL</b>		<b>130</b>	<b>75.1</b>	<b>9.6</b>	

### 3.2.2.3 Peso

En la muestra de reproductores de *Arapaima gigas*, el 47.5% se ubica en el rango entre 30 y 69 Kg, siendo mayormente obtenido pesos entre 30 a 49Kg (26%) (Tabla 6,); este rango coincide con los ejemplares que han tenido eventos reproductivos y no presenta coincidencia con la edad promedio. Se encontró un coeficiente de variación del 56%, lo cual indica que la población muestreada es una población heterogénea, con peso mínimo de 7 Kg y máxima de 102Kg.

La tabla 6 permite observar la heterogeneidad de los datos, oscilaciones respecto a los pesos encontrados en las 17 unidades productivas con peso promedio de la muestra de  $45 \pm 25,61$  Kg,

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

y un coeficiente de variación de la variable correspondiente al 56% hacia arriba o abajo en la curva. Los núcleos estuvieron compuestos entre 1 ejemplar hasta 28 ejemplares, de acuerdo a la disponibilidad de reproductores mayores de 4 años.

Tabla 6. Peso, promedio y edad aproximada por núcleo de reproductores de Pirarucú (*Arapaimas gigas*)

TABLA 6. PESO PROMEDIO Y EDAD APROXIMADA POR NUCLEO DE REPRODUCTORES DE PIRARUCÚ ( <i>Arapaima gigas</i> )						
UBICACIÓN	IDENTIFICACION	NUCLEO REPRODUCTIVO	NUMERO DE EJEMPLARES	PESO PROMEDIO	BIOMASA TOTAL	EDAD APROXIMADA
Gigante	N-1	Estación Piscícola del Alto Magdalena	30	24.5	735.6	ND
El Doncello	N-2	Estación Piscícola Vai	20	28.9	577.5	0± 8 años
	N-3	La Esperanza	2	68.3	136.7	0± 12 años
	N-4	Villa María	1	50.0	50.0	ND
El Paujil	N-5	Las Hermosas	3	55.7	167.1	0± 10 años
	N-6	Neopeces	1	41.5	41.5	0± 10 años
	N-7	Piscícola Las Palmas Caquetá	3	35.0	105.0	0± 7 años
	N-8	Villa Diana	8	31.7	253.3	0± 14 años
Florencia	N-9	AITZ	28	66.0	1848.2	0± 8 años
	N-10	Granja Piscícola Caquetá	11	37.8	415.6	0± 5 y 9 años
	N-11	La Florida	4	73.3	293.0	0± 20 años
	N-12	San Vicente	3	47.7	143.0	0± 10 años
San José del Fragua	N-13	Arapaimas del Fragua	12	66.6	799.0	0± 4 y 10 años
	N-14	Seringal El Tesoro	4	14.0	56.0	0± 5 años
<b>MUESTRA POBLACIONAL / PROMEDIO</b>		<b>130</b>	<b>48.2</b>	<b>428.1</b>	<b>9.6</b>	

Entre las variables, edad y peso, se encuentra una correlación de 0.5 lo cual indica que hay una correlación positiva media, hipotéticamente el peso de los ejemplares se debe, más al manejo que reciben los parentales y no a la edad de los mismos. En la muestra poblacional, hay animales de ±14 años con 31,7 Kg (n-8) y de ±7 años con 35Kg (n-7), junto a animales de ±4 años con 23Kg (n-15) o 14Kg con ±5 años; pesos muy dispersos no homogéneos, por lo cual será necesario verificar en próximos trabajos, si esta variable depende de los diferentes manejos dados en las Unidades Productivas.

### 3.2.2.4 Factor de Condición de Fulton (K)

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

Las variables peso (W) y talla (L), son el insumo para determinar el Factor de Condición de Fulton, K, que permite determinar la mejor “condición” o “bienestar” de una muestra poblacional (Froese 2006). El Factor de Condición de Fulton (K), es un parámetro técnico que se utiliza para el análisis de relación Peso (Kg) / Longitud Total<sup>3</sup> (cm) condición donde  $K \leq 1$  denota un animal esbelto, K: 1.2-1.3 normales y  $K: \geq 1.3$  rollizo. Para el cálculo de este índice se asume un crecimiento isométrico de los individuos, esto solo ocurre cuando las longitudes son iguales (Ranney et al., 2010).

De acuerdo a la tabla 7, al analizar el índice K en n=130, se obtuvo un promedio K de la muestra de  $1.07 \pm 0.22$ , o una variabilidad de los datos del 21% considerada como muestra homogénea, con K mínimo de 0.61 y máximo de 1.87. Debido a los datos atípicos (muy alejados en la curva) la mediana corresponde a 1.02, sin embargo, al cuantificar los valores por rangos como propone Ranney, 2010, el 48% de la muestra expresa déficit de condición (Froese, 2066), el 44% expresa bienestar de acuerdo a lo observado en los núcleos reproductivos y un pequeño grupo de 12 animales, el 8% de la muestra están obsesos.

Se tomó un rango de análisis del 3% en los animales que se ubicaron en los extremos de longitud, peso y AC, en estos, el 100% de los reproductores con mayor y menor longitud presentan un bajo índice de condición, de la misma manera los animales muestreados con pesos bajo. En la variable AC o diámetro abdominal se encontró coeficiente de correlación de Pearson de 0.095, corroborando lo observado.

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

Tabla 7 Factor de condición de Fulton (K), promedio y edad aproximada por núcleo de reproductores de Pirarucú (*Arapaima gigas*)

TABLA 7. ALTURA CORPORAL (DIAMETRO ABDOMINAL) PROMEDIO Y EDAD APROXIMADA POR NUCLEO DE REPRODUCTORES DE PIRARUCÚ ( <i>Arapaima gigas</i> )					
UBICACIÓN	IDENTIFICACION	NUCLEO REPRODUCTIVO	NUMERO DE EJEMPLARES	FACTOR DE CONDICIÓN K	EDAD APROXIMADA
Gigante	N-1	Estación Piscícola del Alto Magdalena	30	0.91	ND
El Doncello	N-2	Estación Piscícola Vai	20	0.99	0± 8 años
	N-3	La Esperanza	2	1.51	0± 12 años
	N-4	Villa María	1	0.86	ND
El Paujil	N-5	Las Hermosas	3	1.09	0± 10 años
	N-6	Neopeces	1	0.89	0± 10 años
	N-7	Piscícola Las Palmas Caquetá	3	1.04	0± 7 años
	N-8	Villa Diana	8	1.16	0± 14 años
Florencia	N-9	AITZ	28	0.98	0± 8 años
	N-10	Granja Piscícola Caquetá	11	1.28	0± 5 y 9 años
	N-11	La Florida	4	1.13	0± 20 años
	N-12	San Vicente	3	1.03	0± 10 años
San José del Fragua	N-13	Arapaimas del Fragua	12	1.07	0± 4 y 10 años
	N-14	Seringal El Tesoro	4	0.74	0± 5 años
<b>MUESTRA POBLACIONAL</b>			<b>130</b>	<b>1.07</b>	<b>9.6</b>

### 3.2.2 Determinación sexual por fenotipo

Se hizo observación en la presencia o ausencia de la coloración rojiza de las escamas ventrales y laterales, con el objetivo de revisar alguna coincidencia entre esta pigmentación y los niveles de 11K Testosterona o 17β Estradiol de cada ejemplar. De manera concluyente se determinó macho cuando la pigmentación ascendía hasta el opérculo, de lo contrario, la categoría sería hembra. Se debe tener en cuenta que la temporada de reproducción (enero – mayo) estaba concluyendo y eso debe afectar la pigmentación que no se puede confirmar en este trabajo

### 3.3 TOMA DE MUESTRAS DE PLASMA SANGUÍNEO PROCESADAS CON KIT DE ELISA-INMUNOENSAYO PARA 11 KETOTESTOSTERONA Y 17 BETA ESTRADIOL PARA IDENTIFICACIÓN DE SEXOS

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

En laboratorio a partir de los contenidos plasmáticos (crioviales rotulados) se procedió a obtener la concentración de 17 $\beta$  estradiol y 11K testosterona de cada ejemplar. Para definir una hembra o un macho, se realiza por mayor concentración, en relación 17 $\beta$  estradiol:11K testosterona, siendo la relación óptima para hembras de 1 parte de 11K testosterona por 2.5-3 de 17 $\beta$  estradiol, pues esta dará un valor de confianza elevado, por lo tanto, para definir que un ejemplar es macho, este individuo presentará una relación muy cercana a 1 parte de 17 $\beta$  estradiol por 2.5-3 partes de 11K testosterona. De esta manera, en la tabla 8 se relacionan las concentraciones promedio de los ejemplares que componen cada núcleo reproductivo, se pueden observar los niveles promedio por núcleo reproductivo, en los cuales los niveles de estrógenos estuvieron levemente más elevados y un poco más homogéneos. No se encontró correlación entre los niveles de 11 $\beta$  Estradiol o 11K Testosterona respecto de la edad de los animales, sin embargo, se notaron concentraciones muy bajas de los 2 esteroides sexuales en ejemplares de más de 10 años.

Tabla 8. Concentración promedio esteroides sexuales y edad aproximada por núcleo de reproductores de Pirarucú (*Arapaimas gigas*)

TABLA 8. CONCENTRACIÓN PROMEDIO ESTEROIDES SEXUALES Y EDAD APROXIMADA POR NUCLEO DE REPRODUCTORES DE PIRARUCÚ ( <i>Arapaima gigas</i> )						
UBICACIÓN	IDENTIFICACION	NUCLEO REPRODUCTIVO	NUMERO DE EJEMPLARES	CONCENTRACIÓN PROMEDIO 17 $\beta$ ESTRADIOL (ng/ml)	CONCENTRACIÓN PROMEDIO 11K TESTOSTERONA (ng/ml)	EDAD APROXIMADA
Gigante	N-1	Estación Piscícola	30	295	258	ND
El Doncello	N-2	Estación Piscícola	20	150	130	0 $\pm$ 8 años
	N-3	La Esperanza	2	117	70	0 $\pm$ 12 años
	N-4	Villa María	1	185	28	ND
El Paujil	N-5	Las Hermosas	3	270	445	0 $\pm$ 10 años
	N-6	Neopeces	1	64	27	0 $\pm$ 10 años
	N-7	Piscícola Las Palm	3	273	184	0 $\pm$ 7 años
	N-8	Villa Diana	8	156	227	0 $\pm$ 14 años
Florencia	N-9	AITZ	28	228	331	0 $\pm$ 8 años
	N-10	Granja Piscícola	11	158	191	0 $\pm$ 5 y 9 años
	N-11	La Florida	4	519	164	0 $\pm$ 20 años
	N-12	San Vicente	2	72	147	0 $\pm$ 10 años
San José del Fragua	N-13	Arapaimas del Fra	12	231	165	0 $\pm$ 4 y 10 años
	N-14	Seringal El Tesoro	5	203	106	0 $\pm$ 5 años
<b>MUESTRA POBLACIONAL / PROMEDIO</b>			<b>130</b>	<b>209</b>	<b>177</b>	<b>9.6</b>

## CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

Los promedios de  $17\beta$  estradiol y 11K testosterona encontrado en las hembras fue de 397ng/ml y 106ng/ml proporcionalmente; y en machos fue de 82ng/ml y 337 ng/ml respectivamente, promedio que sugiere que la relación 1:3 para determinar hembras o machos se cumple, sin embargo, cuando se revisan en detalle los datos se encuentran ejemplares con 2.7ng/ml mínimo de  $17\beta$  estradiol y 478 11K testosterona, un macho con niveles muy diferenciados de su género, lo cual da mucha confiabilidad en el dato. Igualmente se encontró el valor mínimo de 11K testosterona en 13.3 frente a 21 ng/ml de  $17\beta$  estradiol, en un mismo ejemplar de aproximadamente 8 años en regulares condiciones de nutrición y de manejo en general, sin eventos reportados.

Entonces, cuando se detallaron los valores de las concentraciones de cada ejemplar, se determinaron posibles hembras como hembras, y posibles machos como machos, dado que en algunos casos la relación de 2 o 3 veces inversamente proporcional no se cumplió, en estos casos, por mayor concentración se definió, a pesar de encontrar algunos ejemplares con valores muy bajos de testosterona y de estradiol. La correlación encontrada entre las concentraciones hormonales o frente a las demás variables medidas fue positiva muy débil entre 11K Testosterona y Longitud Total, Peso y Altura corporal medido como perímetro abdominal,  $r=0.23$ ,  $0.24$  y  $0.30$  respectivamente. Esta última correlación sorprende porque en las hembras hay ausencia de correlación,  $0.09$ ,  $0.07$  y  $0.04$  respecto de las mismas variables, entendiéndose que son variables independientes  $17\beta$  estradiol, peso, talla. Altura corporal, factor de condición K y edad.

Al correlacionar los valores de  $17\beta$  estradiol con los datos obtenidos de 11K testosterona, se encuentra asociación positiva débil entre esta última de  $r=0.32$  y  $17\beta$  estradiol; y ninguna correlación entre los valores de  $17\beta$  estradiol y 11K testosterona. Todo esto indica que para poder determinar machos y hembras es necesario correr las 2 pruebas para cada individuo pues no es posible predecir en la curva algún valor por la ausencia o presencia débil en la correlación entre los 2 esteroides sexuales.

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

Con las salvedades anunciadas anteriormente se relaciona en la tabla 16, la cantidad de hembras y machos determinados por núcleo reproductivo y en general en la muestra poblacional, en una proporción de 44 hembras y 56 machos, (ver anexos 1 al 14) encontrándose tan solo el 35% de poblaciones en equilibrio sexual. En todas las unidades productivas o núcleos reproductivos es indicado un ajuste de la dieta donde el recurso biológico esté en abundancia y el alimento balanceado sea un suplemento y vehículo para proporcionar inmunoestimulantes (antiparasitarios), vitaminas y minerales que estén ausentes en la dieta y en el medio acuático; adicionalmente es necesario realizar una revisión al manejo de los estanques donde por años mantienen estos ejemplares sin preparación de espacios con mejores condiciones, y por último con la misma importancia, es necesario realizar un flushing a los parentales cuando acaba el período de apareamiento y cría, nivelando dieta y permitiendo la estimulación endocrina al compartir con más pares.

Tabla 9. Determinación sexual por esteroides sexuales y edad aproximada por núcleo de reproductores de Pirarucú (*Arapaima gigas*)

<b>TABLA 9. DETERMINACIÓN SEXUAL POR ESTEROIDES SEXUALES Y EDAD APROXIMADA POR NUCLEO DE REPRODUCTORES DE PIRARUCÚ (<i>Arapaima gigas</i>)</b>				
<b>UBICACIÓN</b>	<b>IDENTIFICACION</b>	<b>NUMERO DE EJEMPLARES</b>	<b>DETERMINACIÓN SEXUAL</b>	
			<b>HEMBRAS</b>	<b>MACHOS</b>
Gigante	N-1	30	12	18
El Doncello	N-2	20	12	8
	N-3	2	2	0
	N-4	1	1	0
El Paujil	N-5	3	2	1
	N-6	1	0	1
	N-7	3	2	1
	N-8	8	4	4
Florencia	N-9	28	10	18
	N-10	11	5	6
	N-11	4	3	1
	N-12	2	0	2
San José del Fragua	N-13	12	6	6
	N-14	5	4	1
<b>MUESTRA POBLACIONAL / PROMEDIO</b>		<b>130</b>	<b>63</b>	<b>67</b>



**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

## BIBLIOGRAFÍA

- Chu-Koo, F., Dugué, R., Alván Aguilar, M., Casanova Daza, A., Alcántara Bocanegra, F., Chávez Veintemilla, C., Nuñez, J. (2009). Gender determination in the Paiche or Pirarucu (*Arapaima gigas*) using plasma vitellogenin,  $17\beta$ -estradiol, and 11-ketotestosterone levels. *Fish Physiology and Biochemistry*, 35(1), 125–136. <https://doi.org/10.1007/s10695-008-9211-8>
- Chu Koo, F.; Fenandez, M. C.; Rebaza, A. C.; Darias, M. J.; Garcia, D. C.; Garcia, V. A.; Tello, S.M.; Campos, B. L.; Alvan, A. M.; Ayarza, R. J.; François, R. J.; Arbildo, O. H. & Arevalo, LL. L. (2017). *El cultivo del Paiche biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas*. Iquitos, Loreto - Perú. Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/249331872.pdf>
- Elías, J., Salazar, L., Delgado, C. E., Bacteriólogo, J., En Calidad Y Magister En Epidemiología, E., Ester, N., ... Marin, R. (2018). LA REPRODUCCIÓN DEL ARAPAIMA GIGAS: REVISIÓN SISTEMÁTICA. *Revista Sinergia*, 2(2), 96–109. Retrieved from <http://sinergia.colmayor.edu.co/ojs/index.php/Revistasinergia/article/view/39>
- GONCALVES DE OLIVEIRA, S. E (2016). *MANEJO DA REPRODUÇÃO DO PIRARUCU (Arapaima gigas) NA PISCICULTURA BOA ESPERANÇA, NO ESTADO DE RONDÔNIA, BRASIL*. Universidade Brasil Campus Descalvado, Descalvado, Brasil. Retrieved from [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=4273768](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4273768)
- Lalupú-Correa, D. J. (2019). *CRECIMIENTO DE Arapaima gigas (CUVIER 1829) "PAICHE" CULTIVADO A DOS DENSIDADES, FASE JUVENIL EN ESTANQUES DE TIERRA, EN LAS LOMAS - PIURA – PERÚ*. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- Monteiro, L. B. B., do Carmo Figueredo Soares, M., Catanho, M. T. J., & Honczaryk, A. (2010). Reproductive aspects and sexual steroids hormonal profiles of pirarucu, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822), in captivity conditions. *Acta Amazonica*, 40(3), 435–450. <https://doi.org/10.1590/s0044-59672010000300004>
- Núñez-Rodríguez, J.; Geffard, M. & Le Men. (1989). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) for sole vitellogenin Immune function in pre-and postnatal depression View project Chronic Fatigue Syndrome (ME/CFS): pathophysiology View project. *Comp. Biochem Physiol.*, 92B(4), 741–746. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(89\)90260-5](https://doi.org/10.1016/0305-0491(89)90260-5)
- Núñez, J., Dugué, R., Alván-Aguilar, M., Duponchelle, F., Renno, J. F., Chávez, C. & Chu-Koo, F. (2011, October 30). Avances en el sexaje del paiche o pirarucu. *Biología de Las Poblaciones de Peces Amazónicos y Piscicultura. Comunicaciones Del Segundo Coloquio Internacional de La Red de Investigación Sobre La Ictiofauna Amazónica*

**CONVENIO N° 208 – 2019 CELEBRADO ENTRE AUNAP Y ACUICA**

**OBJETIVO GENERAL:** Establecer mediante el sexaje y la selección con criterios genéticos poblacionales un stock de reproductores de pirarucú (*Arapaima gigas*) en el Departamento de Caquetá

(*RIIA*), 143–149.

- Ramírez-Arrate, P.; Núñez-Rodríguez, J. & Chu-Koo, F. (2014). Determinación del sexo en arahuana *Osteoglossum bicirrhosum* mediante la detección de los niveles plasmáticos de vitelogenina - Dialnet. *Dialnet*, 4(2), 151–159. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5072908>
- Ramírez, A. P. (2013). *Efecto de dos inductores hormonales en la reproducción de Osteoglossum bicirrhosum Vandelli, 1829 “arahuana” en ambientes controlados.* . Universidad Nacional de la Amazonia Peruana , Iquitos - Perú. Retrieved from [http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/171/1/2013\\_Ramirez\\_Efecto-de-dos-inductores.pdf](http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/171/1/2013_Ramirez_Efecto-de-dos-inductores.pdf)
- Sánchez, I.; Mejía, F.; Huanuiri, K.; Vásquez, J.; Gonzales, C. & Fernández-Méndez. (2017). RESPUESTA HEMATOLÓGICA Y BIOQUÍMICA EN JUVENILES DE PAICHE *Arapaima gigas* SOMETIDOS A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE AMONIO. *Folia Amazónica*, 26(1), 51–58. Retrieved from <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/418/489>
- Yance-Flores, B. A. (2020). “*EVALUACIÓN DE HARINA DE SUBPRODUCTO AVÍCOLA EN REEMPLAZO DE HARINA DE PESCADO PARA DIETAS DE INICIO DE PAICHE (Arapaima gigas)*”. Universidad Nacional Agraria la Molina , Lima, Perú .