

**EVALUACION DE LA DENSIDAD Y ALIMENTACION EN EL DESEMPEÑO  
REPRODUCTIVO DEL PIRARUCU *Arapaima gigas* EN CAUTIVERIO**

Hugo Hernán Franco Rojas

Trabajo presentado como requisito para optar por título de:

**Magíster en Estudios Amazónicos**

Director:

VÍCTOR JULIO ATENCIO MSc

Universidad de Córdoba

Centro de Investigación Piscícola - CINPIC

Co-director

SANTIAGO R. DUQUE MSc

Universidad Nacional de Colombia, Sede Amazonia

Instituto Amazónico de Investigaciones - Imani

Línea: Ecología, biodiversidad y conservación

CONVENIO  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE AMAZONIA  
UNIVERSIDAD DE LA AMAZONIA  
FLORENCIA – CAQUETÁ  
2011

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar debo agradecer a toda mi familia, en especial a mis padres por su apoyo incondicional durante todos estos años de aprendizaje y arduo trabajo que hemos desarrollado con nuestros peces amazónicos.

A la Universidad de la Amazonia, Piscícola Pirarucú, Piscícola Las Andreas y Piscícola Arapaimas del Fragua por disponibilizar por casi dos años el área en espejo de agua y los reproductores de Pirarucú que requirió esta investigación y sin los cuales no habría sido posible el desarrollo de la misma.

A los profesores Santiago Duque de la Universidad Nacional de Colombia sede Amazonia y Víctor Atencio García de la Universidad de Córdoba por su gran colaboración y aporte en la dirección de este proceso de formación.

Al profesor Marlon Peláez por su apoyo en la gestión y coordinación de la maestría desde la Universidad de la Amazonia, quien también me ha acompañado en todo este proceso de formación académica.

A Viviana Cárdenas, Alexander López y Eric Argumedo, quienes cedieron parte de las fotos utilizadas en este documento, quienes además apoyaron diferentes fases de campo durante la investigación.

Al docente de la Universidad de la Amazonia Alexander Velásquez y al estadístico de la Universidad de Córdoba Osnamir Elias Bru por el apoyo en el desarrollo de los análisis estadísticos.

A mi novia Sandra Cuellar por acompañarme y apoyarme en las buenas y en las malas y por darme aliento en los momentos difíciles que me incentiva a seguir adelante.

Y finalmente a todos mis compañeros de la maestría en Florencia en especial a Mónica Celis y Mirtha Alape con quienes hemos vivido momentos inolvidables en lo académico y personal gracias a esta maestría.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	2
TABLA DE CONTENIDO .....	4
LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE TABLAS .....	9
LISTA DE ANEXOS.....	10
INTRODUCCION.....	12
HIPOTESIS.....	15
OBJETIVOS .....	15
OBJETIVO GENERAL .....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	15
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	16
<b>CAPITULO 1</b>	
<b>DENSIDAD DE SIEMBRA Y TASA DE ALIMENTACIÓN EN EL DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE PIRARUCÚ</b> <i>Arapaima gigas</i> EN ESTANQUES PISCÍCOLAS.....	18
<b>RESUMEN .....</b>	<b>18</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>20</b>
<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>22</b>
<i>Unidades experimentales y manejo de reproductores.....</i>	<i>22</i>
<i>Producción de peces forrajeros.....</i>	<i>24</i>
<b>DISEÑO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>24</b>
<i>Piscícola Uniamazonia - Pirarucú (Florencia).....</i>	<i>26</i>
<i>Piscícola Pirarucú (Florencia, Caquetá).....</i>	<i>26</i>
<i>Piscícola Las Andreas (Valparaíso, Caquetá) .....</i>	<i>26</i>
<i>Piscícola Arapaimas del Fragua (San José del Fragua, Caquetá).....</i>	<i>26</i>
<b>DESEMPEÑO REPRODUCTIVO .....</b>	<b>27</b>
<b>CRECIMIENTO.....</b>	<b>27</b>
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>29</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
<b>DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
<b>CAPITULO 2</b>	
<b>MANEJO ZOOTÉCNICO DE ALEVINOS DE PIRARUCÚ EN CAUTIVERIO.....</b>	<b>44</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>44</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>44</b>
<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>46</b>
<b>MANEJO DE ALEVINOS .....</b>	<b>46</b>
<i>Características y adecuación de la sala de manejo de alevinos de A. gigas.....</i>	<i>46</i>
<i>Captura de Alevinos .....</i>	<i>47</i>
<i>Alimentación y entrenamiento alimentario .....</i>	<i>49</i>
<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....</b>	<b>53</b>

<b>RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>54</b>
<b>CAPITULO 3</b>	
<b>INFLUENCIA DEL FACTOR AMBIENTAL PARA LA REPRODUCCIÓN DEL PIRARUCÚ EN CAUTIVERIO .....</b>	<b>59</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>59</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>60</b>
<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>61</b>
<b>CALIDAD DEL AGUA EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES.....</b>	<b>61</b>
<b>ANALISIS ESTADISTICO .....</b>	<b>61</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>62</b>
<b>PRECIPITACION.....</b>	<b>62</b>
<b>BRILLO SOLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>CALIDAD DE AGUA.....</b>	<b>63</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>76</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Reproductor hembra de Pirarucú de siete años de edad, criado en la Estación Piscícola de la Universidad de la Amazonia en Florencia, Caquetá (foto Hugo Franco). ..... 12
- Figura 2. Tilapias, utilizadas como peces forrajeros (izquierda) y forma de acopio (derecha) para el suministro semanal ofrecido a los reproductores de Pirarucú..... 23
- Figura 3. Muestreo en las unidades experimentales a. Captura, b. registro de peso, c. registro de longitud total (talla) y d. retorno al estanque ..... 24
- Figura 4. Dimorfismo sexual en reproductores de Pirarucú, nótese en el macho (A) la coloración rojo-naranja en la región del opérculo branquial (flecha); mientras que en hembra (B) esta coloración está ausente (flecha). Fotografía Hugo Franco..... 29
- Figura 5. Piletas de levante (izquierda concreto 2.500 litros y derecha plástica de 1.000 litros) utilizadas para el manejo de alevinos de Pirarucú (foto Hugo Franco). ..... 46
- Figura 6. Observación de reproductor de Pirarucú (macho) con sus crías (flechas). Obsérvese el color oscuro del macho (♂) (foto. Eric Argumedo) ..... 48
- Figura 7. Captura de alevinos de Pirarucú en los estanques donde se desarrollo la investigación (foto. Hugo franco) ..... 48
- Figura 8. Tamaño de alevinos recién capturados ..... 49
- Figura 9. Captura de zooplancton silvestre en estanques. a. Utilizando una malla con ojo de 100 µm de 2x1 metros, b. utilizando jama planctonera de 40 cm de diámetro y ojo de malla de 100 µm, c. tamizaje y limpieza del zooplancton capturado, d. suministro del zooplancton a los alevinos de Pirarucú. (Fotos Alexander López) ..... 50
- Figura 10. Filtración de *Artemia* desencapsulada suministrada a los alevinos de Pirarucú. (Izquierda, quistes desencapsulados, derecha, *Artemia* eclosionada; foto Viviana Cárdenas)..... 51
- Figura 11. Alimentación de los alevinos de Pirarucú en laboratorio. a. alimento concentrado al 45% de proteína mezclada con zooplancton b. zooplancton utilizado como alimento vivo para la dieta de los alevinos de Pirarucú c. suministro de la mezcla zooplancton-concentrado a los juveniles de Pirarucú, d. suministro del alimento utilizando el comedero (fotos. Hugo Franco y Alexander López) ..... 51

Figura 12. Alimentación de los alevinos de Pirarucú en laboratorio. a. alimento concentrado comercial al 45% de proteína extrudizado a 2mm mezclado con concentrado en polvo b. gupis utilizados como alimento vivo para la dieta de los alevinos de Pirarucú c. suministro de la mezcla concentrado polvo-extruder a los juveniles de Pirarucú, d. suministro del alimento utilizando los alimentadores (fotos Hugo Franco y Alexander López).....	53
Figura 13. Precipitación y número de crías producidas para los meses indicados. Obsérvese que al incrementarse la precipitación y al llegar los niveles a 250 mm/mes, se inician las reproducciones, hecho que no se presenta en los niveles altos de precipitación ni en los descensos. ....	62
Figura 14. Promedios mensuales de brillo solar en horas registrados por el IDEAM para los años 2008-2010 .....	63
Figura 15. Registros de pH promedio mensual y desviación estándar para los tratamientos desarrollados en la investigación durante su tiempo de desarrollo .....	64
Figura 16. Registros de pH promedio mensual y número de alevinos cosechados por mes para la investigación durante su tiempo de desarrollo. ....	65
Figura 17. Registros de Temperatura (°C) promedio mensual y desviación estándar para los tratamientos desarrollados en la investigación durante su tiempo de desarrollo .....	66
Figura 18. Registros de Temperatura (°C) promedio mensual y número de alevinos cosechados por mes para la investigación durante su tiempo de desarrollo. ....	67
Figura 19. Registros de Alcalinidad (mg/l) promedio mensual y desviación estándar para los tratamientos desarrollados en la investigación durante su tiempo de desarrollo .....	68
Figura 20. Registros de Alcalinidad (mg/l) promedio mensual y número de alevinos cosechados por mes para la investigación durante su tiempo de desarrollo. ....	69
Figura 21. Registros de Dureza (mg/l) promedio mensual y desviación estándar para los tratamientos desarrollados en la investigación durante su tiempo de desarrollo .....	70
Figura 22. Registros de Dureza (mg/l) promedio mensual y número de alevinos cosechados por mes para la investigación durante su tiempo de desarrollo. ....	71
Figura 23. Registros de Oxígeno (mg/l) promedio mensual y desviación estándar para los tratamientos desarrollados en la investigación durante su tiempo de desarrollo .....	72

Figura 24. Registros de Oxígeno (mg/l) promedio mensual y número de alevinos cosechados por mes para la investigación durante su tiempo de desarrollo. ....	73
Figura 25. Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales y número de crías de los estanques utilizados para el manejo de los reproductores de Pirarucú, para los dos primeros ejes. La x corresponde a la fecha de los registros analizados enunciados en el anexo 21. ....	75
Figura 26. Promedio histórico mensual de precipitaciones (mm) en la zona de Leticia ( $\pm$ Desviación estándar; IDEAM 1973 – 2004, Leticia) (Adaptado de López-Casas 2007). ....	80
Figura 27. Meses en los que los pescadores reportan observar hembras de Pirarucú con ovocitos en sus gónadas y el desove para los lagos de Tarapoto en Puerto Nariño-Amazonas (Tomado de López-Casas 2007) ....	80



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores promedio ( $\pm$ desviación estándar) de crecimiento por sexo y por pareja de reproductores de Pirarucú sometidos a dos densidades de siembra y dos tasas de alimentación. IP, incremento de peso; IT, incremento de talla; TCE, tasa de crecimiento específico; K, factor de condición.....	31
Tabla 2. Valores promedio ( $\pm$ desviación estándar) de número de reproducciones (N° Rep) y número de crías (N° Crías) de parejas de reproductores de Pirarucú sometidos a dos densidades de siembra y dos tasas de alimentación.....	33
Tabla 3. Registro de reproducciones de Pirarucú en el departamento del Caquetá en cautiverio desde 2001 hasta el 2010 (adaptado de Franco & Peláez 2007).* datos del presente estudio .....	36
Tabla 4. Valores promedio de alevinos de Pirarucú cosechados por cada unidad experimental teniendo en cuenta su procedencia; peso inicial en gramos (Pi), peso final (Pf), talla inicial (Ti) y talla final (Tf); número de crías (N° crías) cosechadas, número de crías vivas (N° vivas) luego del alevinaje por 45 días y el porcentaje de sobrevivencia (sobrev) de cada lote de alevinos.....	54
Tabla 5. Valores propios de los Componentes Principales efectuado a las variables ambientales y número de crías de los estanques utilizados para el manejo de los reproductores de Pirarucú, teniendo en cuenta los siete primeros ejes.....	74
Tabla 6. Histórico, periodo y número de reproducciones en cautiverio de Pirarucú ( <i>Arapaima gigas</i> ) presentadas en el departamento del Caquetá (adaptado de Franco & Peláez 2007) .....	78

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Vista de un Pirarucú adulto ( <i>Arapaima gigas</i> ).....	95
Anexo 2. Aparato reproductor del Pirarucú. (hembra izquierda, macho derecha).....	95
Anexo 3. Alevinos de Pirarucú de 2,5 cm cosechados en la primera reproducción de 2010. ....	96
Anexo 4. Registros de talla (cm) por individuo (código chip) en hembras y machos de los reproductores de <i>A. gigas</i> utilizados en la investigación. ....	97
Anexo 5. Registros de peso (kg) por individuo (código chip) en hembras y machos de los reproductores de <i>A. gigas</i> utilizados en la investigación. ....	98
Anexo 6. Valores de Incremento en peso por unidad experimental.....	98
Anexo 7. Valores de Incremento en peso por sexo (machos).....	99
Anexo 8. Valores de Incremento en peso por sexo (hembras).....	99
Anexo 9. Valores de Incremento en talla por unidad experimental .....	99
Anexo 10. Valores de Incremento en talla por sexo (machos) .....	100
Anexo 11. Valores de Incremento en talla por sexo (machos) .....	100
Anexo 12. Valores de tasa de crecimiento específico por unidad experimental.....	100
Anexo 13. Valores de tasa de crecimiento específico por sexo (machos).....	101
Anexo 14. Valores de tasa de crecimiento específico por sexo (hembras).....	101
Anexo 15. Valores de factor de condición por unidad experimental .....	101
Anexo 16. Valores de factor de condición por sexo (machos) .....	102
Anexo 17. Valores de factor de condición por sexo (hembras) .....	102
Anexo 18. Valores de número de crías por unidad experimental .....	102
Anexo 19. Valores de número de reproducciones por unidad experimental .....	103
Anexo 20. Registros en hembras (♀) y machos (♂) de peso en kg (P) y talla en cm (T) inicial (i) y final (f) por reproductor y por repetición en cada tratamiento de la investigación.....	103
Anexo 21. Registros mensuales promedio, máximo y mínimo (max-min), desviación estándar (Ds) y coeficiente de variación (Cv) de calidad de agua (pH, T°C, Alcalinidad, Oxígeno y Dureza), promedio de	

precipitación y brillo solar y producción de alevinos para el periodo de estudio.....	104
Anexo 22. Promedios mensuales en mm de precipitación para los años 2008-2010....	105
Anexo 23. Promedios mensuales en horas de brillo solar para los años 2008-2010.....	105
Anexo 24. Registros mensuales promedio y desviación estándar (ds) por tratamiento de calidad de agua (pH, T°C) para el periodo de estudio.....	106
Anexo 25. Registros mensuales promedio y desviación estándar (ds) por tratamiento de calidad de agua (Alcalinidad, Oxígeno) para el periodo de estudio. ....	107
Anexo 26. Registros mensuales promedio y desviación estándar (ds) por tratamiento de calidad de agua (Dureza) para el periodo de estudio. ....	108

## INTRODUCCION

*Arapaima gigas*, nativo de la cuenca amazónica es uno de los peces de agua dulce de mayor tamaño del mundo, es llamado Paiche en Perú y Pirarucú en Brasil y Colombia (figura 1); puede alcanzar hasta 3 m de longitud total y un promedio de 200 Kg de peso (Rebaza *et al.* 1999). Su hábitat son los lagos de las planicies de inundación de la cuenca amazónica, ambientes acuáticos heterogéneos, con fluctuaciones en tiempo y espacio que ofrecen un amplio espectro de hábitats y micro hábitats para la vida de las especies de peces (López-Casas 2007).



**Figura 1.** Reproductor hembra de Pirarucú de siete años de edad, criado en la Estación Piscícola de la Universidad de la Amazonia en Florencia, Caquetá (foto Hugo Franco).

*A. gigas* pertenece a la familia Osteoglossidae, grupo de peces primitivos que congrega un pequeño número de especies caracterizadas por la osificación de la lengua, la cual actúa como un órgano accesorio en la trituración del alimento. Esta especie existe

desde el período Cretácico y se cree que descende de primitivos peces óseos (Lundberg & Chernoff 1992). A esta misma familia pertenece la Arawana *Osteoglossum bichirrossum* que al igual que el Pirarucú tiene importancia como pez ornamental y para consumo, especies con sobrepesca y en peligro de extinción (Guerra *et al.* 2002, Mojica *et al.* 2002). Para reducir la sobrepesca ejercida sobre Pirarucú se han desarrollado protocolos para su producción en cautiverio.

La reproducción de esta especie ha sido reportada en condiciones controladas por Fontenele (1948), Pereira-Filho *et al.* (2002) en Brasil y por Rebaza *et al.* (1999) y Guerra (2002) en el Perú; en Colombia se tiene conocimiento de reproducción en cautiverio en Leticia con ejemplares adultos extraídos del medio natural (Sanabria *et al.* 2005) y en el Caquetá con ejemplares criados en estanques desde etapas juveniles (Franco & Peláez 2007).

Sin embargo la carencia de información sobre su biología y de manejo de reproductores, como niveles de alimentación y densidad de siembra, ha dificultado obtener reproducciones regulares de Pirarucú en cautiverio, desconociéndose las condiciones zootécnicas adecuadas para definir una producción estable y continua de alevinos en cautiverio (Franco & Peláez 2007).

Los reportes existentes en la literatura sobre el manejo de reproductores para la obtención de crías producidas en cautiverio no son claros y confiables para lograr su reproducción en cautiverio (Honzaryk & Monteiro 2005). Por lo que la disponibilidad

de juveniles de Pirarucú es escasa, tanto para el fomento de producciones comerciales de carne como para programas de repoblamiento e incluso para las mismas investigaciones en toda la Amazonia, limitando de este modo el aprovechamiento de este recurso promisorio (Pereira-Filho *et al.* 2002).

Considerando lo anteriormente expuesto, este estudio tiene por objeto contribuir con información que permita avanzar en la reproducción en cautiverio, evaluando su desempeño reproductivo a diferentes densidades de siembra y niveles de alimentación durante 16 meses; beneficiando el desarrollo de una metodología de producción de alevinos que puedan ser utilizadas para el fomento piscícola y programas de repoblamiento, mitigando de esta forma, la presión de pesca sobre la especie y su vulnerabilidad hacia la extinción (Guerra *et al.* 2002, Franco 2005, Sanabria *et al.* 2005).

Este estudio se divide en tres capítulos. En el primero se aborda el efecto de la densidad de siembra y alimentación sobre el desempeño reproductivo del Pirarucú en cautiverio, para avanzar en el desarrollo de criterios de manejo de la especie en etapa reproductiva.

El segundo capítulo trata sobre el manejo de las crías resultantes del estudio anterior para definir un protocolo de obtención de alevinos. El tercer y último capítulo describe las características del ambiente (precipitación, brillo solar y calidad de agua) y los factores abióticos en la reproducción de la especie para la región del pie de monte amazónico colombiano.

Los datos y registros trabajados en esta investigación corresponden al periodo comprendido entre noviembre de 2008 y mayo de 2010.

## **HIPOTESIS**

La densidad de siembra y la cantidad de alimento evaluados, afectan el desempeño reproductivo del Pirarucú en cautiverio.

La reproducción del Pirarucú en cautiverio depende de factores ambientales externos como la precipitación, brillo solar, así como la calidad del agua de los estanques.

## **OBJETIVOS**

### **GENERAL:**

Evaluar el efecto de la densidad de siembra y la cantidad de alimento en el desempeño reproductivo del Pirarucú *Arapaima gigas* en cautiverio, teniendo en cuenta los parámetros ambientales.

### **ESPECÍFICOS:**

Determinar el número de desoves y número de crías en cautiverio de reproductores de Pirarucú sometidos a dos densidades y dos tasas de alimentación diferentes.

Evaluar la calidad de las crías obtenidas en cautiverio, mediante la sobrevivencia, crecimiento y manejo.

Describir los factores ambientales externos y de calidad del agua en la reproducción de Pirarucú, sometidos a diferentes densidades de siembra y dos tasas de alimentación.

## **DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Esta investigación se realizó en cuatro granjas piscícolas localizadas en tres municipios del piedemonte amazónico colombiano (Caquetá) así:

1. Piscícola Uniamazonia-Pirarucú, ubicada en la Granja Santo Domingo de la Universidad de la Amazonia, Km 7 vía Morelia (Florencia, Caquetá), con coordenadas geográficas  $1^{\circ}35'08''\text{N}$  y  $75^{\circ}38'17''\text{O}$ .
2. Piscícola Pirarucú, ubicada en el Km 2 vía Morelia (Florencia, Caquetá), con coordenadas geográficas  $1^{\circ}36'43''\text{N}$  y  $75^{\circ}37'26''\text{O}$ .
3. Piscícola las Andreas, ubicada en el Km 20 vía Valparaíso (Valparaíso, Caquetá), con coordenadas geográficas  $1^{\circ}16'45''\text{N}$  y  $75^{\circ}43'52''\text{O}$ .
4. Piscícola Arapaimas del Fragua, ubicada en el Km 1 vía vereda platanillo (San José del Fragua, Caquetá), con coordenadas geográficas  $1^{\circ}20'03''\text{N}$  y  $75^{\circ}58'43''\text{O}$ .



La región presenta precipitación pluvial media anual de 3.835 mm; su altitud promedio es de 320 metros sobre el nivel del mar, humedad relativa entre 79 y 88.6%, brillo solar menor a las 2000 horas-año y temperatura ambiente media anual de 26°C; el área presenta periodos de lluvias discontinuos (Corpoica 2000).

**CAPITULO 1. DENSIDAD DE SIEMBRA Y TASA DE ALIMENTACIÓN EN EL  
DESEMPEÑO REPRODUCTIVO DE PIRARUCÚ *Arapaima gigas* EN  
ESTANQUES PISCÍCOLAS**

**RESUMEN**

Con el objeto de estudiar el efecto de la densidad de siembra y la tasa de alimentación en el desempeño reproductivo del Pirarucú se evaluaron dos densidades de siembra (400 y 200m<sup>2</sup>/reproductor) y dos tasas de alimentación (1 y 2% de biomasa/día). El desempeño reproductivo se evaluó mediante el número de reproducciones, número de crías por tratamiento; también se evaluó el crecimiento (incremento de talla, incremento de peso, tasa de crecimiento específico) y el factor de condición tanto para machos como para hembras. A densidades de 200m<sup>2</sup>/rep no se obtuvo reproducciones a ninguna de las dos tasas de alimentación evaluada, mientras que a 400m<sup>2</sup>/rep en las dos tasas de alimentación evaluadas se obtuvo reproducción. Las mayores longitudes y pesos finales se obtuvieron a la mayor tasa de alimentación (2% de biomasa/día) evaluada independiente de la densidad de siembra utilizada.

No se encontraron diferencias estadísticas en el peso y longitud total de los reproductores con respecto al sexo, ya que los promedios de estos índices tanto para machos como para hembras fueron similares, hecho que no afectó el desempeño

reproductivo, por el contrario lo favoreció ya que la talla de la población trabajada fue homogénea en tamaño.

La TCE osciló entre  $0,03 \pm 0,00$  %/día (T4) y  $0,05 \pm 0,04$  %/día (T2) en los reproductores hembras sin observarse diferencias significativas tanto a los diferentes niveles de densidades de siembra como a los diferentes niveles de tasa de alimentación ni la interacción de estos factores ( $p > 0,05$ ). Igual comportamiento estadístico se observó en la TCE de los machos (T4= $0,02 \pm 0,01$  %/día y T2= $0,09 \pm 0,07$  %/día,); así como cuando se consideró la TCE sin considerar el sexo (pareja) (T4= $0,03 \pm 0,01$  %/día y T2= $0,07 \pm 0,01$  %/día). El K de las hembras de Pirarucú osciló entre  $0,91 \pm 0,08$  (T4) y  $1,07 \pm 0,01$  (T1) sin observarse diferencias estadísticas significativas en los diferentes niveles de densidad de siembra y tasa de alimentación ni la interacción de estos factores ( $p > 0,05$ ). Sin embargo el K de los machos presentó diferencias significativas en los niveles del factor densidad pero a un nivel de confianza de un 90% ( $p = 0,057$ ); sin mostrar diferencias significativas en los niveles del factor de tasa de alimentación ni en la interacción de los factores ( $p > 0,05$ ). Cuando K se considero para la pareja (sin considerar el sexo) no se presentaron diferencias en los niveles del factor tasa de alimentación ni en la interacción de los factores pero si se observó diferencia significativa a los niveles de densidad ( $p < 0,05$ ).

Los resultados del presente estudio muestran que las reproducciones fueron afectadas por el factor densidad y no por el factor alimentación a los niveles evaluados; es decir solo se registraron reproducciones cuando la densidad fue de 1 reproductor cada

400 m<sup>2</sup> (una pareja cada 800 m<sup>2</sup>) sin importar si se alimenta al 1% o 2% de la biomasa de los reproductores. A una mayor densidad (una pareja cada 400 m<sup>2</sup>) no fue posible obtener reproducción ni al 1% ni al 2% de la biomasa de los reproductores. Por lo anterior, para un manejo reproductivo adecuado en Pirarucú se recomienda utilizar parejas de más de 5 años de edad con un peso y talla mínimo de 40kg y 160 cm de longitud total y una densidad de siembra de 400m<sup>2</sup> por reproductor, la cantidad de alimento a suministrar puede oscilar entre el 1 y 2% de biomasa.

**Palabras clave:** Pirarucú, piscicultura, reproducción, densidad de siembra, tasa de alimentación

## INTRODUCCION

El manejo adecuado de reproductores de peces nativos en sistemas controlados para su reproducción, ha permitido el desarrollo y establecimiento de tecnologías de producción de alevinos de forma continua. Esto ha generado unidades comerciales de peces para consumo y ornamentales gracias a la disponibilidad de semilla en las diferentes regiones de la Amazonia. La producción piscícola ha favorecido positivamente las poblaciones naturales de peces; ya que ha disminuido la presión de pesca sobre las especies ícticas (Wotton 1989, Baldisserotto 2002, Guerra *et al.* 2002, Arias *et al.* 2004, Landines 2005). Este fenómeno, también ha generado procesos de investigación, validación y desarrollo de metodologías locales de producción, favoreciendo el crecimiento sostenible de la piscicultura en toda la región amazónica.

El Pirarucú presenta características biológicas, ecológicas y evolutivas que lo convierten en un espécimen único dentro de la mega diversidad de peces Amazónicos y su manejo reproductivo no está definido claramente; existiendo marcadas diferencias en los reportes encontrados por investigaciones desarrolladas tanto en ambientes naturales como en cautiverio (Campos 2001, Rebaza *et al.* 2003, Kunz 2004).

El manejo de reproductores debe considerar dos aspectos zootécnicos de importancia: densidad y tasa de alimentación. Los estudios sobre la influencia de la alimentación en los parámetros reproductivos de los peces nativos son escasos (Soler 1996, Landines 2005, Urbinati 2005). La nutrición y la alimentación son consideradas como factores que influyen en el éxito de la reproducción en cautiverio, por lo que una inadecuada alimentación puede afectar la formación de gónadas, el desarrollo de los embriones y la resistencia a la manipulación; además la calidad de las larvas puede ser afectada cuando la calidad y cantidad de alimento suministrado a los reproductores no son los adecuados y en algunos casos puede hasta inhibir la vitelogénesis (Soler 1996, Baldiseroto 2002).

Por otra parte la densidad de siembra puede afectar el desarrollo gonadal y en general el desempeño reproductivo de los peces, debido a que las altas densidades, generan problemas de calidad de agua y disponibilidad de alimento, incrementando el estrés de los animales, que en la fase de maduración gonadal son más sensible a las variaciones ambientales (Baldiseroto 2002, Landines 2005).

Este capítulo analizó el desempeño reproductivo del Pirarucú, mediante el número de reproducciones y el número de crías producidas, sometido a dos densidades de siembra y dos tasas de alimentación.

## **METODOLOGIA**

### **Unidades experimentales y manejo de reproductores**

Se utilizaron 12 estanques entre 400 y 800 m<sup>2</sup>, con recambios semanales de agua cercanos a 10% de su volumen. En cada una de las unidades experimentales se sembró una pareja de reproductores (macho y hembra) a dos densidades de siembra (un individuo por cada 200 metros cuadrados y un individuo por cada 400 metros cuadrados). Estanques con características similares para el manejo de reproductores de Pirarucú fueron utilizados con buenos resultados por otros autores (Guerra *et al.* 2002, Alcantara & Montreuil 2003, Crossa *et al.* 2003, Franco & Peláez 2007). Además las densidades y tasas de alimentación utilizadas en el presente estudio fueron utilizadas por diversos autores (Rebaza & Valdivieso 1999, Campos 2001, Rebaza *et al.* 2003, Honczaryk & Monteiro 2005, Saavedra *et al.* 2005, Franco & Peláez 2007, Sandoval 2007, Chu-Koo *et al.* 2008).

La alimentación de las parejas de reproductores se realizó con peces forrajeros (tilapia *Oreochromis niloticus*); la cual se ofreció una vez por semana, en cantidades correspondientes al 1 o 2% de la biomasa de la pareja de reproductores. De esta manera se evitaron pescas diarias del estanque de los peces forrajeros, disminuyendo jornales y

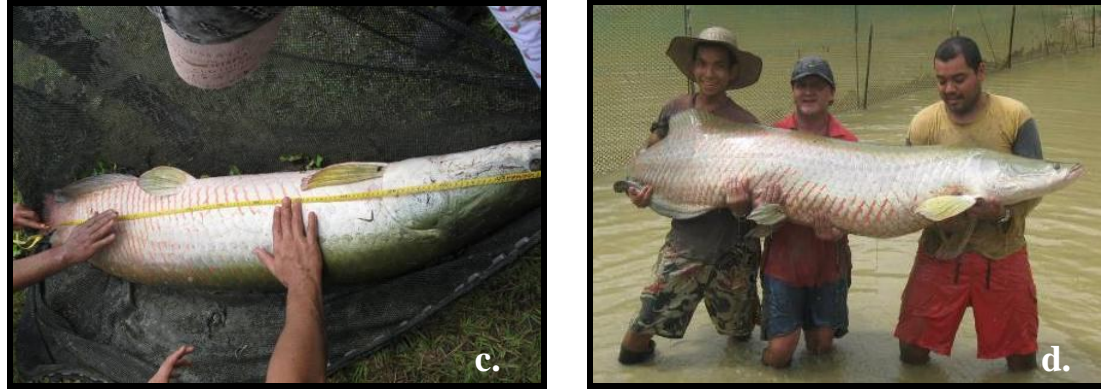
estrés por manipulación a los reproductores de tilapia. La cantidad de alimento semanal ( $A_s$ ) se estimó con la siguiente ecuación:  $A_s = (B \cdot T_a) / 100 \times 7$ ; donde B corresponde a la biomasa en la unidad experimental,  $T_a$  a la tasa de alimentación (1 o 2%) y 7 corresponde a los días de la semana. La biomasa (B) se estimó multiplicando el peso promedio de los reproductores por el número de individuos de cada unidad experimental.



**Figura 2.** Tilapias, utilizadas como peces forrajeros (izquierda) y forma de acopio (derecha) para el suministro semanal ofrecido a los reproductores de Pirarucú.

Los reproductores se pesaron cada seis meses para recalculer la cantidad de alimento a suministrar y evitar el estrés por manipulación en los muestreos (Figura 3).





**Figura 3.** Muestreo en las unidades experimentales **a.** Captura, **b.** registro de peso, **c.** registro de longitud total (talla) y **d.** retorno al estanque

### **Producción de peces forrajeros**

Se adecuó un estanque para la reproducción de peces forrajeros (tilapia) para alimentar a los reproductores de Pirarucú, de acuerdo a la metodología sugerida por Guerra *et al.* (2002) y Franco & Peláez (2007). Este estanque se secó, exponiéndolo al sol por cinco días, como medida profiláctica. Se encaló esparciendo cal dolomita sobre el fondo seco del estanque, en una proporción de  $100 \text{ g/m}^2$  y se fertilizó utilizando gallinaza en proporción de  $150 \text{ g/m}^2$ , para favorecer la productividad del estanque. Cada mes se adicionó cal y gallinaza en las proporciones anotadas anteriormente. El estanque se llenó inicialmente con 50 cm de columna de agua y luego de la proliferación del zooplancton (5 a 9 días) se completó el llenado (aproximadamente 1.0 m). Luego se sembró el pez forrajero (tilapia) a densidad de 3 peces/ $\text{m}^2$ .

### **Diseño experimental**

La pareja de reproductores (macho y hembra) en cada unidad experimental se sometieron a dos densidades de siembra y dos tasas de alimentación en un diseño



factorial 2x2 (factor A= densidad de siembra, A1= 1 reproductor/400m<sup>2</sup>, A2= 1 reproductor/200m<sup>2</sup>; factor B= tasa de alimentación, B1= 1% de la biomasa de los reproductores, B2= 2% de la biomasa de los reproductores) resultando cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno evaluados durante 18 meses.

T1 (A1xB1). Las parejas de reproductores de Pirarucú se sembraron a densidad de 1 individuo/400 m<sup>2</sup> con una ración de peces forrajero correspondiente al 1% de la biomasa.

T2 (A1xB2). Las parejas de reproductores de Pirarucú se sembraron a densidad de 1 individuo/400 m<sup>2</sup> con una ración de peces forrajero correspondiente al 2% de la biomasa.

T3 (A2xB1). Las parejas de reproductores de Pirarucú se sembraron a densidad de 1 individuo/200 m<sup>2</sup> con una ración de peces forrajero correspondiente al 1% de la biomasa.

T4 (A2xB2). Las parejas de reproductores de Pirarucú se sembraron a densidad de 1 individuo/200 m<sup>2</sup> con una ración de peces forrajero correspondiente al 2% de la biomasa.

Las unidades experimentales se localizaron en cuatro granjas piscícolas en el departamento del Caquetá; atendiendo criterios como disponibilidad y tamaño de estanques y de reproductores. Las unidades quedaron localizadas en las siguientes granjas:

### **Piscícola Uniamazonia - Pirarucú (Florencia)**

En esta piscícola se montó una repetición de cada uno de los tratamientos. Se utilizaron cuatro estanques; dos de 800 m<sup>2</sup> y dos de 400 m<sup>2</sup>, totalizando 2.400 m<sup>2</sup> en espejo de agua.

### **Piscícola Pirarucú (Florencia, Caquetá)**

En esta piscícola se desarrollaron dos repeticiones del tratamiento T2. Se utilizó un estanque de 1.600 m<sup>2</sup> el cual se dividió por la mitad con una malla plástica con ojo de malla de 2 pulgadas, 30 m de largo y 2,5 m de alto.

### **Piscícola Las Andreas (Valparaíso, Caquetá)**

En esta piscícola se desarrollaron dos repeticiones del tratamiento T1 y una repetición del tratamiento T3. Se utilizaron dos estanques; uno de 1.600 m<sup>2</sup> que se dividió con una malla por la mitad y otro estanque de 400 m<sup>2</sup>, totalizando 2.000 m<sup>2</sup> en espejo de agua en esta piscícola.

### **Piscícola Arapaimas del Fragua (San José del Fragua, Caquetá)**

En esta piscícola se desarrolló una repetición del tratamiento T3 y dos repeticiones del T4. Se utilizaron tres estanques de 400 m<sup>2</sup> cada uno, totalizando 1.200 m<sup>2</sup> en espejo de agua.

En total se utilizaron de 7.200 m<sup>2</sup> en espejo de agua y 24 reproductores (12 machos y 12 hembras) de Pirarucú.

### **Desempeño reproductivo**

El desempeño reproductivo se evaluó mediante el número de desoves y el número de crías durante el tiempo que duró la investigación.

### **Crecimiento**

Para evaluar el crecimiento de las parejas de reproductores en las unidades experimentales se realizaron muestreos semestrales de longitud total (talla) y peso. Con estos valores se calculó el incremento en peso (IP), incremento en talla (IT), la tasa de crecimiento específico (TCE) y el factor de condición (K); tanto por sexo como por pareja (sin considerar el sexo) en cada tratamiento.

**Incremento de peso (IP).** Se estimó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$IP = W_f - W_i$$

$W_f$ : Peso final en kg

$W_i$ : Peso inicial en kg

**Incremento de talla (IT).** Se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$IT = T_f - T_i$$

Tf: Talla final en centímetros

Ti: Talla inicial en centímetros

**Tasa de crecimiento específico (TCE).** Determina el crecimiento de los peces en función del peso final, peso inicial y días de crecimiento. Se estimó empleando la expresión:

$$TCE = \frac{(Ln\text{pesofinal} - Ln\text{pesoinicial}) * 100}{\text{tiempo}}$$

Ln peso final: logaritmo natural del peso final

Ln peso inicial: logaritmo natural del peso inicial

**Factor de condición (K).** Es un índice del estado de condición o bienestar de los peces, entre más cercano sea a 1 mejor será el factor de condición

$$K = \frac{P * 100}{Lt^3}$$

P: peso

Lt: Longitud total

### **Determinación del sexo**

Para diferenciar machos de hembras se utilizó el criterio de dimorfismo sexual reportado por Honczaryk & Monteiro (2005); quienes sugirieron la presencia de color

rojo en la zona lateral del opérculo branquial en los machos y ausencia de este en las hembras (figura 4).



A. MACHO

B. HEMBRA

**Figura 4.** Dimorfismo sexual en reproductores de Pirarucú, nótese en el macho (A) la coloración rojo-naranja en la región del opérculo branquial (flecha); mientras que en hembra (B) esta coloración está ausente (flecha). Fotografía Hugo Franco.

Además, los reproductores de Pirarucú se marcaron con un microchip Avid System® el cual fue implantado en la región dorsal derecha (décima escama) para facilitar el seguimiento individual de cada reproductor.

#### ANALISIS ESTADISTICO

Todas las variables evaluadas (IP, IT, TCE, K, N° CRIAS, N° DESOVES) fueron sometidas a pruebas de normalidad (Kolmogorov-Smirnof Test) y pruebas de homogeneidad de varianzas (Bartlett Test) las variables que cumplieron con los

supuestos de normalidad y homogeneidad (IP, IT, TCE, K) fueron analizadas mediante análisis de varianza de dos factores, para determinar el efecto de los factores (densidad y tasa de alimentación) y su interacción en cada una de estas variables; cuando se encontró diferencias significativas entre los valores promedios se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey test,  $p < 0.05$ ). Cuando las variables no cumplieron los supuestos de normalidad u homoscedastisidad (CRIAS, N° DESOVES) se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ( $p < 0.1$ ). El análisis estadístico fue realizado con ayuda del programa estadístico Minitab, versión 15 para Windows (Pennsylvania, USA, 2008).

## **RESULTADOS**

### **CRECIMIENTO**

La tabla 1 presenta los valores promedios de pesos, tallas iniciales y finales, incremento de peso, incremento de talla, tasa de crecimiento específico y factor de condición tanto de machos como de hembras y combinado (parejas) para los diferentes tratamiento a que fueron sometidos los reproductores de Pirarucú (anexo 4 y 5).

**Tabla 1.** Valores promedio ( $\pm$ desviación estándar) de crecimiento por sexo y por pareja de reproductores de Pirarucú sometidos a dos densidades de siembra y dos tasas de alimentación. IP, incremento de peso; IT, incremento de talla; TCE, tasa de crecimiento específico; K, factor de condición.

	T1	T2	T3	T4
<b>HEMBRAS</b>				
Peso inicial (Kg)	49,3 $\pm$ 17,2	51,7 $\pm$ 1,5	36,7 $\pm$ 0,6	41,0 $\pm$ 2,0
Peso final (Kg)	59,3 $\pm$ 23,1	68,7 $\pm$ 12,4	44,7 $\pm$ 1,5	48,0 $\pm$ 2,6
IP (Kg)	10,0 $\pm$ 6,6	17,0 $\pm$ 13,9	8,0 $\pm$ 2,0	7,0 $\pm$ 1,0
Talla inicial (cm)	162,0 $\pm$ 18,3	176,3 $\pm$ 11,7	157,0 $\pm$ 4,6	164,0 $\pm$ 3,0
Talla final (cm)	175,0 $\pm$ 22,5	188,7 $\pm$ 15,0	163,7 $\pm$ 3,1	174,0 $\pm$ 5,3
IT (cm)	13,0 $\pm$ 2,1	12,3 $\pm$ 10,1	6,7 $\pm$ 1,5	10,0 $\pm$ 3,6
TCE (%/dia)	0,03 $\pm$ 0,01	0,05 $\pm$ 0,04	0,04 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,00
K	1,07 $\pm$ 0,01	1,03 $\pm$ 0,14	1,02 $\pm$ 0,09	0,91 $\pm$ 0,08
<b>MACHOS</b>				
Peso inicial (Kg)	47,7 $\pm$ 7,5	47,7 $\pm$ 3,8	39,0 $\pm$ 5,0	43,3 $\pm$ 3,8
Peso final (Kg)	56,0 $\pm$ 6,2	81,7 $\pm$ 26,3	45,7 $\pm$ 2,1	49,7 $\pm$ 6,1
IP (Kg)	8,3 $\pm$ 2,1	34,0 $\pm$ 29,6	6,7 $\pm$ 3,1	6,3 $\pm$ 2,5
Talla inicial (cm)	168,0 $\pm$ 7,0	169,7 $\pm$ 4,0	161,3 $\pm$ 11,5	172,0 $\pm$ 7,8
Talla final (cm)	173,7 $\pm$ 7,2	199,0 $\pm$ 19,1	169,3 $\pm$ 8,1	181,0 $\pm$ 10,4
IT (cm)	5,7 $\pm$ 1,5	29,3 $\pm$ 22,5	8,0 $\pm$ 3,6	9,0 $\pm$ 3,0
TCE (%/dia)	0,03 $\pm$ 0,01	0,09 $\pm$ 0,07	0,03 $\pm$ 0,02	0,02 $\pm$ 0,01
K	1,04 $\pm$ 0,14	1,01 $\pm$ 0,07	0,95 $\pm$ 0,12	0,86 $\pm$ 0,03
<b>PAREJA</b>				
Peso inicial (Kg)	48,5 $\pm$ 12,6	49,7 $\pm$ 2,6	37,8 $\pm$ 2,5	42,2 $\pm$ 2,0
Peso final (Kg)	57,7 $\pm$ 14,9	75,2 $\pm$ 19,1	45,2 $\pm$ 0,6	48,8 $\pm$ 3,3
IP (Kg)	9,2 $\pm$ 2,5	25,5 $\pm$ 21,4	7,3 $\pm$ 2,1	6,7 $\pm$ 1,5
Talla inicial (cm)	165,0 $\pm$ 12,6	173,0 $\pm$ 5,5	159,2 $\pm$ 7,7	168,0 $\pm$ 5,2
Talla final (cm)	174,3 $\pm$ 14,9	193,8 $\pm$ 14,6	166,5 $\pm$ 5,2	177,5 $\pm$ 7,8
IT (cm)	9,3 $\pm$ 4,6	20,8 $\pm$ 7,3	7,3 $\pm$ 2,5	9,5 $\pm$ 2,6
TCE (%/dia)	0,03 $\pm$ 0,01	0,07 $\pm$ 0,05	0,03 $\pm$ 0,01	0,03 $\pm$ 0,01
K	1,06 $\pm$ 0,07	1,02 $\pm$ 0,05	0,98 $\pm$ 0,08	0,89 $\pm$ 0,05

El IP osciló entre 7,0 $\pm$ 1,0 Kg (T4) y 17,0 $\pm$ 13,9 Kg (T2) en las hembras sin observarse diferencias significativas tanto a los diferentes niveles de densidades de

siembra como a los diferentes niveles de tasa de alimentación ni la interacción de estos factores ( $p>0,05$ ). Igual comportamiento estadístico se observó en el IP de los machos ( $6,3\pm 2,5$  Kg, T4- $34,0\pm 29,6$  Kg, T2); así como cuando se consideró el IP sin considerar el sexo (pareja) ( $6,7\pm 1,5$  Kg, T4- $25,5\pm 21,4$  Kg T2) (tabla 1) (anexos 6-8).

El IT para las hembras de Pirarucú fluctuó entre  $6,7\pm 1,5$  cm (T3) y  $13,0\pm 2,1$  cm (T1) sin observarse diferencias estadísticas significativas en los diferentes niveles de densidad de siembra y tasa de alimentación ni la interacción de estos factores ( $p>0,05$ ). Igual comportamiento estadístico se observó en el IT de los machos ( $5,7\pm 1,5$  cm, T1- $29,3\pm 22,5$  cm, T2); igualmente cuando se consideró IT de la pareja ( $7,3\pm 2,5$  cm, T3- $20,8\pm 7,3$  cm, T2) (tabla 1) (anexos 9-11).

La TCE osciló entre  $0,03\pm 0,00$  %/día (T4) y  $0,05\pm 0,04$  %/día (T2) en los reproductores hembras sin observarse diferencias significativas tanto a los diferentes niveles de densidades de siembra como a los diferentes niveles de tasa de alimentación ni la interacción de estos factores ( $p>0,05$ ). Igual comportamiento estadístico se observó en la TCE de los machos (T4= $0,02\pm 0,01$  %/día y T2= $0,09\pm 0,07$  %/día.); así como cuando se consideró la TCE sin considerar el sexo (pareja) (T4= $0,03\pm 0,01$  %/día y T2= $0,07\pm 0,01$  %/día) (tabla 1) (anexos 12-14).

El K de las hembras de Pirarucú osciló entre  $0,91\pm 0,08$  (T4) y  $1,07\pm 0,01$  (T1) sin observarse diferencias estadísticas significativas en los diferentes niveles de densidad de siembra y tasa de alimentación ni la interacción de estos factores ( $p>0,05$ ). Sin embargo



el K de los machos presentó diferencias significativas en los niveles del factor densidad pero a un nivel de confianza de un 90% ( $p=0,057$ ); sin mostrar diferencias significativas en los niveles del factor de tasa de alimentación ni en la interacción de los factores ( $p>0,05$ ). Cuando K se considero para la pareja (sin considerar el sexo) no se presentaron diferencias en los niveles del factor tasa de alimentación ni en la interacción de los factores pero si se observó diferencia significativa a los niveles de densidad ( $p<0,05$ ) (tabla 1) (anexos 15-17).

## DESEMPEÑO REPRODUCTIVO

El número de reproducciones y de crías por tratamiento se muestra en la tabla 2; así como la densidad expresada en términos de capacidad de carga (g de reproductor/m<sup>2</sup>). El número de crías por unidad experimental presentó diferencias significativas en los niveles del factor densidad a un nivel de confianza de un 90% ( $p=0,055$ ); sin mostrar diferencias significativas en los niveles del factor de tasa de alimentación ni en la interacción de los factores ( $p>0,05$ ) (anexo 18).

**Tabla 2.** Valores promedio ( $\pm$ desviación estándar) de numero de reproducciones (N° Rep) y numero de crías (N° Crías) de parejas de reproductores de Pirarucú sometidos a dos densidades de siembra y dos tasas de alimentación.

	T1	T2	T3	T4
g reproductor/m <sup>2</sup>	144,2	187,2	225,8	255,2
N° rep	1,33 $\pm$ 1,53	0,67 $\pm$ 0,58	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00
N° crías	833,67 $\pm$ 985,31	1.096,67 $\pm$ 1115,45	0,00 $\pm$ 0,00	0,00 $\pm$ 0,00

El número de reproducciones por unidad experimental mostró diferencias significativas en los niveles del factor densidad a un nivel de confianza de un 90%

( $p=0,067$ ); sin mostrar diferencias significativas en los niveles del factor de tasa de alimentación ni en la interacción de los factores ( $p>0,05$ ) (anexo 19).

## **DISCUSIÓN**

Existe controversias sobre la edad, peso y talla de inicio de la madurez sexual de Pirarucú; pero los reportes en general señalan que la primera reproducción se presenta cuando el animal adquiere entre 40 y 45 Kg de peso, con cuatro o cinco años de edad y con tallas entre 1.6 y 1.7 m de longitud total (Rebaza *et al.* 1999, Guerra *et al.* 2002, Saavedra *et al.* 2005 y Franco & Peláez 2007). En el presente estudio, las hembras en todos los tratamientos se encontraban en ese rango de talla, peso y edad; por lo cual se sugiere que los resultados no fueron afectados por estas características de primera maduración sexual. Sin embargo en grandes embalses se ha registrado su reproducción ocurre a los tres años mientras en estanques pequeños cuando alcanzan la edad de cinco años (Rebaza *et al.* 1999, Guerra *et al.* 2002). Esta diferencia en la edad de primera maduración sexual entre la reportada en cautiverio y la reportada en cuerpo de aguas naturales puede explicarse como efectos de la disfunción reproductiva ocasionada por el cautiverio (Mylonas *et al.* 2009)

Los resultados del presente estudio muestran que las reproducciones fueron afectadas por el factor densidad y no por el factor alimentación a los niveles evaluados; es decir solo se registraron reproducciones cuando la densidad fue de 1 reproductor cada 400 m<sup>2</sup> (una pareja cada 800 m<sup>2</sup>; es decir menos de 188 g de reproductor/m<sup>2</sup>) sin importar si se alimentó a 1% o 2% de la biomasa de los reproductores. A una mayor densidad (una

pareja cada 400 m<sup>2</sup>) no fue posible obtener reproducción ni al 1% ni al 2% de la biomasa de los reproductores. A esa densidad se registraron seis desoves, en 16 meses, que produjeron 5791 alevinos; lo cual corresponde a 96,1% de los alevinos que se produjo en el departamento del Caquetá en el periodo 2001-2008 (6024 alevinos en 14 desoves) según reportes de Franco & Peláez (2007) y observaciones personales del autor en el 2008 (tabla 3). Estos resultados sugieren que el manejo ofrecido a los reproductores bien sea alimentando al 1% o al 2% de la biomasa de reproductores a una densidad de una pareja cada 800 m<sup>2</sup> mejora el desempeño reproductivo de esta especie.

Diversos autores han sugerido que la densidad de manejo de reproductores de peces nativos de consumo, oscila entre 250-300g/m<sup>2</sup> ya que densidades mayores podrían causar un efecto negativo sobre el desarrollo gonadal (Chaparro 1983, Landines 2005). No obstante, una densidad muy baja es pérdida de espacio y consecuentemente de dinero (Kubitza 1997). Aunque Baldisserotto (2009) reportó densidades de siembra para manejo reproductivo en Cachama negra (*Colossoma macropomum*) de 50 a 300g/m<sup>2</sup> y para Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) de 50 a 700g/m<sup>2</sup>, dos especies ícticas nativas amazónicas con importancia en el mercado de consumo de la región; pero cuyos hábitos alimentarios son omnívoro, a diferencia de Pirarucú que es carnívoro. Sin embargo, los resultados de este estudio sugieren que cargas entre 144 a 188 g de reproductor/m<sup>2</sup> es una densidad adecuada para el manejo de reproductores de Pirarucú y se le puede ofrecer una tasa de alimentación con peces forrajeros entre el 1% y 2% de la biomasa; y que cargas mayores de 225 g/m<sup>2</sup> afectan la reproducción de esta especie en cautiverio

**Tabla 3.** Registro de reproducciones de Pirarucú en el departamento del Caquetá en cautiverio desde 2001 hasta el 2010 (adaptado de Franco & Peláez 2007).\* datos del presente estudio

AÑO	N° REPROD	N° CRIAS/AÑO	PROM/REP
2001	1	210	210
2002	2	380	190
2003	4	2118	529,5
2004	2	1658	829
2005	0	0	0
2006	2	935	467,5
2007	1	723	723
2008	2	0	0
2009*	3	3870	1290
2010*	3	1921	640,3
TOTAL	20	11.815	590,8

Saavedra *et al.* (2005) observaron que una pareja de Pirarucú en la temporada reproductiva (lluvias) establece un territorio dentro del estanque seleccionando de 200 a 400 m<sup>2</sup>; la cantidad de alimento a suministrar a los reproductores no fue comentada por los autores, aunque reiteran que la especie es de hábitos piscívoros. Por otra parte Guerra *et al.* (2002) sugirieron manejar las parejas de reproductores en aéreas de 200 a 600 m<sup>2</sup> pero alimentando a una tasa de 1 a 10% de biomasa diaria de peces forrajeros como el Bujurqui (*Ciclasoma* sp) y la Tilapia. Sin embargo en el presente estudio la densidad de 400 m<sup>2</sup> por pareja no resultó adecuada para la reproducción del Pirarucú; además quedó demostrado en este estudio que una tasa de alimentación del 1 al 2% de la biomasa es suficiente para el manejo de reproductores. Por lo que es posible señalar que raciones

superiores al 2% de la biomasa al día podrían considerarse como un exceso de alimento. El uso de la tilapia como alimento vivo, es una opción válida ya que ésta se adapta fácilmente a las condiciones ambientales de cultivo, es prolifera, con bajo costo de producción y adicionalmente es una especie que puede ser cultivada en cautiverio; por supuesto son necesarias acciones para evitar para evitar fugas de esta especie exótica, como trampas en los drenajes de los estanques.

La creciente demanda, tanto en cantidad como en calidad, de postlarvas y alevinos, ha exigido atención especial en lo que respecta a la nutrición de reproductores. Aunque son pocos los estudios con un enfoque sobre los aspectos de nutrición ligados a la reproducción, diversos efectos de la nutrición sobre el desempeño reproductivo de algunos peces son conocidos. Efectos como menor fecundidad relativa, menor diámetro de ovocitos, bajo porcentaje de fertilización y baja tasa de eclosión son generados por deficiencia en micronutrientes como zinc y magnesio en la dieta de los reproductores (Soler *et al.* 1996). También la deficiencia de vitamina E provoca la reducción en el peso de los ovarios y del índice gonadosomático generando un atraso en el desarrollo de los ovocitos; además de una baja tasa de sobrevivencia en embriones y alta mortalidad de las larvas (Soler *et al.* 1996, Kubitza 1997). La utilización de un pez forrajero como dieta para los reproductores de Pirarucú, dado su hábito piscívoro, permitió el desarrollo normal de los procesos metabólicos y fisiológicos que pudieran favorecer el desempeño reproductivo.

La conformación de parejas, seleccionando hembras y machos al azar, consiguió reproducciones en 4 de las 12 unidades experimentales. Solo el 33% de las parejas establecidas consiguió la reproducción. Halverson (2010) reportó el 30% de éxito reproductivo, utilizando la misma metodología de conformación de parejas al azar. Sin embargo, si se tiene en cuenta que para esta investigación solo se consiguieron reproducciones cuando la densidad de siembra de 400m<sup>2</sup> por reproductor; 4 de las 6 unidades experimentales con esta densidad se lograron reproducir, aumentando a 66% el éxito reproductivo de las unidades experimentales.

La densidad de los ejemplares de Pirarucú reportado por Vela *et al.* (2003) para cuerpos de agua naturales, oscila entre 0.02 a 3.51 individuos por hectárea, con un promedio de 0.40 Pirarucú/Ha (4.000 m<sup>2</sup>/reproductor). Densidad mucho menor de la que se manejó en este trabajo que en este caso sería de 25 Pirarucús/Ha (400 m<sup>2</sup>/reproductor) la cual sería la recomendada para el manejo reproductivo. La baja densidad reportada por Vela *et al.* (2003), tiene su explicación en que las poblaciones naturales de Pirarucú adultos han decrecido considerablemente dada la presión de pesca que se ha ejercido sobre esta especie a lo largo de toda la cuenca amazónica (Rebaza *et al.* 1999, Alcantara & Montreuil. 2003, Saavedra *et al.* 2005). Además la disponibilidad de alimento en el medio natural varía de un sector a otro y de igual forma las poblaciones de Pirarucú (Crossa *et al.* 2003, López-Casas 2007).

El Pirarucú presenta estrategia reproductiva K, caracterizada por primera maduración tardía, cuidado parental de huevos y crías, baja tasa de mortalidad natural,

adultos con cuerpo grande y alta longevidad (Vazzoler, 1996). Pirarucú presenta desarrollo ovocitario asincrónico; es decir el ovario puede presentar ovocitos en todos los estadios de maduración y puede ovular un grupo de estos en el momento de la reproducción, siendo este evento posible varias veces en el año (Guerra *et al.* 2002, Franco & Peláez 2007, Halverson 2010). Lo anterior fue corroborado en este trabajo ya que una de las unidades experimentales (T1) presentó una reproducción en febrero de 2010, otra en marzo de 2010 y la siguiente en abril del mismo año. Esta estrategia puede ser utilizada por el Pirarucú como una manera de intentar perpetuar las poblaciones naturales aumentando la sobrevivencia de su prole. Guerra *et al.* (2002) señalaron que en la Amazonia peruana se pueden observar individuos maduros durante casi todos los meses del año, y que puede llegar a reproducirse varias veces al año, pero desova generalmente una sola vez y especialmente en la estación de lluviosa en los meses de septiembre a diciembre, con un pico en el mes de noviembre. Para la Amazonia brasilera el periodo de lluvia y por ende de reproducción de Pirarucú se presenta durante los meses de diciembre a junio (Fontenele 1948, Rebaza *et al.* 1999, Guerra *et al.* 2002, Pereira-Filho *et al.* 2002, Alcantara & Montreuil 2003, Saavedra *et al.* 2005, Franco & Peláez 2007, López-Casas 2007).

En la amplia gama de modos reproductivos de los peces, existen diferencias interespecíficas asociadas a la fecundidad y al cuidado parental de las crías. Vazzoler (1996) muestra una completa clasificación de los diferentes estilos reproductivos observados en los peces que van desde los que desovan huevos pelágicos y sin ningún cuidado parental, pasando por los que desovan en nidos elaborados y con cuidados

parentales hasta los cargadores. En el presente estudio se observó que el Pirarucú ejerce un cuidado parental realizado principalmente por el macho y también fabrica nidos. Vazzoler (1996) señala que en las especies de peces que presentan cuidado parental, es muy común que esta actividad sea realizada por los machos. De las 102 familias en las cuales se ha observado cuidado parental en peces, 60 son realizados por machos y 42 por las hembras; además se ha encontrado que el cuidado del macho está asociado a la poligamia y la territorialidad en donde este último es el caso observado en este trabajo y reportado ampliamente por otros investigadores para Pirarucú (Alcantara & Montreuil 2003).

Según Jobling (1996), es posible relacionar la fecundidad, tamaño de los huevos y el cuidado parental. El desempeño reproductivo tiende a ser mayor en los peces de fertilización externa y sin ningún cuidado parental, como el caso de los peces reofílicos; pero disminuye cuando hay alguna forma de protección y es mucho menor cuando hay cuidado parental (*Oreochromis sp*, *Arapaimas gigas*, *Symphysodon discus*). La fecundidad y el tamaño de los huevos están inversamente relacionados; es decir los peces producen muchos huevos pequeños o pocos grandes. Las especies de agua dulce usualmente producen huevos de fondo, adherentes o depositados en nidos. En general el desove sucede cuando las condiciones ambientales como calidad del agua y disponibilidad del alimento garantizan la sobrevivencia de las larvas recién eclosionadas.

Godinho *et al* (2005) también reporta para el Pirarucú que el bajo índice gonadosomático (0,5–1 %) que presenta la especie en estado avanzado de maduración



gonadal es característico de su baja fecundidad y múltiples desoves y al ser comparado con otros charácidos reofilicos como Cachama (*Piaractus brachypomus*) Sábalo (*Brycon amazonicus*) y Bocachico (*Prochilodus nigricans*) de quienes sus índices gonadosomáticos en temporada reproductiva pueden llegar hasta un 20% (Arias *et al* 2004).

Lo anterior explica la baja fecundidad presentada en este estudio y más si se compara con especies reofilicas enunciadas por Arias *et al* (2004). La estrategia reproductiva *K* utilizada por el Pirarucú requiere una baja inversión de energía en los productos sexuales pero se invierte mucha energía en el cuidado parental contrario a los charácidos con estrategia reproductiva *r2* los cuales no invierten energía en cuidado parental pero si una cantidad considerable en los productos sexuales.

Diferentes grupos de investigadores han reportado que el Pirarucú en edad reproductiva construye nidos en tierra arcillosa sin vegetación, de una forma circular (diámetro, 50 cm y profundidad, 20 cm). Una hembra es capaz de producir unos 11000 crías por desove (Bard & Imbiriba, 1986 y Halverson 2010). Después que ocurre la eclosión de los huevos, las larvas permanecen durante cinco días en el nido y durante ese tiempo ocurre la absorción del saco vitelino. Estas observaciones pioneras fueron efectuadas por Fontenelle (1959), quien describe que los huevos son de color verde y miden de 2.8 x 4.2 mm, y las larvas recién eclosionadas miden 11.4 mm. Asimismo, el autor indica que durante los primeros meses de vida, los alevinos son de color negro y nadan en cardumen (sobre la cabeza) protegidos por los padres.

Observaciones de criadores de Pirarucú en la Amazonia peruana indican que es el macho quien provee el cuidado paternal a las crías en los primeros días de eclosión. En esta investigación no fue posible la observación directa de los huevos de Pirarucú y la mayor cantidad de alevinos por desove fue de 2230 para el año 2009, de igual manera el establecimiento del nido, el tiempo en que permanecen las larvas en él y las diferentes descripciones fenotípicas y comportamentales de crías y parentales fueron corroborados en este trabajo. Los datos de reproducción, para el caso del Perú, provienen de observaciones y colectas de ambientes naturales (Pacaya-Samiria) y de crianzas en cautiverio (Loreto, Ucayali, San Martín y Huánuco). El número de crías obtenidas por reproducción varía entre los 250-2000 alevinos colectados al momento del levante. Trabajos conducidos en Brasil por Oliveira (1944) reportan que el número de larvas por desove fue de aproximadamente 4000 individuos.

Otro aspecto que se ha observado en crianzas en cautiverio, en el Perú, es que en muchas de ellas no se reporta una reproducción sostenida del Pirarucú; esto se puede deber a que estos animales estén sometidos a estrés o perturbaciones que retrasan la madurez sexual (Luling, 1971). Por ello se recomienda, inclusive, evitar que otras especies domésticas como el ganado vacuno, frecuente las áreas donde se crían los reproductores, especialmente durante la época de reproducción.

La reproducción de Pirarucú mediante inducción hormonal no presenta registros exitosos. Investigadores brasileños han intentado inducir hormonalmente la reproducción de esta especie, utilizando Ovaplast (Syndel Laboratorios, Canadá), pero no se lograron resultados favorables (Pereira-Filho 2003).

## **CAPITULO 2. MANEJO ZOOTÉCNICO DE ALEVINOS DE PIRARUCÚ EN CAUTIVERIO**

### **RESUMEN**

Seis lotes de alevinos resultantes del experimento anterior, con tallas cercanas a los 3 cm, fueron levantados hasta alcanzar talla comercial (entre 12 y 15 cm). A los alevinos una vez cosechados de las unidades experimentales se les realizó manejo de primera alimentación con zooplancton y *Artemia salina* durante 10 días; luego se fue sustituyendo progresivamente el alimento vivo por dieta seca comercial pulverizada (45% de proteína bruta) hasta saciedad aparente. Los siete días siguientes se alimentaron con cuatro raciones diarias de una mezcla compuesta por 90% zooplancton capturado en estanques de cultivo y 10% de la dieta seca y una vez al día se les suministró *Artemia*, luego cada semana siguiente la dieta seca se incrementó en 25% hasta que fueron alimentados en un 100% con ración. Con este entrenamiento al consumo de dietas secas se obtuvo una sobrevivencia promedio de 87.83%.

**Palabras claves:** alevinaje, larvicultura, entrenamiento alimentario, destete.

### **INTRODUCCION**

El proceso de levante de alevinos de Pirarucú requiere un manejo especial principalmente en los factores sanitario y nutricional con el fin de garantizar una alta supervivencia y obtener ejemplares saludables para los siguientes ciclos de vida (Guerra *et al.* 2002). El uso de un laboratorio acondicionado con piletas en concreto, tanques

plásticos y acuarios en donde las condiciones de cultivo pueden ser controladas, favorecen el éxito en los resultados esperados (Franco & Peláez 2007).

Uno de los objetivos durante esta fase es conseguir la adaptación de los animales a la dieta seca (alimento concentrado comercial), realizada mediante un entrenamiento alimentario, ya que el Pirarucú por ser un pez piscívoro no consume dietas inertes (Alcantara & Montreuil 2003) y por tanto requiere de proceso de entrenamiento o adaptación. Se ha reportado que *A. gigas* tiene que ser entrenado desde temprana edad a comer raciones balanceadas, pues en caso contrario el aprovechamiento de la dieta no es eficiente (Sandoval 2007).

Los peces carnívoros como el Pirarucú y bagres carnívoros requieren alimentos en calidad y cantidad ricos en proteína de origen animal para poder cumplir con el requerimiento nutricional de la especie. Cuando se utiliza ración comercial para su adaptación a este tipo de dietas, este alimento debe contener un porcentaje de proteína de origen animal mayor al 40% para que tenga buena palatabilidad y aceptación por parte de los peces, facilitando el proceso de destete del alimento natural (Kubitza 1997).

Este capítulo aporta información sobre el manejo de la primera alimentación y entrenamiento de Pirarucú a consumo de dieta seca.

## METODOLOGIA

### MANEJO DE ALEVINOS

El manejo de alevinos de Pirarucú en su fase de levante requiere un especial cuidado, debido a que la especie en esta etapa de su vida es vulnerable a patógenos que pueden afectar la sobrevivencia de los individuos; además de los predadores como las aves por lo cual se utilizó un laboratorio acondicionado con piletas en concreto, tanques plásticos y acuarios con condiciones de cultivo controladas.

### CARACTERÍSTICAS Y ADECUACIÓN DE LA SALA DE MANEJO DE ALEVINOS DE *A. gigas*.

La sala de levante contó con la infraestructura básica que permitió llevar a cabo un adecuado manejo de alevinos de Pirarucú. Dicha infraestructura consistió en piletas rectangulares con capacidades de 2,5 m<sup>3</sup> de agua (figura 5) de igual manera, se dispuso de tanques plásticos circulares con capacidad de 1000 litros, los cuales se utilizaron en un 40% de su capacidad y calentadores para mantener una temperatura constante de 28°C y una salinidad de 3 g/l evitando de esta forma la proliferación de patógenos.



**Figura 5.** Piletas de levante (izquierda concreto 2.500 litros y derecha plástica de 1.000 litros) utilizadas para el manejo de alevinos de Pirarucú (foto Hugo Franco).

Antes de la llegada de los ejemplares y con el objetivo de proporcionar condiciones óptimas y garantizar resultados en la sobrevivencia de los alevinos de Pirarucú, fue necesario adecuar la sala de manejo teniendo en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Limpieza y desinfección de piletas y materiales (artesas, nasas, mangueras) que fueron empleados en las diferentes actividades de manejo.
- Control de temperatura ambiente mediante el cierre con tejas y tapas plásticas evitando corrientes de aire en las noches y el uso de termostatos cuando la temperatura del agua bajara a 26°C; la temperatura del agua era mantenida a 28°C.
- Instalación de mallas filtro en los tubos de desagüe de las piletas para evitar el escape del alimento vivo (zooplancton).
- Recambios de agua diario del 100%.

## CAPTURA DE ALEVINOS

Se separaron las crías de *A. gigas* del parental, una vez alcanzaron 3 a 5 cm de longitud total (12 a 15 días post- eclosión). Se retiraron la totalidad de los alevinos, se contaron y entre 5 y 10% se midieron y pesaron; luego se mantuvieron en piletas de concreto y tanques plásticos a una densidad de 1 alevino cada 2 litros de agua en condiciones controladas en el laboratorio, hasta que alcanzan la talla comercial de 15 cm en 45 días aproximadamente (figuras 6 a 8).



**Figura 6.** Observación de reproductor de Pirarucú (macho) con sus crías (flechas). Obsérvese el color oscuro del macho (♂) (foto. Eric Argumedo)



**Figura 7.** Captura de alevinos de Pirarucú en los estanques donde se desarrollo la investigación (foto. Hugo franco)





**Figura 8.** Tamaño de alevinos recién capturados

## ALIMENTACIÓN Y ENTRENAMIENTO ALIMENTARIO

Se alimentaron hasta la saciedad aparente, inicialmente con una dieta de zooplancton y *Artemia*, la cual progresivamente se fue sustituyendo con alimento concentrado en polvo con 45% de proteína bruta. La adaptación de alimento vivo a concentrado se realizó antes de que los alevinos alcanzaran 12 cm de longitud total, debido a que en esta etapa aceptan con facilidad este tipo de alimento.



**Figura 9.** Captura de zooplancton silvestre en estanques. **a.** Utilizando una malla con ojo de 100  $\mu\text{m}$  de 2x1 metros, **b.** utilizando jama planctonera de 40 cm de diámetro y ojo de malla de 100  $\mu\text{m}$ , **c.** tamizaje y limpieza del zooplancton capturado, **d.** suministro del zooplancton a los alevinos de Pirarucú. (Fotos Alexander López)

Durante dos semanas se les suministró cuatro raciones diarias de alimento a voluntad de una mezcla homogénea compuesta por 90% zooplancton capturado en estanques de cultivo mediante el uso de mallas de arrastre (ojo de malla de 60  $\mu\text{m}$ ) (figura 9) y 10% concentrado en polvo; teniendo la precaución que la mezcla no quedara saturada del alimento concentrado; adicional a esta preparación y como complemento alimenticio se les suministró *Artemia* producida en laboratorio, en una comida diaria y a voluntad (figura 10). A partir de la segunda semana el alimento balanceado se incrementó al 25 % disminuyendo así la cantidad de alimento vivo (zooplancton).



**Figura 10.** Filtración de *Artemia* desencapsulada suministrada a los alevinos de Pirarucú. (Izquierda, quistes desencapsulados, derecha, *Artemia* eclosionada; foto Viviana Cárdenas)

Durante la etapa de levante se utilizó un comedero que consistió en un aro de plástico o tubo de PVC unido en forma rectangular o circular suspendido sobre el agua en un punto fijo de la pileta para que los alevinos reciban aquí el alimento evitando su dispersión logrando así un mayor aprovechamiento de la comida suministrada (figura 11).



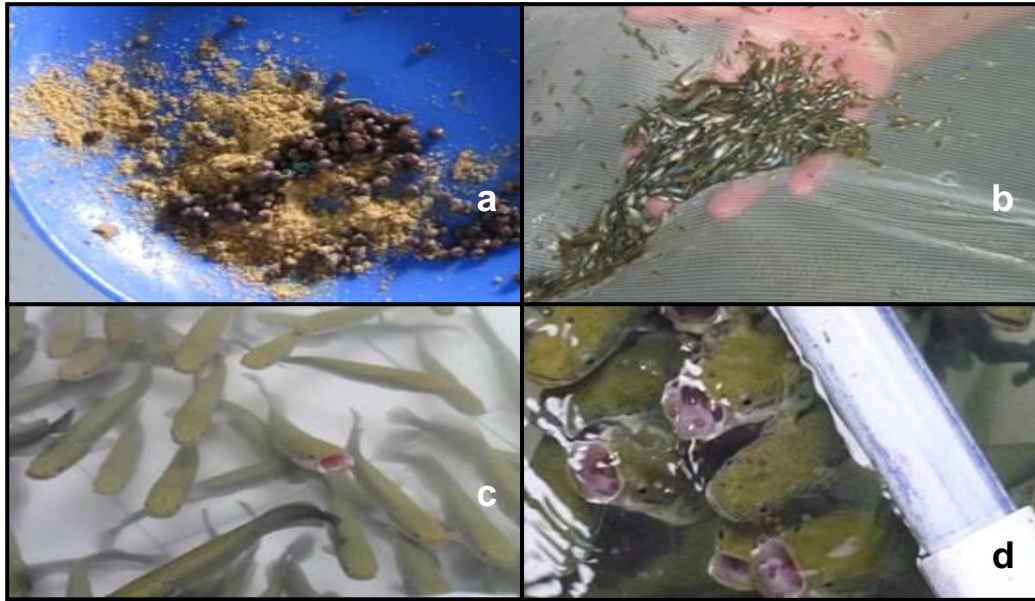
**Figura 11.** Alimentación de los alevinos de Pirarucú en laboratorio. **a.** alimento concentrado al 45% de proteína mezclada con zooplancton **b.** zooplancton utilizado como alimento vivo para la

dieta de los alevinos de Pirarucú **c.** suministro de la mezcla zooplancton-concentrado a los juveniles de Pirarucú, **d.** suministro del alimento utilizando el comedero (fotos. Hugo Franco y Alexander López)

En la tercera semana de alimentación, la cantidad de zooplancton se disminuyó en un 10% diario, al final de la misma los animales estaban consumiendo 100% concentrado en polvo más el complemento alimenticio con *Artemia*. Durante la cuarta semana, se inició el suministro de alimento concentrado tipo extrudizado con 45% de proteína bruta (pellet de 2 mm); para esto, el alimento granulado se humedeció por un tiempo aproximado de cinco minutos; después de humedecido, se le adicionó concentrado en polvo y se suministró hasta la saciedad aparente.

El concentrado en polvo y la frecuencia de humedecimiento se fueron disminuyendo a diario hasta que al final, en la sexta semana cuando los alevinos alcanzan una talla promedio de 15 cm de longitud total, se suministró únicamente el concentrado extrudizado. En esta etapa la alimentación fue complementada con guppies (*Poecilia reticulata*) como alimento vivo, la talla del pez forrajero fue proporcional al tamaño de la boca de los alevinos de Pirarucú (figura 12).

Durante las dos primeras semanas los alevinos de Pirarucú se manejaron a densidad de 0,5 pez/L, la tercera y cuarta semana la densidad se disminuyó a 0,17 pez/L y la quinta y sexta semana a una densidad de 0,1 pez/L.



**Figura 12.** Alimentación de los alevinos de Pirarucú en laboratorio. **a.** alimento concentrado comercial al 45% de proteína extrudizado a 2mm mezclado con concentrado en polvo **b.** gupis utilizados como alimento vivo para la dieta de los alevinos de Pirarucú **c.** suministro de la mezcla concentrado polvo-extruder a los juveniles de Pirarucú, **d.** suministro del alimento utilizando los alimentadores (fotos Hugo Franco y Alexander López)

## ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Esta parte del estudio fue sometida a estadística descriptiva y las variables se expresaron como promedio  $\pm$  desviación estándar.

## RESULTADOS

El retiro de las crías con tallas entre 2,5 y 8,0 cm de longitud total y su posterior manejo en tanques de concreto y plásticos en laboratorio con recambio de agua diario del 100%, suministro de alimento natural y artificial, garantizó una sobrevivencia promedio superior al 87,8%, manejo en el cual se facilita el entrenamiento alimentario y adaptación a dietas secas, permitiendo el desarrollo de cultivos comerciales para la producción de carne en estanques (tabla 4).

**Tabla 4.** Valores promedio de alevinos de Pirarucú cosechados por cada unidad experimental teniendo en cuenta su procedencia; peso inicial en gramos (Pi), peso final (Pf), talla inicial (Ti) y talla final (Tf); número de crías (N° crías) cosechadas, número de crías vivas (N° vivas) luego del alevinaje por 45 días y el porcentaje de sobrevivencia (sobrev) de cada lote de alevinos.

Procedencia	Tratamiento	Pi (g)	Pf (g)	Ti (cm)	Tf (cm)	N° crias	N° vivas	Sobrev (%)
Andreas 2	T1	0,19	31,16	2,50	14,50	580	539	92,93
P. Pirarucú	T2	1,40	17,96	5,00	12,00	1060	1018	96,04
Uniamma-Pira	T2	0,38	20,22	3,20	12,50	2230	1985	89,01
Andreas 1	T1	0,19	17,96	2,50	12,00	1087	902,21	83,00
Andreas 1	T1	0,32	22,67	3,00	13,00	440	365,2	83,00
Andreas 1	T1	5,51	34,39	8,00	15,00	394	327,02	83,00
	Promedio	1,33	24,06	4,03	13,17	965,17	856,07	87,83
	Desv estd	2,10	7,05	2,15	1,29	689,06	620,36	5,74

El entrenamiento alimentario se realizó durante 45 días, al final de los cuales los alevinos de Pirarucú consumieran en un 100% concentrado extrudizado con 45% de proteína bruta, donde la transición de alimento natural al comercial se hizo de forma gradual. El Pi y el Pf promedio fue de  $1,33 \pm 2,10$  g y  $24,06 \pm 7,05$  g respectivamente; mientras que Ti y la Tf fue de  $4,03 \pm 2,15$  cm y  $13,17 \pm 1,29$  cm. El promedio del número de crías fue de  $965,17 \pm 689,06$  alevinos y número de alevinos fue de  $856,07 \pm 620,36$  alevinos; obteniéndose una sobrevivencia de  $87,83 \pm 5,74\%$ .

## DISCUSIÓN

Rebaza *et al.* (2003) reportaron el retiro de los alevinos de Pirarucú entre 2 y 5 cm con pesos promedio entre 0,06 y 0,80 g y entre 12 y 20 días respectivamente. Padilla *et al.* (2002) recomendaron retirar los alevinos del estanque a los 15 días de edad, con una longitud y peso promedio de 5 cm y 0,80 g respectivamente. Los alevinos son localizados

visualmente en el momento en que salen a la superficie a respirar y la captura se realiza con una red de mano. Halverson (2010) reportó que entre más pequeñas se capturen de las crías de Pirarucú, mayor será el número de individuos cosechados, incluso comenta que si el técnico o productor de Pirarucú posee experiencia, puede coleccionar los huevos o las larvas de Pirarucú y terminar su levante en laboratorio. El tamaño de captura de los alevinos en el presente estudio, coincide con los reportes de Rebaza *et al.* (2003) y Padilla *et al.* (2002) pero no los pesos y de igual manera concuerda con Halverson (2010) cuando afirma que entre más pequeños se cosechen los alevinos, mayor será el número capturado.

El propósito de realizar el levante de alevinos de Pirarucú en piletas es el de lograr que se adapten al consumo de dietas secas y se obtengan porcentajes de sobrevivencia altos. En esta etapa de vida (5-10 cm) se logra con mayor facilidad el acostumbramiento al alimento artificial que cuando se realiza con individuos de mayor tamaño (mayor de 10 cm).

En estudios de entrenamiento de peces carnívoros al consumo de dieta seca, se destaca la importancia de un manejo de primera alimentación con dietas vivas y luego se inicie el entrenamiento con la inclusión gradual de las dietas artificiales. Vergara & Hoyos (2005) para larvas de Bagre Blanco *Sorubim cuspicaudus* realizaron un entrenamiento alimentario para adaptar a los peces a dietas comerciales de manera gradual y en un periodo de 30 días lograron la transición del alimento vivo (nauplios de *Artemia*) al alimento comercial (concentrado al 48% de proteína bruta) alcanzando



sobrevivencias hasta del 63,5%. Smerman *et al.* (2002) realizaron el entrenamiento alimentario a partir de la cuarta semana con larvas de Pintado (*Pseudoplatystoma sp*) reemplazando el alimento vivo gradualmente por el alimento comercial; iniciando con un 80% de alimento vivo y 20% de ración comercial y tres semanas después finalizando con 20% de alimento vivo y 80% de ración comercial. Una semana después la alimentación fue de un 100% de alimento comercial. Estos autores reportaron sobrevivencias del 6,5% con Pintados de ocho semanas de vida.

Para la presente investigación el entrenamiento alimentario se inicio en la primera semana de manejo, donde se inicio una transición gradual de alimento vivo en un 90% y 10% alimento concentrado con 45% de proteína bruta. Esta sustitución de alimento vivo a ración comercial se prolongó hasta la sexta semana donde se consiguió un suministro de alimento comercial en un 100% con una sobrevivencia de 87%. Estas sobrevivencias fueron superiores a las reportadas por Smerman *et al.* (2002) y Vergara & Hoyos (2005) quienes realizaron un entrenamiento alimentario similar en peces carnívoros.

A medida que los alevinos de Pirarucú iban creciendo, necesitaron mayor espacio y alimento. Cuando las densidades eran de un 1 pez/L, los animales se estresaron y presentaron lesiones en la aleta caudal causada por mordeduras entre sí. Para solucionar o prevenir este problema fue necesario disminuir densidades de siembra entre la tercer y cuarta semana a un animal por cada seis litros de agua (0.17 pez/L) y ampliar la frecuencia de alimentación diaria. Halverson (2010) reportó estas lesiones a las mismas



densidades, corrigiendo el problema bajando densidades y aumentando el número de comidas por día.

Alevinos de 20-30 g (12-15 cm) mantenidos a una densidad de 1 pez/L presentaron problemas de estrés al no suministrarles alimento *al libitum* por lo menos 4 veces al día. Cuando se incrementó la frecuencia de alimentación se manejaron en estas condiciones hasta alcanzar los 80-100 g en promedio. En este momento, se recomienda el inicio de la precría en estanques de tierra con una dieta de 100% concentrado.

Los alevinos de Pirarucú son capaces de comer más de lo que se deben, por eso grandes cantidades de alimento suministrado pueden ser fatales. Es mejor ofrecer pequeñas raciones pero con mayor frecuencia. El porcentaje de alimento que se ofrece para el consumo es difícil de calcular, la mejor manera de ajustar la cantidad de alimento vivo a ser ofrecido es examinando la barriga de los peces durante la alimentación (Halverson 2010). Según Pereira-Filho (2002) el porcentaje mínimo de proteína en concentrado para Pirarucús hasta 1 Kg, con 50% proteína bruta, recomendándose harina de pescado, y de 1 Kg en adelante de 40 a 45% de proteína bruta, ya que los Pirarucús son carnívoros y requieren de dietas ricas en proteína.

Durante las primeras semanas de vida, los alevinos de Pirarucú viven activos y en busca de alimento las 24 horas del día. Por lo que se sugiere el suministro de alimento de manera frecuente en cantidad y calidad para evitar un retraso en el desarrollo de los peces y un deterioro en el bienestar del pez evitando mortalidades. Es necesario el suministro

de alimento vivo como zooplancton y/o *Artemia*, los cuales pueden ser consumidos por los alevinos de Pirarucú sin mayores problemas hasta cuando alcanzan una longitud total de 25 cm; ya que la especie a pesar de ser un carnívoro, posee rastrillos branquiales bien desarrollados que le permiten filtrar este tipo de alimento, facilitando entonces el proceso de entrenamiento alimentario, obteniéndose entonces en un periodos de seis semanas individuos con pesos y tallas en promedio de 20 g y 15 cm, la cual es la talla comercial de la especie, momento en que se debe iniciar la fase de precria en estanques en tierra

Para el Caquetá no existen estudios de mercado que establezcan la demanda local de alevinos de Pirarucú. La producción promedio anual de 1181 alevinos (2001-2010) y la anual producida en el presente trabajo de 2895 alevinos (2009-2010) permiten el establecimiento de unidades productivas comerciales importantes que podrían ser el inicio de una actividad rentable y lucrativa para los piscicultores de la región.

### **CAPITULO 3. INFLUENCIA DEL FACTOR AMBIENTAL PARA LA REPRODUCCIÓN DEL PIRARUCÚ EN CAUTIVERIO**

#### **RESUMEN**

Durante los meses de noviembre de 2008 a mayo de 2010 se midieron parámetros físicos y químicos del agua en los estanques donde se manejaron los reproductores de Pirarucú; además se obtuvieron los datos de precipitación y brillo solar para la región durante ese mismo periodo; para relacionar las variables ambientales con la reproducción del *A. gigas* en la región del pie de monte amazónico Caqueteño. Se estableció la precipitación como un factor principal que podría predisponer el inicio de las reproducciones en estanques, bajo las condiciones de densidad de siembra y alimentación ofrecidas, cuando las lluvias alcanzan un valor cercano a los 250 mm/mes. Este nivel de lluvias se registró durante los meses de febrero a abril en los dos (2009- 2010). El inicio de los desoves estuvo asociado al inicio lluvias; aunque se encontró que otros factores pueden tener una influencia en la reproducción de esta especie, como pH, la temperatura y brillo solar; los cuales mostraron cambios durante los meses en que se presentaron reproducciones.

Estos resultados permiten sugerir que las reproducciones de la especie en cautiverio no son completamente controladas, debido a la importancia de la influencia ambiental para el estímulo y regulación de sus desoves en estanques, estímulos que se podrían, de alguna forma, controlar mediante simulaciones de lluvias o factores como la

temperatura y brillo solar, que podrían favorecer las reproducciones en otras épocas del año si los reproductores se encuentran en las densidades adecuadas y recibe una tasa de alimentación apropiada.

## **INTRODUCCION**

El proceso reproductivo de los peces es controlado tanto por factores biológicos endógenos como por factores ambientales (Urbinati 2005). Según Patiño (1997), las variables ambientales que controlan la reproducción pueden dividirse en dos grupos: los factores iniciales (fotoperiodo, temperatura, ciclo de las lluvias); los cuales ayudan a sincronizar el proceso reproductivo con el ciclo ambiental y los factores finales (calidad del agua, disponibilidad de alimento, ausencia de predadores, ciclo de las lluvias) aquellos que determinan cuando y donde sucede la reproducción; por lo tanto los factores ambientales que controlan la reproducción de los peces incluyen factores físicos, químicos y biológicos.

Los factores ambientales son detectados por los órganos de los sentidos (ojos, línea lateral, olfato, glándula pineal) y convertidos en señales neurales que desencadenan respuestas del hipotálamo, liberando mensajeros químicos conocidos como hormonas liberadoras que estimulan a la hipófisis (sistema endocrino) para que libere hormonas gonadotrópicas (GtH), las cuales a su vez actúan sobre las gónadas para que se produzcan los esteroides sexuales responsables del crecimiento y maduración de los gametos, ovulación/espermación y desove, si las condiciones ambientales son las adecuadas (Patiño 1997, Muñoz *et al.* 2009).

En este sentido, este capítulo analizó la relación de los diferentes factores ambientales que podrían estimular o favorecer la reproducción en cautiverio de Pirarucú teniendo en cuenta las variables físicas y químicas del agua como pH, oxígeno disuelto (OD), alcalinidad, temperatura, dureza y alcalinidad total; además de algunas variables ambientales como brillo solar (horas/día) y precipitación (mm/mes) y su correlación la reproducción del Pirarucú en estanques.

## **METODOLOGIA**

### **CALIDAD DEL AGUA EN LAS UNIDADES EXPERIMENTALES**

Los muestreos de calidad de agua se realizaron en cada unidad experimental dos veces a la semana, entre las 06:00 y 07:00 horas. Se registró la concentración del OD, temperatura, pH, alcalinidad y dureza con el uso de un HACH FF1. También se recopilaron los datos diarios de brillo solar y precipitación de la estación meteorológica del aeropuerto y del IDEAM (Centro de Investigación de Macagual/Universidad de la Amazonia, Florencia).

## **ANALISIS ESTADISTICO**

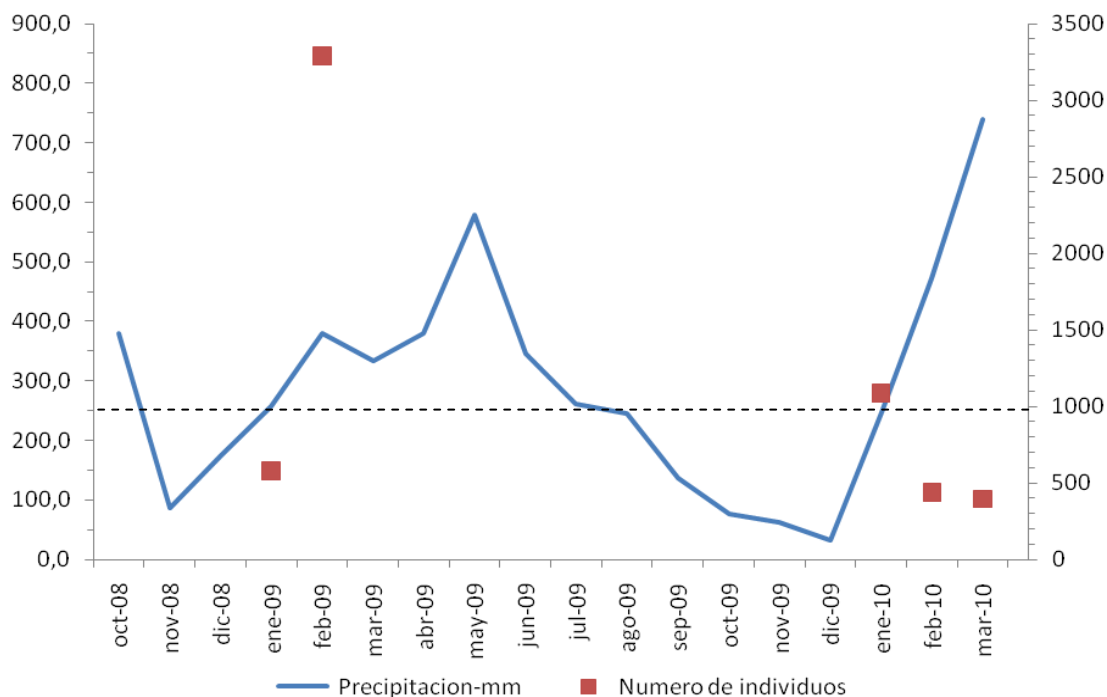
### **ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES**

Para analizar las relaciones de las variables ambientales con el número de crías se realizó un de análisis de componentes principales con la ayuda del programa XLSTAT.3.02 para Excel (2009).

## RESULTADOS

### PRECIPITACION

En la figura 13 (anexo 22) se registran los promedios mensuales de precipitación reportados por el IDEAM para la región de estudio, en los cuales se observa un incremento de las precipitaciones a partir del mes de febrero extendiéndose hasta junio, coincidiendo con la temporada reproductiva del Pirarucú; en estos meses es cuando se han presentado las reproducciones en cautiverio reportados para el Caquetá (Franco & Peláez 2007). Cuando las precipitaciones alcanzan niveles de 250 mm/mes, se inician las reproducciones; sin embargo los desoves no se presentan en los niveles altos de precipitación ni en los descensos.



**Figura 13.** Precipitación y número de crías producidas para los meses indicados. Obsérvese que al incrementarse la precipitación y al llegar los niveles a 250 mm/mes, se inician las reproducciones, hecho que no se presenta en los niveles altos de precipitación ni en los descensos.

## BRILLO SOLAR

En la figura 14 (anexo 23) se presentan los promedios mensuales de brillo solar reportados por el IDEAM para la región de estudio. Se observa una disminución en las horas de sol a partir del mes de marzo extendiéndose hasta julio, coincidiendo con la temporada reproductiva del Pirarucú, ya que en estos meses es cuando se han presentado las reproducciones en cautiverio reportadas para el Caquetá.

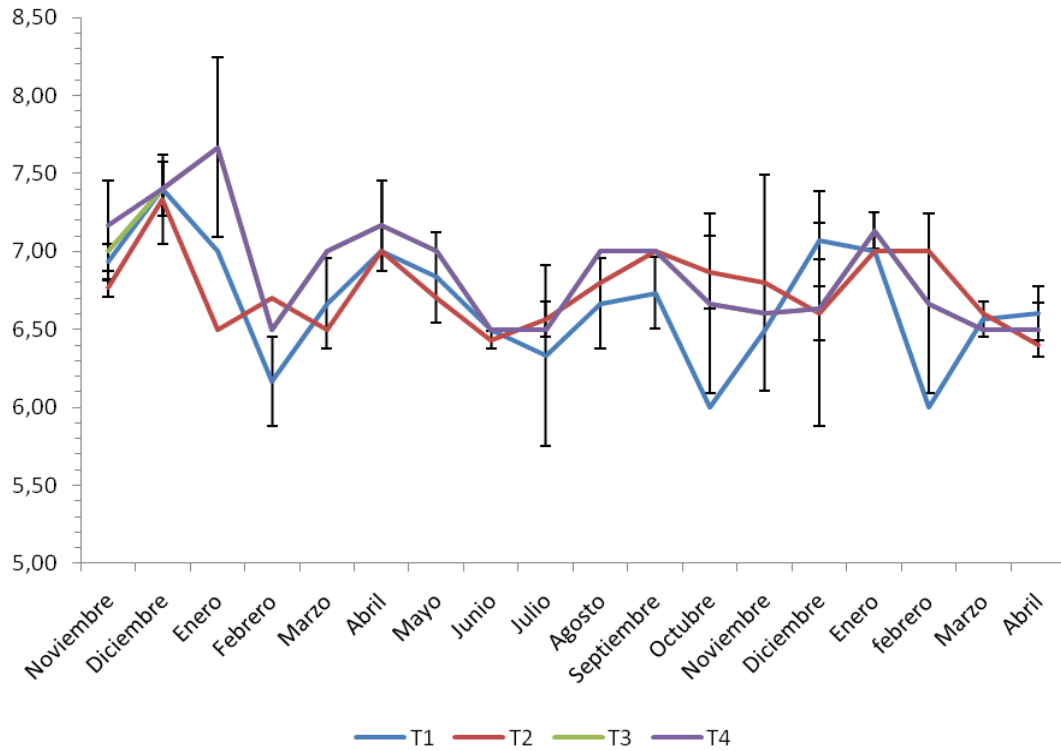


**Figura 14.** Promedios mensuales de brillo solar en horas registrados por el IDEAM para los años 2008-2010

## CALIDAD DE AGUA

Las figuras 15, 17, 19, 21 y 23 muestran los valores promedio mensuales por tratamiento de pH, temperatura, alcalinidad, dureza y oxígeno disuelto durante el estudio; mientras que las figuras 16, 18, 20, 22 y 24 registran los promedios mensuales por cada

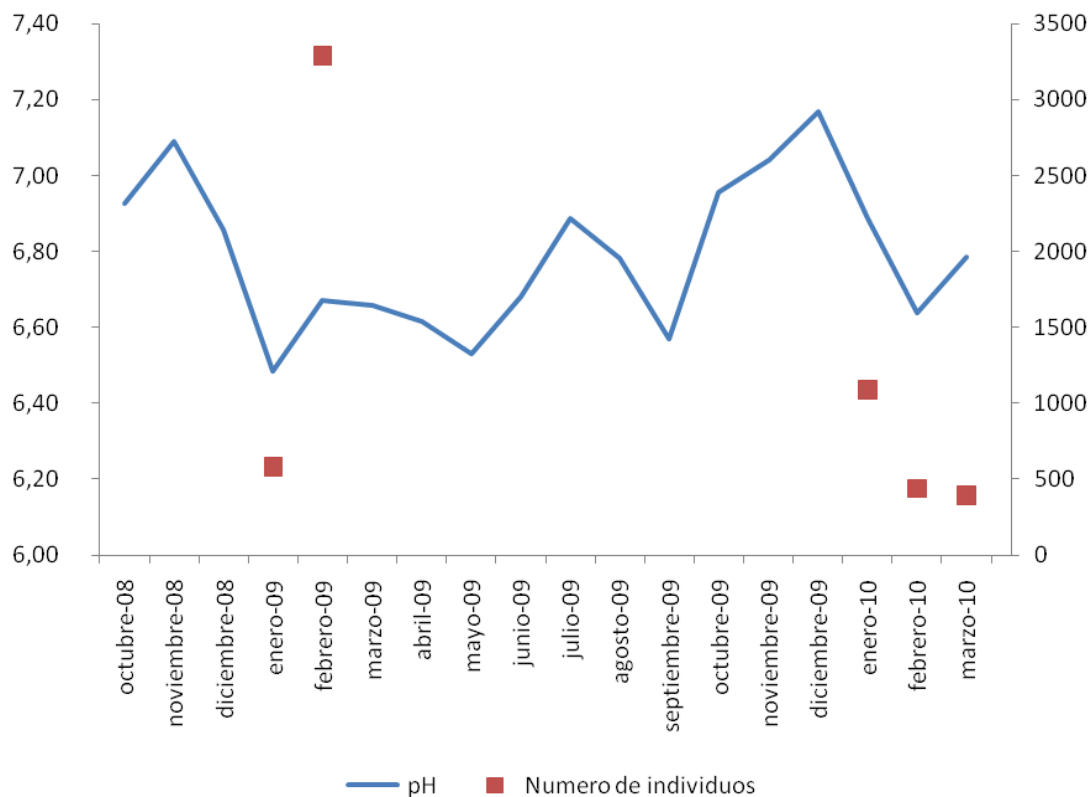
una de estas variables y número de alevinos cosechados por mes durante el estudio (anexo 21).



**Figura 15.** Registros de pH promedio mensual y desviación estándar para los diferentes tratamientos a los que fueron sometidos los reproductores de Pirarucú.

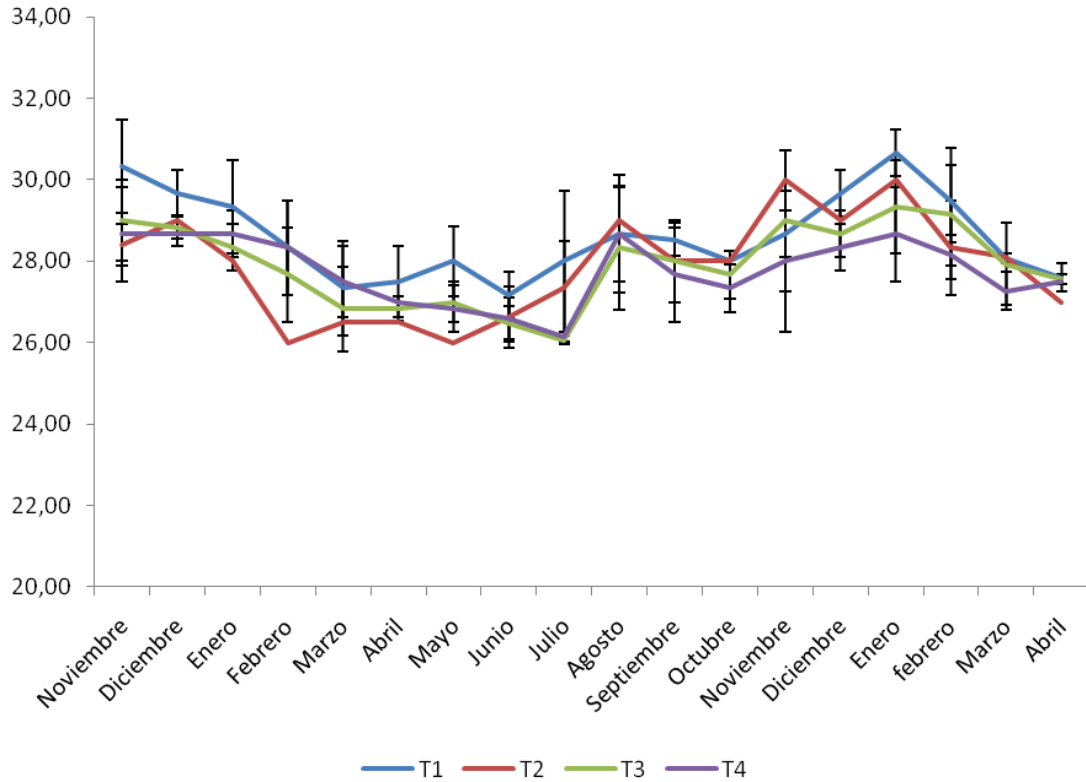
El pH registrado durante el periodo de la investigación mostró valores similares entre tratamientos que oscilaron de 6 a 7,6, donde los mayores registros se presentaron para el mes de enero de 2009 y los menores para los meses de febrero, octubre de 2009 y febrero de 2010 (figura 15).





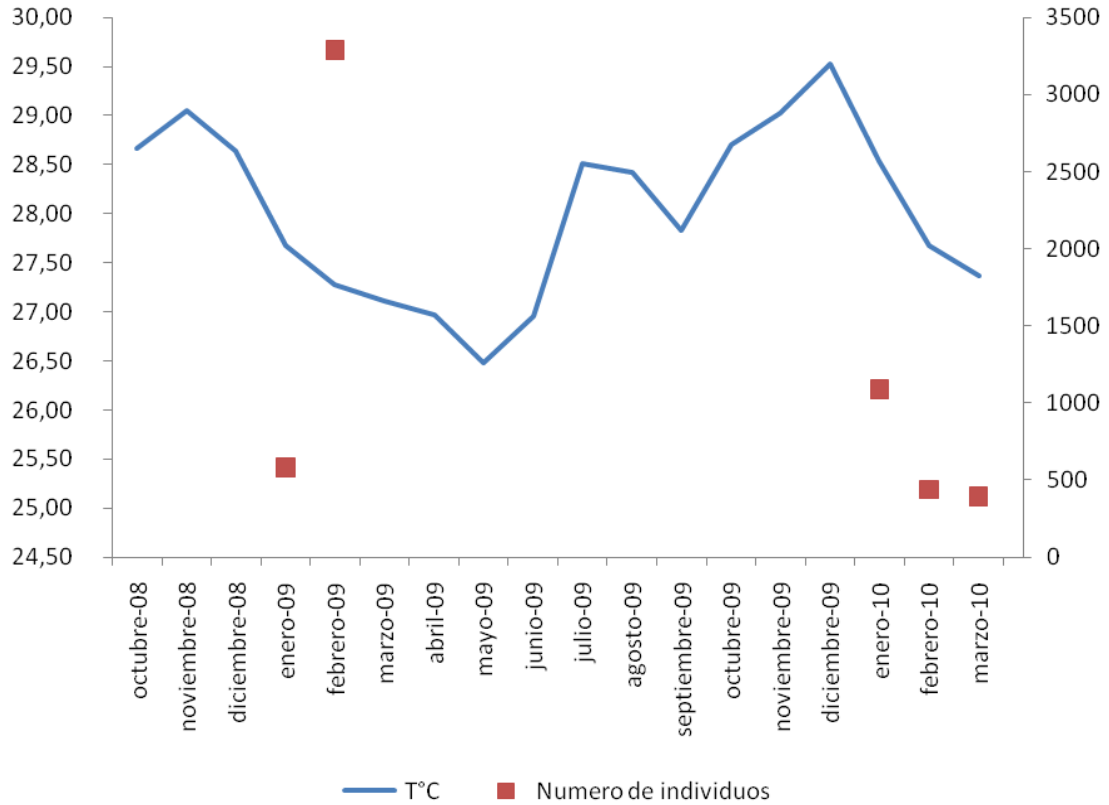
**Figura 16.** Registros de pH promedio mensual y número de alevinos cosechados por mes durante el estudio.

Los registros promedio mensual de pH no muestran mayores variaciones (6,5-7,2). Para el periodo de enero, febrero de 2009 y 2010 se presentaron las reproducciones de Pirarucú, época donde disminuyó el pH (6,6-6,4). Los meses con los mayores registros promedio de pH fueron noviembre de 2008 y diciembre de 2009, periodos donde no hubo reproducciones (figura 16).



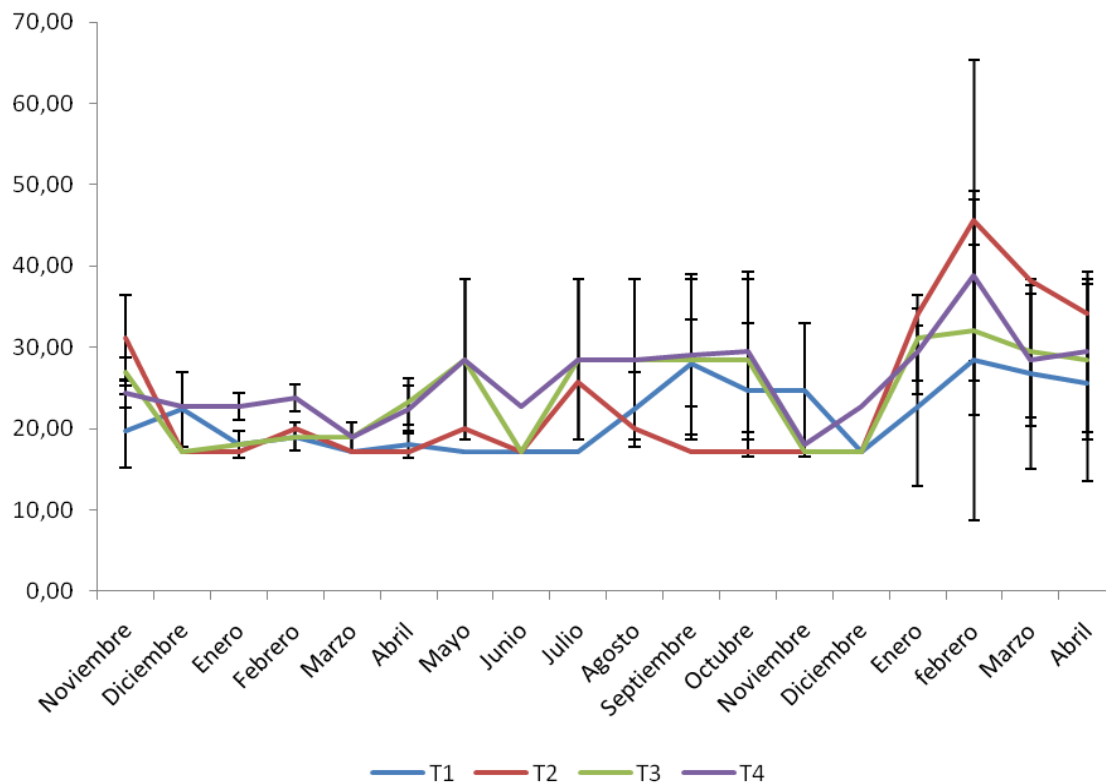
**Figura 17.** Registros de Temperatura (°C) promedio mensual y desviación estándar para los diferentes tratamientos a los que fueron sometidos los reproductores de Pirarucú.

La temperatura (°C) registrada durante el periodo de la investigación mostró valores sin variaciones importantes entre tratamientos, donde los mayores registros se presentaron para el mes de noviembre de 2008, 2009, enero y febrero de 2010, los menores para marzo y mayo de 2009 y marzo y abril de 2010 (figura 17).



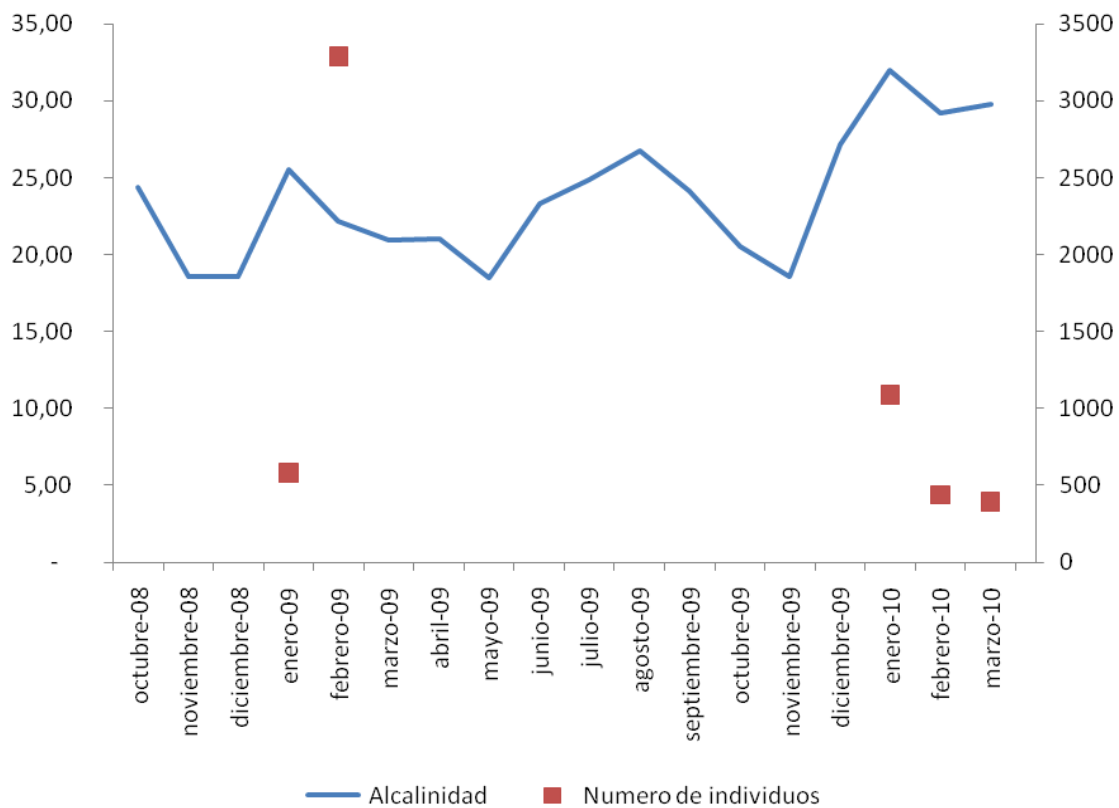
**Figura 18.** Registros de Temperatura (°C) promedio mensual y número de alevinos cosechados durante el estudio.

Los registros promedio mensual de temperatura muestran variaciones difíciles de contrastar con la producción de alevinos presentada en el periodo de investigación. Aunque se observa cuando la temperatura mostró sus mayores valores (noviembre y diciembre de 2008) y esta inició su descenso (enero y febrero de 2010) fue el periodo donde se presentaron las reproducciones (figura 18).



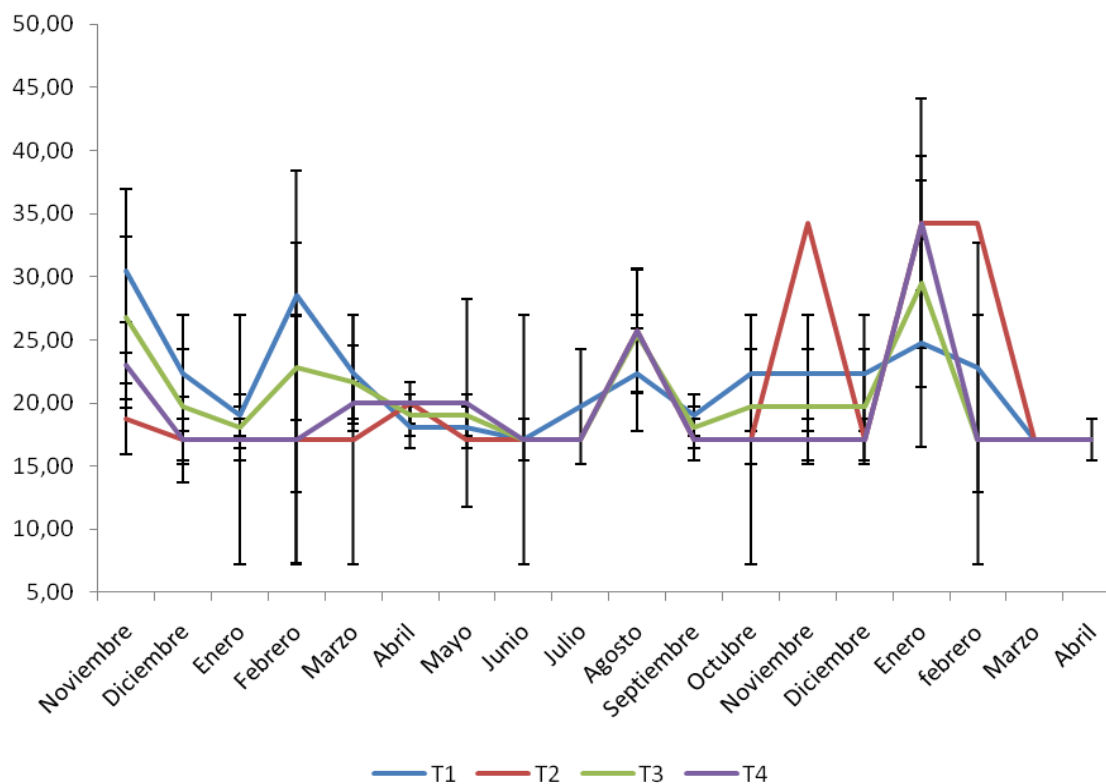
**Figura 19.** Registros de alcalinidad (mg/l) promedio mensual y desviación estándar para los diferentes tratamientos a los que fueron sometidos los reproductores de Pirarucú.

La alcalinidad registrada durante el periodo de la investigación mostro valores sin variaciones importantes entre tratamientos, excepto para los meses de febrero y marzo de 2010 (figura 19).



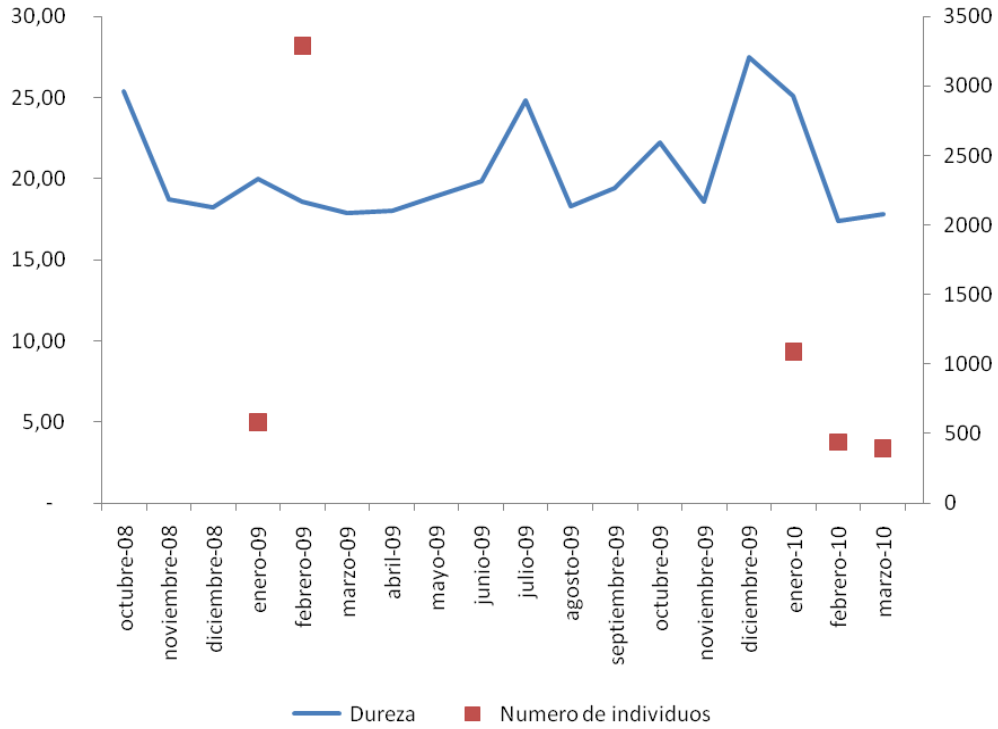
**Figura 20.** Registros de Alcalinidad (mg/l) promedio mensual y número de alevinos cosechados durante el estudio.

Los registros promedio mensual de alcalinidad muestran variaciones difíciles de contrastar con la producción de alevinos presentada en el periodo de investigación. La alcalinidad registrada osciló entre 20 y 30 mg/l (figura 20).



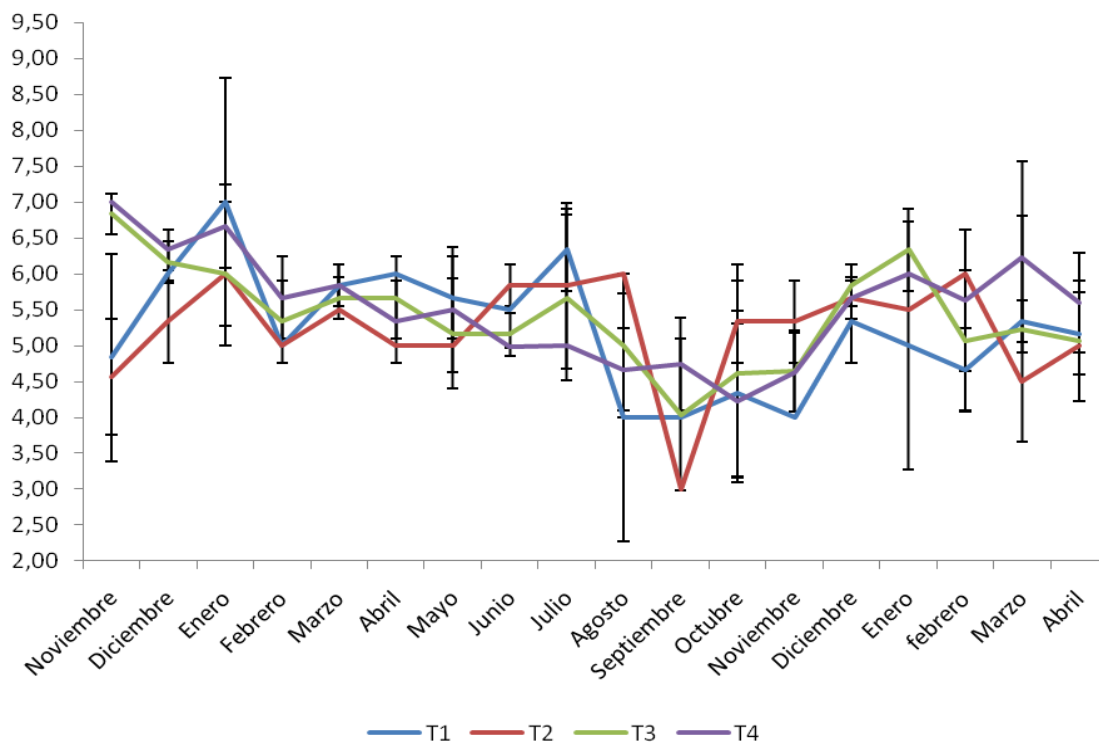
**Figura 21.** Registros de dureza (mg/l) promedio mensual y desviación estándar para los diferentes tratamientos a los que fueron sometidos los reproductores de Pirarucú.

La dureza registrada durante el periodo de la investigación mostro valores similares entre tratamientos que oscilaron de 17,5 a 35, donde los mayores registros se presentaron para los meses de noviembre de 2009, febrero y marzo de 2010 (figura 21).



**Figura 22.** Registros de Dureza (mg/l) promedio mensual y número de alevinos cosechados durante el estudio.

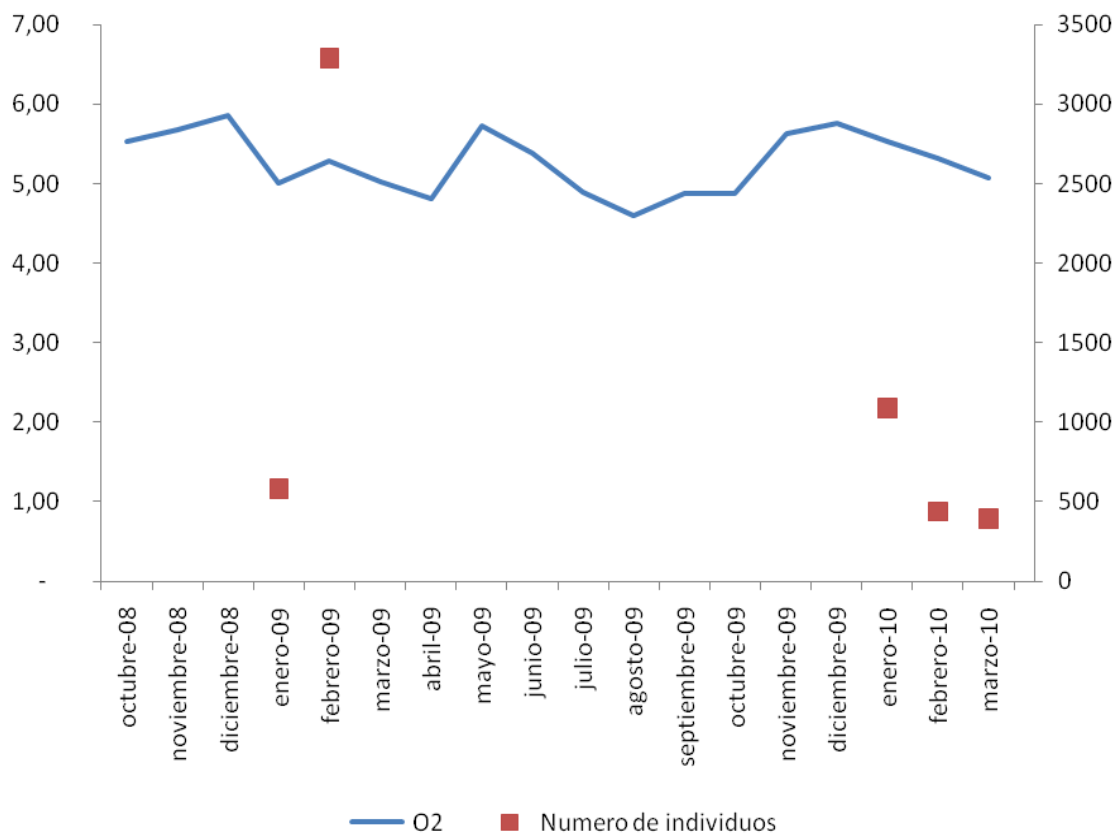
Los registros promedio mensual de dureza muestran variaciones difíciles de contrastar con la producción de alevinos presentada en el periodo de investigación (figura 22).



**Figura 23.** Registros de Oxígeno (mg/l) promedio mensual y desviación estándar para los diferentes tratamientos a los que fueron sometidos los reproductores de Pirarucú.

El oxígeno disuelto registrado durante el periodo de la investigación mostró valores sin variaciones importantes entre tratamientos, excepto para los meses de noviembre de 2008 y septiembre de 2009 donde se presentaron los menores y mayores registros de OD (figura 23).





**Figura 24.** Registros de Oxígeno (mg/l) promedio mensual y número de alevinos cosechados durante el estudio.

Los registros promedio mensual de oxígeno muestran variaciones difíciles de contrastar con la producción de alevinos presentada en el periodo de investigación (figura 24).

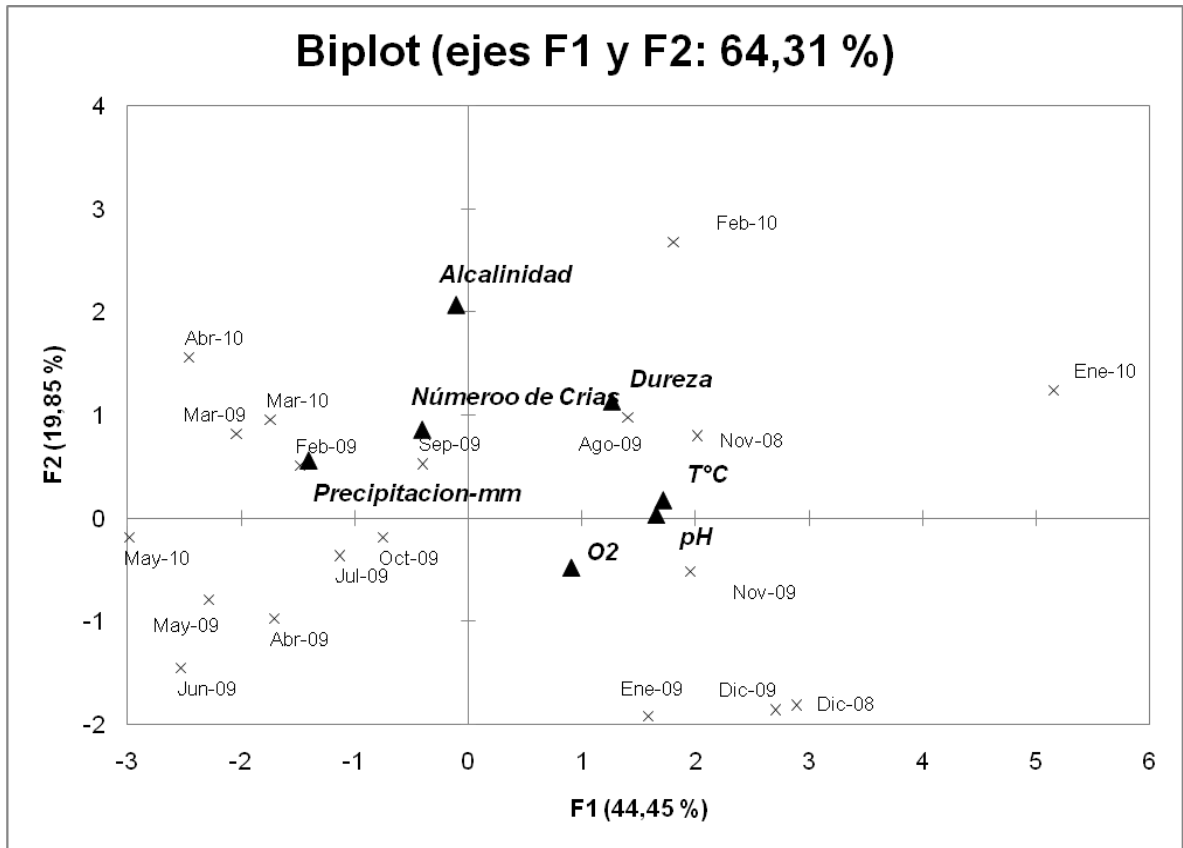
#### ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El análisis de componentes principales (ACP) muestra una relación entre la precipitación y el número de individuos (crías producidas) y entre el pH y la temperatura. El oxígeno disuelto no se relaciona con ningún otro factor; así como la alcalinidad y la dureza total (figura 25).

**Tabla 5.** Valores propios de los Componentes Principales efectuado a las variables ambientales y número de crías de los estanques utilizados para el manejo de los reproductores de Pirarucú, teniendo en cuenta los siete primeros ejes.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
pH	0,517	0,013	0,052	-0,075	-0,429	0,551	-0,487
Alcalinidad	-0,033	0,789	-0,161	-0,150	-0,317	-0,427	-0,212
T°C	0,536	0,067	-0,071	0,152	-0,332	-0,071	0,752
O2	0,283	-0,182	0,652	-0,537	0,026	-0,413	-0,042
Dureza	0,395	0,432	-0,045	-0,150	0,754	0,246	0,062
Precipitación-mm	-0,439	0,214	0,160	-0,542	-0,188	0,510	0,383
Número crías	-0,127	0,328	0,717	0,587	-0,008	0,134	0,020

En el ACP de las variables ambientales y número de crías, los tres primeros ejes explican el 79,2% de la varianza de los datos. El primer eje explica el 44,45% de la varianza, en donde los datos que más contribuyen en el agrupamiento en este eje son la temperatura y el pH con 0,536 y 0,517, respectivamente (Tabla 5). En este eje el mes de febrero de 2010 es el que mayor aporta en el extremo positivo (inicio de las lluvias). Mientras que los meses de diciembre de 2008 y 2009 y enero de 2009 son las de mayor aporte en su extremo negativo (disminución de lluvias) respecto del segundo eje (Figura 25).



**Figura 25.** Análisis de Componentes Principales de las variables ambientales y número de crías de los estanques utilizados para el manejo de los reproductores de Pirarucú, para los dos primeros ejes. La x corresponde a la fecha de los registros analizados enunciados en el anexo 21.

El segundo vector explica el 19,85% de la varianza. En el extremo positivo, la variable alcalinidad es la de mayor aporte (0,78), seguido de la dureza (0,43) (Tabla 5; Figura 25). Los meses de abril de 2010, marzo de 2010 y marzo de 2009 y septiembre de 2009 se encuentran asociadas al extremo positivo de este eje previo al inicio de las lluvias mostrando un incremento paulatino en ellas.

El tercer vector explica el 14,9% de la varianza. En el extremo positivo, el número de crías es el de mayor aporte (0,71), seguido del oxígeno (0,65) (Tabla 5; Figura 25). El

mes de septiembre de 2009 se encuentra asociada al extremo positivo de este eje marcando la disminución de las lluvias mostrando un detrimento paulatino en ellas.

## **DISCUSIÓN**

El ACP muestra una relación entre la precipitación y el número de crías de Pirarucú producidas, donde los meses en que se inician las lluvias (febrero, marzo y abril) es la temporada reproductiva donde se presentan la mayoría de los desoves en cautiverio en el Caquetá. Este fenómeno de reproducción en el inicio de las lluvias también se reporta para el Pirarucú y otras especies en el medio natural, asociada al incremento de los niveles de los ríos (Val & Honczaryk, 1995, Rebaza *et al.* 1999, Campos 2001, Guerra *et al.* 2002, Crossa *et al.* 2003, Rebaza *et al.* 2003, Landines 2005, Saavedra *et al.* 2005, Urbinati 2005, Arias 2006, Franco & Peláez 2007, López-Casas 2007, Chu-koo *et al.* 2008). El brillo solar mostró disminución en la época de reproducción del Pirarucú (febrero-abril), aspecto lógico por el aumento de nubosidad; sin embargo no es evidente una clara relación de esta variable ambiental con el número de crías. El ACP también indicó una relación entre el pH y la temperatura, mostrando un aumento en sus valores debido a la disminución de las lluvias y aumento en el brillo solar. El oxígeno disuelto y la dureza total no mostraron relación con los diferentes parámetros analizados en el estudio; comportamiento estadístico similar se observó con la alcalinidad.

Los registros de calidad de agua de los estanques donde se manejaron los reproductores y la información de precipitación y brillo solar reportada por el IDEAM para los años 2008 a 2010, permitieron verificar observaciones establecidas por otros

investigadores sobre la importancia de los estímulos ambientales para el condicionamiento de la reproducción en *Arapaima gigas* en sistemas controlados; sin desconocer otras condiciones de manejo como la tasa de alimentación y densidad de manejo.

Los resultados del presente estudio muestran una relación de las lluvias sobre los momentos en que ocurre la reproducción del Pirarucú en el presente estudio (figura 25). Lo cual sugiere que además de ofrecer condiciones de densidad y alimentación adecuados de manejo de reproductores de Pirarucú; su reproducción también depende de factores ambientales como las lluvias.

La precipitación se muestra como un factor asociado al inicio de las reproducciones, ya que el comienzo de la temporada reproductiva de *A. gigas* para la región del piedemonte amazónico Caqueteño, se presentó cuando los niveles de precipitación se incrementaron a valores cercanos de 250 mm/mes en promedio, niveles que se presentaron en febrero de 2009 y 2010; momentos en los cuales se produjeron las reproducciones obtenidas en las unidades experimentales que reportaron crías.

Sin embargo un mayor incremento de la pluviosidad no implica más reproducciones. El 90% de las reproducciones presentadas en sistemas controlados para el Caquetá se registraron en los meses de febrero a junio, época en donde se presentan mayores precipitaciones en la región (tabla 6, adaptado de Franco & Peláez 2007). Solo el 10% de los desoves se presentaron en el mes de noviembre de 2008. Para el presente

trabajo los seis eventos reproductivos observados tuvieron suceso dentro de la temporada de máxima precipitación (febrero-abril). Lo cual permite sugerir que el Pirarucú se reproduce en el periodo lluvioso, pero principalmente al inicio del periodo mismo; es decir entre febrero y abril.

Diversos estudios demuestran que las precipitaciones son factores condicionantes de la reproducción de especies del neotrópico como la Sapuara (*Semaprochilodus insignis* y *S. taeniurus*), Cachama negra (*Colossoma macropomum*) y de Matrinxã (*Brycon amazonicus*), todas especies de la Amazonia central, en donde ocurre un periodo marcado de lluvias (Val & Honczaryk, 1995, Rebaza *et al.* 1999, Campos 2001, Guerra *et al.* 2002, Crossa *et al.* 2003, Rebaza *et al.* 2003, Saavedra *et al.* 2005, Franco & Peláez 2007, López-Casas 2007).

Chu-koo *et al.* (2008) reportaron que la temporada de reproducción de la especie tiene su pico en la época de lluvias, cuando se une una pareja de Pirarucús antes de esta temporada y si se le ofrecen las condiciones que ellos requieren; lo cual fue comprobado por el presente estudio; es decir las reproducciones acontecen al inicio del periodo lluvioso a densidades de una pareja por cada 800 m<sup>2</sup> y la tasa de alimentación, con peces forrajeros, por lo menos debe ser del 1% de la biomasa.

**Tabla 6.** Histórico, periodo y numero de reproducciones en cautiverio de Pirarucú (*Arapaima gigas*) presentadas en el departamento del Caquetá (adaptado de Franco & Peláez 2007).

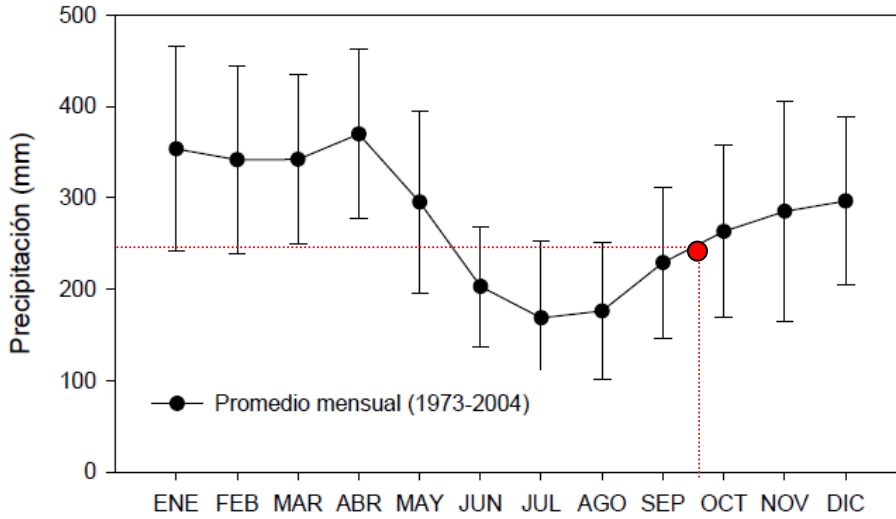
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Total
2001						1				1
2002				1	1					2
2003				1	1	1		1		4
2004						1	1			2
2005										0
2006					1	1				2
2007					1					1
2008	2									2
<b>2009*</b>				<b>1</b>	<b>2</b>					<b>3</b>
<b>2010*</b>				<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>				<b>3</b>
<b>TOTAL</b>										<b>20</b>

\* *Periodo de estudio.*

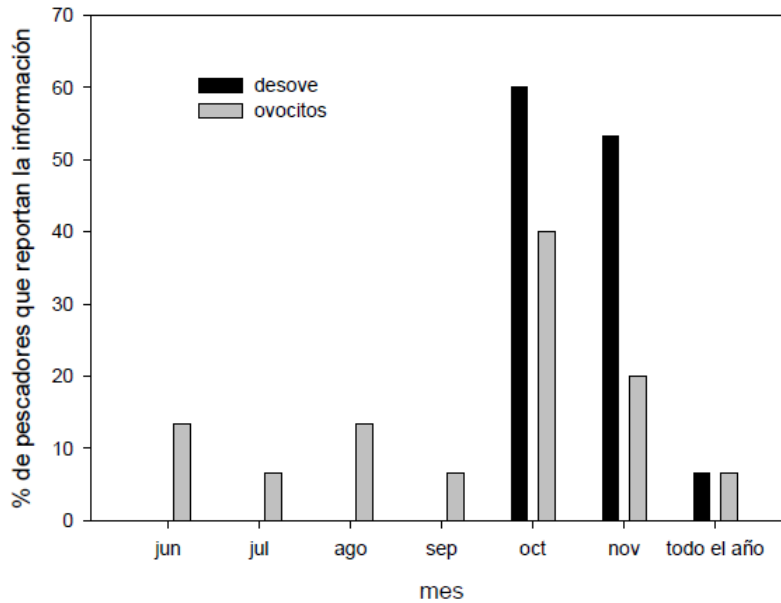
López-Casas (2007) indicó para la región de Puerto Nariño en los lagos Tarapoto, lugar donde habita y se reproduce naturalmente el Pirarucú, precipitaciones promedio anuales de 3325,2 mm; donde la época en la que aumenta paulatinamente la intensidad de las lluvias es septiembre y noviembre (periodo de reproducciones en este sistema lagunar) y de mayor precipitación en diciembre, extendiéndose hasta abril (figuras 26 y 27).

Para el tiempo en que se evaluó el desempeño reproductivo del Pirarucú de esta investigación las reproducciones se presentaron cuando la precipitación promedio mensual se incrementó hasta los 250 mm, similar a lo reportado por López-Casas (2007),

igualmente la anual presentada en la región fue de 3.410 mm, valores similares a los reportados para medios naturales del trapecio amazónico colombiano.



**Figura 26.** Promedio histórico mensual de precipitaciones (mm) en la zona de Leticia ( $\pm$  Desviación estándar; IDEAM 1973 – 2004, Leticia) (Adaptado de López-Casas 2007).



**Figura 27.** Meses en los que los pescadores reportan observar hembras de Pirarucú con ovocitos en sus gónadas y el desove para los lagos de Tarapoto en Puerto Nariño-Amazonas (Tomado de López-Casas 2007)

Landines (2005) y Arias (2006) señalaron que las condiciones ambientales, incluida la nutrición, a que son sometidos los reproductores, son determinantes en



acelerar o inhibir el desarrollo ovocitario, así como la calidad de los huevos y la calidad de las larvas. Entonces, un adecuado manejo de los reproductores para garantizar el éxito de la reproducción y la viabilidad de la cría, debe considerar la calidad del agua, la densidad de siembra y la alimentación para favorecer la reproducción de los *A. gigas*.

Baldiseroto (2002), Landines (2005), Muñoz *et al.* (2009) sugieren que los peces, al ser animales poiquiloterms, muestran adaptaciones fisiológicas muy estrechas con el medio donde viven, exhibiendo ritmos biológicos diarios y estacionales que suelen estar en fase con los factores ambientales que también varían de forma diaria y estacional. Entre estos factores están la luz, la temperatura, la disponibilidad del alimento, la presencia de predadores, los compuestos químicos, entre otros.

La plasticidad adaptativa que exhiben los peces con su medio ambiente sólo es posible gracias a la mediación del cerebro que en primer lugar, integra la información que llega desde el exterior y en segundo lugar, la de las señales hormonales que tienen su origen en los órganos periféricos. En respuesta a estas señales periódicas, provenientes tanto del medio externo como interno, el cerebro sintetiza y libera neurohormonas hipofisótropas (que también siguen unos patrones rítmicos bien definidos) que primero controlan la actividad de la glándula hipófisis y a través de ella al resto del sistema endocrino. De esta manera se establece un doble diálogo temporal, primero entre el cerebro y el medio ambiente externo y luego entre el cerebro y el medio ambiente interno del animal. El resultado final de este diálogo es una respuesta fisiológica de carácter

periódico que afecta a los ritmos del animal tales como su actividad motora, nutricional y reproductora.

En general, la actividad reproductora está restringida a épocas muy concretas del año que suelen ser las más favorables para la supervivencia de la especie, pudiendo integrar la información proveniente del exterior, para medir el tiempo y sincronizar su actividad reproductora produciendo los gametos en la época más favorable para la supervivencia de la progenie.

Estas variaciones en la duración de los días y en la temperatura del agua son periódicas y repetitivas de un año a otro y representan señales muy fiables para los peces. En respuesta a estas variaciones cíclicas, y de forma adaptativa, los animales han seleccionado la época del año que resulta más favorable para la reproducción y la supervivencia de su progenie. Esto hace que algunas especies se reproduzcan en invierno y que otras se reproduzcan en verano y otras en diferentes momentos del año.

Pero para que la reproducción tenga éxito, los individuos no sólo deben sincronizarse con las variaciones de los factores ambientales sino que es preciso que se produzca también una sincronización de los reproductores entre sí, de forma que maduren simultáneamente. El desarrollo adecuado de todos estos procesos requiere múltiples y complejas interacciones que tienen lugar a lo largo del eje pineal-cerebro-hipófisis-gónada. Para ello, los individuos disponen de sistemas sensoriales y receptores específicos que perciben los estímulos ambientales (fotoperíodo, temperatura, entre otros.)

y sociales (presencia de otros individuos, densidad de población, proporción de sexos, entre otros) (Mylonas et al. 2009).

Sandoval (2007) reportó que el Pirarucú en el medio natural se reproduce en áreas inundables de la selva en regiones menores de 450 m.s.n.m y en lagos y estanques artificiales, adaptándose bien en zonas mayores de 250 m.s.n.m reportándose su reproducción hasta los 672 m.s.n.m. Lo anterior indica la viabilidad de la reproducción en el pie de monte amazónico Caqueteño ya que se encuentra ubicado a una altura entre los 250 a 280 m.s.n.m; encontrándose en esta región las condiciones requeridas para que reproduzca Pirarucú en cautiverio.

El estímulo y regulación de los desoves de Pirarucú en estanques, se podrían de alguna forma controlar mediante simulaciones de lluvias o manejos zootécnicos específicos de densidad y tasa de alimentación, que conseguirían favorecer las reproducciones en otras épocas del año. Acciones que se deberían realizar mediante nuevas investigaciones y ensayos que permitirían el aumento en la producción de crías en cautiverio de la especie, logrando incluso más de una reproducción por pareja al año, hecho que sería posible gracias a su tipo de reproducción asincrónica.

Urbinati (2005) reportó que el control de la reproducción en peces es un proceso multifactorial que envuelve la interacción de agentes ambientales, sociales, neuronales, endocrinos y nutricionales. En las regiones templadas, factores ambientales como el fotoperíodo y la temperatura del agua son determinantes en la regulación de la

reproducción, mientras que en peces de aguas tropicales cálidas, como la Cachama negra (*Colossoma macropomum*) y el Pirarucú (*A. gigas*) la temperatura es el factor predominante, aunque el fotoperíodo y la precipitación puede modular la gametogénesis.

El pH, la temperatura y la alcalinidad dentro de las variables monitoreadas fueron factores a tener en cuenta, pero con menor efecto que la precipitación, ya que mostraron cambios durante los meses en que se presentaron reproducciones, sin embargo no se comprobó su correlación con la reproducción del Pirarucú.

Las variables que definen la calidad del agua deben mantenerse en el rango considerado normal para las especies de aguas cálidas. En general, para peces amazónicos, la temperatura del agua en los estanques debe mantenerse entre 26 y 29°C, temperaturas inferiores a 22°C influyen negativamente tanto en el crecimiento como en la maduración gonadal. El oxígeno disuelto debe ser mantenido encima de 4.0 mg/L, el pH entre 6 y 9, la dureza y la alcalinidad total (medida como concentración de CaCO<sub>3</sub>) deben presentar valores similares y estar por encima de 30.0 mg /l, mientras que el amonio total no debe exceder concentraciones de 0.1 mg/l (Landines 2005, Atencio 2007). Estos datos coinciden con las condiciones ofrecidas en el presente estudio. Para el manejo de reproductores de Pirarucú, los reportes de calidad de agua son escasos. Rebaza et al. (1999) reportaron que para un estanque con *A. gigas* adultos las condiciones de calidad de agua óptimas deberían estar en promedio de 29°C, pH de 6,5 y OD de 8 mg/l.

Tambien existe mayor información sobre el cultivo experimental para producción de carne de Pirarucú. Sagratzki-Cavero *et al.* (2004) establecieron que el Pirarucú en estanques se comporta bien a una temperatura del agua de 26 a 28°C y OD de 5 a 6 mg/L. Cresencio (2001) indicó que el pH debe ser superior a 5 y la temperatura estar entre 26 a 28°C; Franco *et al.* (2009) reportaron para cultivo comercial de carne de Pirarucú en el Caquetá, una temperatura óptima de 27 a 29 °C, OD de 4 a 6 mg/l, pH de 6 a 7,5, alcalinidad de 17,1 a 68,4 mg/l y una dureza de 17,1 a 34,2 mg/l. Todos estos reportes coinciden con los registros obtenidos en el presente estudio, lo cual sugiere a la región del piedemonte Caqueteño como adecuada para el cultivo de esta especie.

## CONCLUSIONES

- El manejo de reproductores de Pirarucú en estanques a una densidad de siembra de 400 m<sup>2</sup> por reproductor (144-188 g/m<sup>2</sup>) y tasas de alimentación entre 1% y 2% de biomasa al día es adecuada para el manejo reproductivo.
- Los reproductores que se utilicen para la conformación de unidades de producción de alevinos deben tener más de 5 años de edad con tallas superiores a 160 cm de longitud total y pesos de más de 50 kg.
- Una vez se observen los reproductores con las crías, se debe proceder a su captura, para garantizar el mayor número de individuos cosechados. Mientras más rápido y pequeños se capturen los alevinos (menores de 3 cm), mayor será el número colectado.
- En el estanque donde se manejan los reproductores de Pirarucú, se deben evitar pescas o cualquier tipo de actividad que pueda generarles estrés.
- Es necesario un entrenamiento alimentario de los alevinos de Pirarucú al consumo de dietas secas, para el fomento de los cultivos comerciales; el cual requiere un manejo de primera alimentación por diez días con dietas vivas como zooplancton silvestre y *Artemia*, además la transición de dietas vivas a dietas secas debe ser gradual.

- La precipitación es un factor ambiental importante en la reproducción de esta especie, cuando llega a niveles cercanos a los 250 mm/mes, en los meses de febrero-Abril.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda desarrollar nuevas investigaciones procurando el control de los factores ambientales, principalmente las lluvias. De ser posible su simulación, para buscar el estímulo a la reproducción.
- Se recomienda que cuando se establezcan parejas al azar y estas no se reproduzcan durante una temporada, se cambie el macho, con ello se pretende buscar mayor afinidad en las parejas, debido a la dificultad de poner muchos reproductores en un mismo estanque para que ellos mismos seleccionaran su compañero/a y poder luego separar esta pareja.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alcantara, F & V, Montreuil. (2003). Memorias, Seminario taller internacional de manejo de Paiche o Pirarucú. Iquitos, Perú, 21 al 24 de Abril de 2003. 166p
2. Arias, J. Zaniboni-Filho E. Pardo-Carrasco, S, & W, Vásquez-Torres. 2004. ovogénesis del Yamú *Brycon siebenthalae* (Teleostei: Characidae) en cautiverio Actualidades Biologicas. 26 (81): 171-183.
3. Atencio VJ. Reproducción de peces: adaptabilidad, diversidad y aspectos endocrinológicos. Memorias del IX Simposio Colombiano de Ictiología. Santa Marta, 26-28 sep/2007. Santa Marta: Acictios/Universidad del Magdalena, 2007.
4. Baldisserotto, B. 2002. Fisiología de peixes aplicada a piscicultura. Santa Maria. Ed. UFSM. 212p
5. Baldisserotto, B. 2009. Fisiología de peixes aplicada a piscicultura. 2ª edición Santa Maria. Ed. UFSM. 350p
6. Bard, J. & E. P. Imbiriba. 1986. Piscicultura o pirarucú, *Arapaima gigas*. Belém: EMBRAPA-CPATU, Circular Técnica No 52, Belém do Pará. 17 Pp.
7. Campos, L. 2001. Historia Biológica del Paiche *Arapaima gigas* y bases para su cultivo en la Amazonía. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) Programa de Biodiversidad. Iquitos, Perú.
8. Chaparro N. 1983. Reproducción artificial y manipulación genética en peces. Montería. Universidad de Córdoba.



9. Chu-Koo, F. Dugue, R. Alvan, M. Casanova, A. Alcantara, F. Chavez, C. Duponchelle, F. Renno, J-F. Tello, S. & J. Nuñez. 2008. Gender determination in the Pirarucu or Paiche (*Arapaima gigas*) using plasma vitellogenin, 17 $\beta$ -estradiol, and 11-ketotestosterone levels. *Fish Physiol Biochem.* ©Springer Science Business Media B.V.
10. Corporación colombiana de investigación agropecuaria CORPOICA. 2000. Estación meteorológica. Macagual. Florencia. Caquetá. Colombia.
11. Crossa. M, W. Rocha & E Pinto. 2003. Investigación participativa. Uma experiência promissora para el subsidio de programas de manejo del Pirarucú (*Arapaima gigas*) em el bajo Amazonas. *In* Alcantara, & MontreuilMemorias, Seminario Taller Internacional De Manejo De Paiche O Pirarucú. Iquitos, Perú, 21 al 24 de Abril de 2003. 67-82p
12. Daza, P. M. Landines & A. I. Sanabria (Eds). 2005. Reproducción de peces en el Trópico. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá. 246 p.
13. Fontenele, O. 1948. Contribuição o conhecimento da Biología do Pirarucu “*Arapaima gigas*” (Cuvier) em Cativeiro (Actinopterygii, Osteoglossidae). Ministério da Viação e Obras Públicas. Publicação Nº 165, serie 1-C. Brasil, 35p
14. Franco-Rojas, H. H. 2005. Contribución al conocimiento de la reproducción del Pirarucú *Arapaima gigas* (CUVIER, 1887) (PISCES: Arapamidae) en cautiverio. Trabajo de grado, Programa de Biología. Universidad de la Amazonia Florencia-Caquetá.

15. Franco-Rojas, H. H. & M. Peláez. 2007. Manual; Cría y producción de Pirarucú en cautiverio, Experiencias en el piedemonte Caquetense. Caquetá. Colombia. Primera edición. Universidad de la amazonia-Piscicola Pirarucú. Digital editores.
16. Godinho, H.P., J. E. Santos, P. S. Formagio & R. J. Guimarães-Cruz. 2005. Gonadal morphology and reproductive traits of the Amazonian fish *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). *Acta Zoologica* (Stockholm) 86: 289–294
17. Guerra, H., F. Alcántara, P. Padilla, M. Rebaza, S. Tello, R. Ismiño, C. Rebaza, S. Deza, G. Ascon, J. Iberico, V. Montreuil & L. Limachi. 2002. Manual de producción y manejo de alevinos de Paiche. Instituto de investigaciones de la amazonia peruana. IIAP. Editorial Pueblo Libre, Lima, Perú.
18. Halverson, M. 2010. Manual de boas practicas de reproducao e cultivo do Pirarucu em cativerio. SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Editorial Sebrae. Porto Velho. Brasil.
19. Honczaryk, A, & L. B. Monteiro. 2005. Caracterizcao do crescimento, reproducao e perfil hormonal dos esteroides sexuais do Pirarucú *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) em condicoes de cativeiro. INPA. Manaus. Brasil.
20. Kubitza, F. 1997. “Nutrição E Alimentação Dos Peixes” Piracicaba, SP, Brasil.
21. Kunz, Y. 2004. Develomental biology of teleost fishes. Springer edit. Noruega. 638 p
22. Landines, M. 2005. Mecanismos celulares de la reproducción de los peces. Págs 11-20 en: Daza, P. M. Landines & A. I. Sanabria (Eds), Reproducción de peces en el Trópico. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá.

23. López-Casas, S. 2007 El Pirarucú, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817) (Pisces: Osteoglossidae) en los lagos del sistema de Tarapoto: aspectos demográficos y culturales. Tesis Maestría en Estudios Amazónicos. Universidad Nacional de Colombia Sede Amazonia. Leticia. Colombia
24. Lundberg, J. & Chernoff, B. (1992). A miocene fossil of the Amazonian fish *Arapaima* (Teleostei: Arapaimidae) from the Magdalena river region of Colombia: biogeographic and evolutionary implications. *Biotropica* 24: 2–14.
25. Mojica J. I, C. Castellanos, J. S. Usma & R. Álvarez (Eds.) 2002. Libro Rojo de Peces dulceacuícola de Colombia. La serie de libros rojos de especies amenazadas de Colombia. ICN, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia. 287p.
26. Muñoz, J, Zanuy, S, Carrillo, M, Rocha, A, Molés, G, Carrillo, M, Zanuy, S, Bayarri, J, Francesc, H, Fernández-Palacios, Y, Izquierdo, M, Cerdà, J, Herráez, P, Navas, J, Cañavate, J, López, V, Valdebenito, I. 2009. La reproducción de los peces; aspectos básicos y sus aplicaciones en acuicultura. Fundación observatorio español de acuicultura consejo superior de investigaciones científicas ministerio de medio ambiente y medio rural y marino . MADRID. Ed DiScript Preimpresión.
27. Mylonas, C.C., Fostier, A., Zanuy, S., 2009. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction, *General and Comparative Endocrinology*, doi: 10.1016/j.ygcen. 2009.03.007.
28. Padilla, P.P.; Aldea, G. M.; Alcántara, F. B. (2002). Adaptación de paiche *Arapaima gigas*, al alimento artificial. Resúmenes del V Seminario Colombiano

- de Limnología Neotropical. I Reunión Internacional de Limnología del Alto Amazonas. Leticia (Amazonas)- Colombia. 2002.
29. Patiño, R. 1997. Manipulations of the reproductive system of fishes by means of exogenous chemical. *The Progressive Fish-Culturist.*; 59:118-128.
30. Pereira-Filho, M. Cavero, B. Roubach, R. Itassu, D. Granda, A. R, Cresencio. 2002. Engorda do Pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. *INPA Acta Amazonica*. Vol 33 (4): 715-718. Manaus, Brasil.
31. Rebaza, M, F. Alcántara, & M. Valdivieso. 1999. Manual de Piscicultura del Paiche. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana. IIAP -FAO. Perú. Ed. Manati gráficos S.A. 72p
32. Rebaza-Alfaro, M., C. Rebaza-Alfaro & S. Deza-Taboada 2003. Observaciones de la reproducción de Paiche *Arapaima gigas* (Cuvier) en ambientes controlados en el IIAP Ucayali. Págs. 111-123 en: Alcantara-Bocanegra & Montreuil-Frias (eds.). Seminario taller internacional de manejo de Paiche o Pirarucú. WWF.IIAP. Iquitos. Perú.
33. Saavedra, A. Quintero, L. & Landines, M. 2005. Aspectos reproductivos del pirarucú *Arapaima gigas*. Págs. 31 – 41 en: Sanabria-Ochoa, A. I., I. C. Beltrán-Galeano & P. V. Daza (eds). *Biología y cultivo del Pirarucú, Arapaima gigas: bases para un aprovechamiento sostenible*. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá.
34. Sagratzki-Cavero, B, Pereira-Filho M, Moreira, A, Leão da Fonseca, F, Ituassú, D, Roubach, R, Akifumi Ono, E. 2004. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. Instituto Nacional

de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Aquicultura. Manaus, AM.

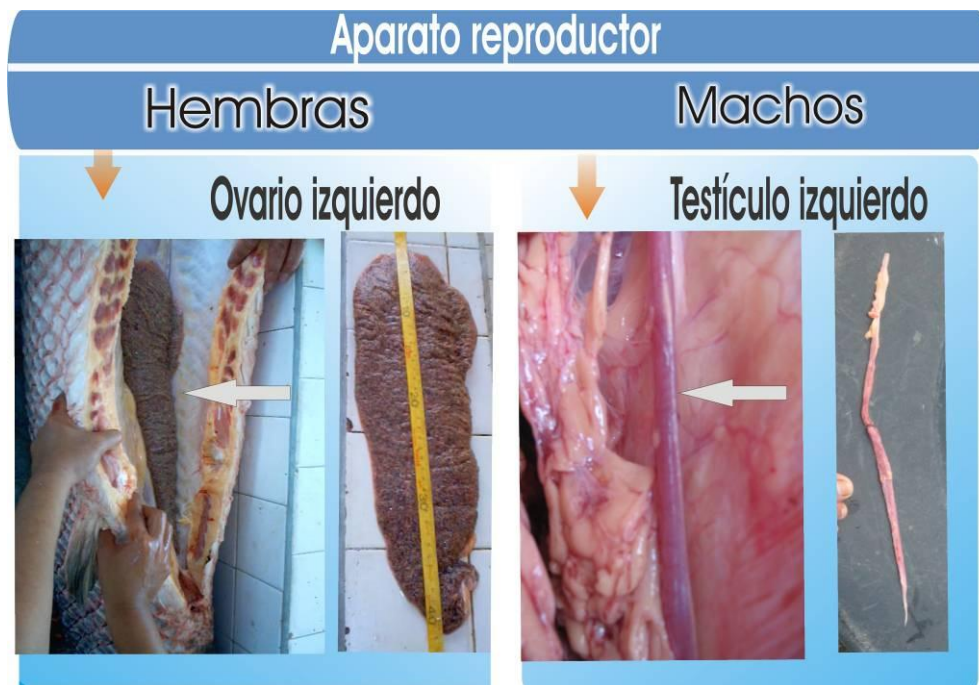
35. Sanabria-Ochoa, A. I., I. C. Beltrán-Galeano & P. V. Daza (Eds.) 2005. Biología y cultivo del Pirarucú *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (pises: Arapaimidae) Bases para un aprovechamiento sostenible. Bogotá. Colombia.
36. Sandoval, M. 2007. Aspectos de manejo, reproducción y alimentación del paiche (*Arapaima gigas*) en la Amazonia peruana. Documento técnico N° 8. BIODAMAZ. PERU- FINLANDIA. IIAP
37. Smerman. W, Diaz. J, Toledo. J, Santos. C & D, Godoi. 2002. Larvicultura de Pintado (*Pseudoplatystoma sp*) em alta floresta-Mato Grosso. Revista de biologia e ciencias da terra, segundo semestre. Volumen 2, numero 001. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, Brasil
38. Soler, M, H. Rodríguez & P. Daza. 1996. Fundamentos de nutrición y alimentación en acuicultura. INPA. Bogotá, Colombia. 342 p.
39. Urbinati E. 2005. Bases fisiológicas de la reproducción en peces tropicales. Págs 23-42 en: Daza, P. M. Landines & A. I. Sanabria (Eds.) Reproducción de peces en el Trópico. Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá.
40. Vergara. R, & Hoyos. J. 2005. Evaluación del entrenamiento del Bagre Blanco (*Sorubim cuspicaudus* Littmann, Burr & Nass, 2000) al consumo de dietas secas. Tesis de pregrado. Universidad de Córdoba. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Programa de Acuicultura. Montería-Cordoba.

41. Wootton R. J. 1989. Introduction strategies and tactics in fish reproduction. In:  
Potts & Wootton (Eds.) *MFish reproduction: strategies and tactics*. London:  
Academic Press,

## ANEXOS



**Anexo 1.** Vista de un Pirarucú adulto (*Arapaima gigas*).

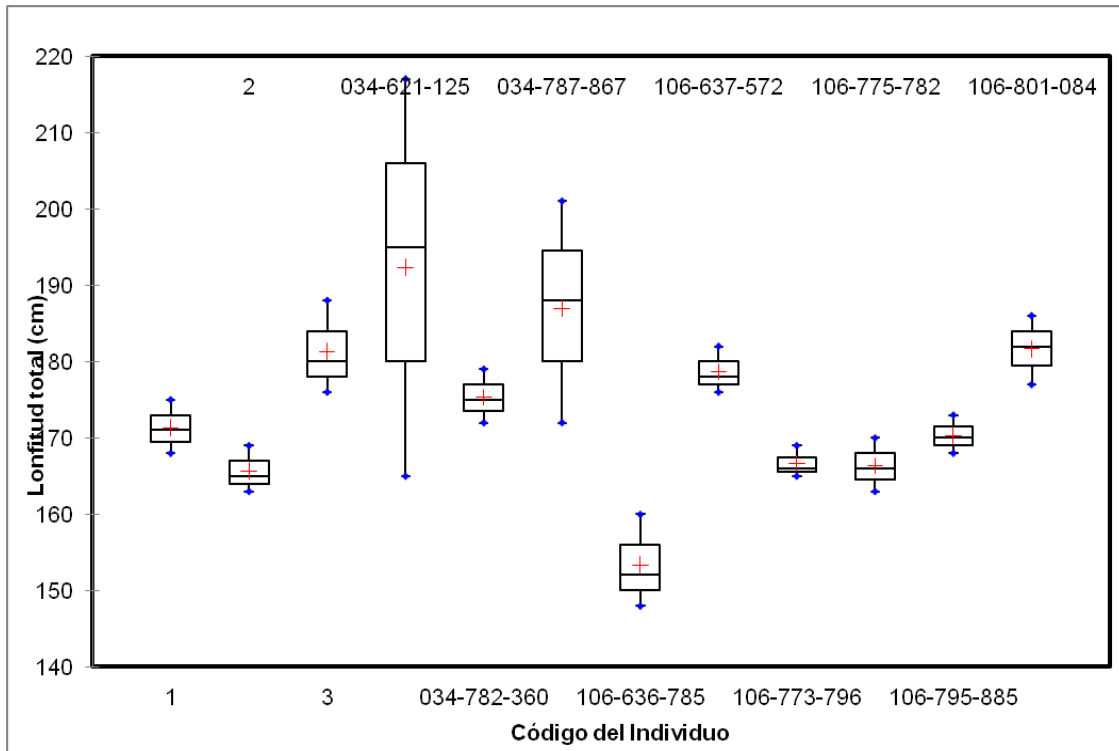


**Anexo 2.** Aparato reproductor del Pirarucú. (hembra izquierda, macho derecha)



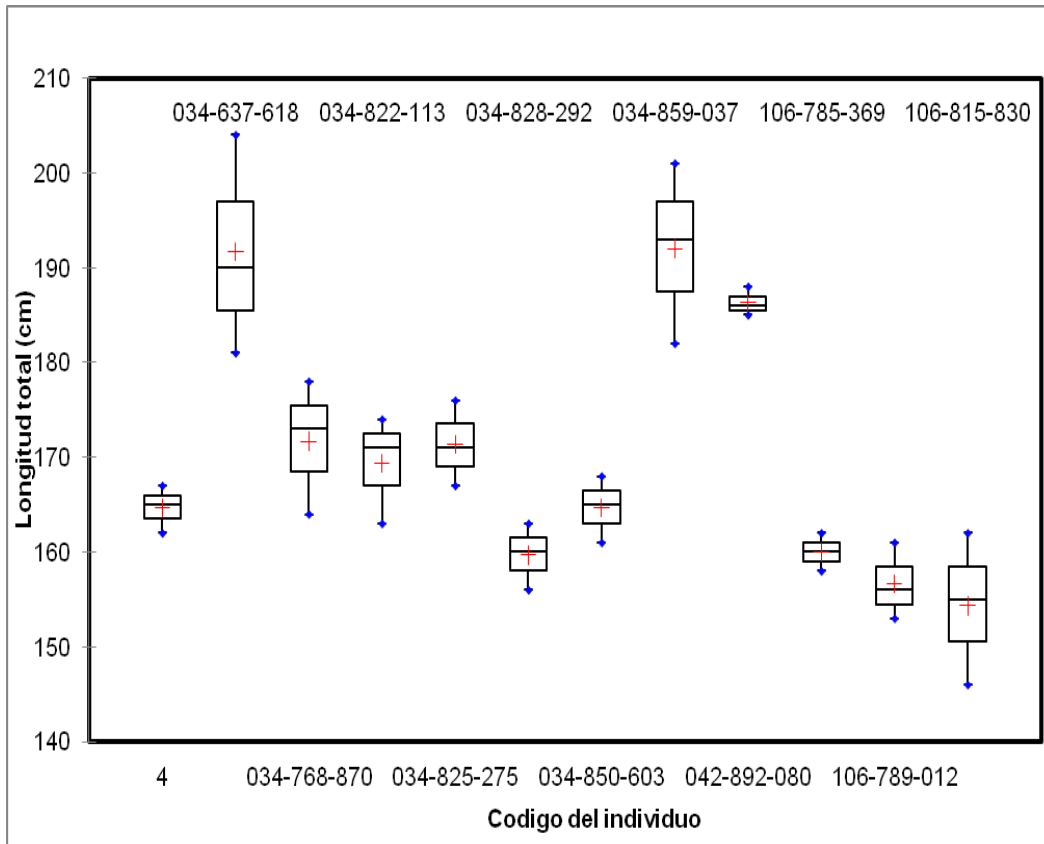
**Anexo 3.** Alevinos de Pirarucú de 2,5 cm cosechados en la primera reproducción de 2010.

**LONGITUD MACHOS**



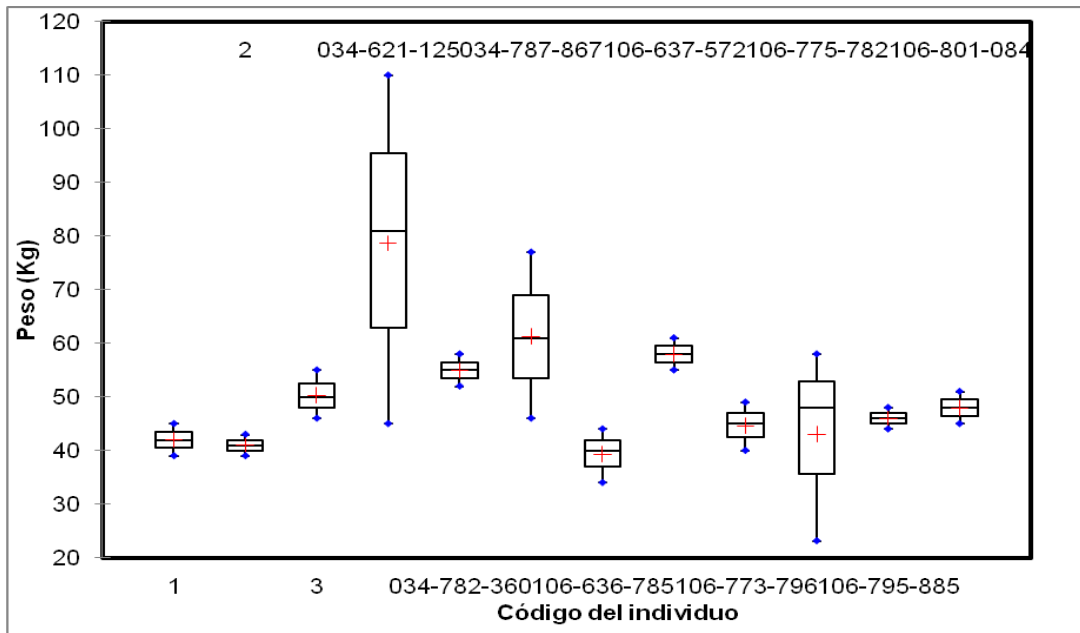


## LONGUITUD HEMBRAS

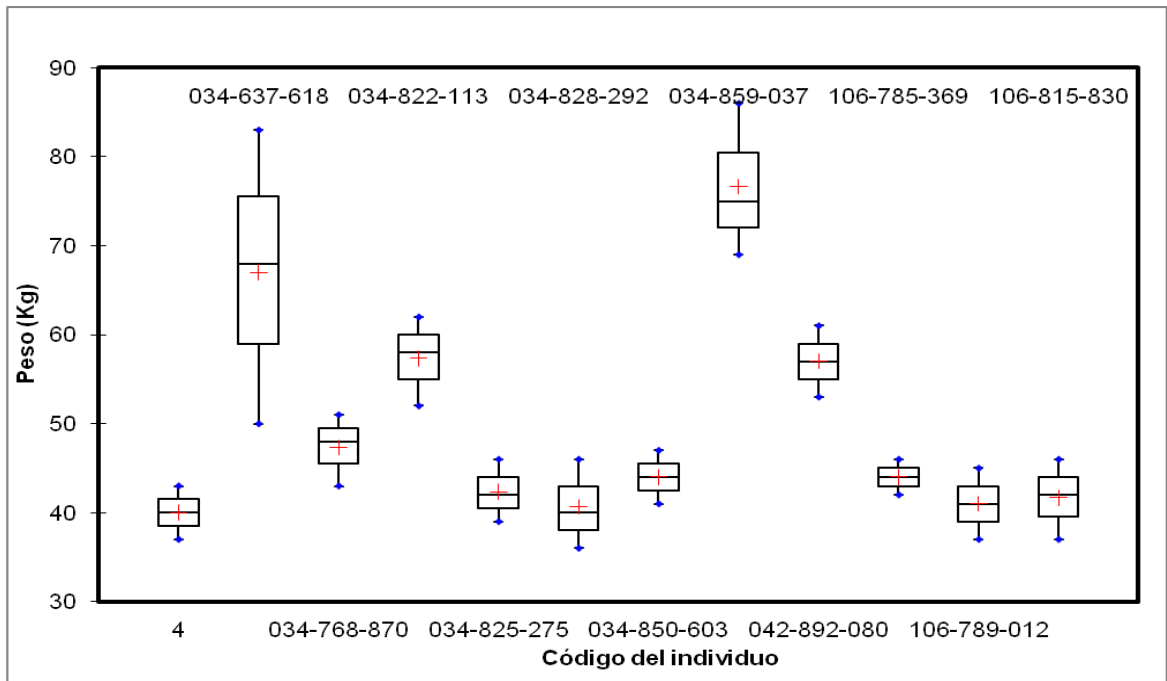


**Anexo 4.** Registros de talla (cm) por individuo (código chip) en hembras y machos de los reproductores de *A. gigas* utilizados en la investigación.

## PESO MACHOS



## PESO HEMBRAS



**Anexo 5.** Registros de peso (kg) por individuo (código chip) en hembras y machos de los reproductores de *A. gigas* utilizados en la investigación.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Incremento en peso- Densidad de siembra y tasa de alimentación

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Densidad	1	320,33	320,33	2,71	0,138
Tasa alimentación	1	184,08	184,08	1,56	0,247
Interacción	1	216,75	216,75	1,83	0,213
Error	8	945,50	118,18		
Total	11	1.666,66			
S= 10,87		R-cuad=43,27%	R-cuad (ajustado)=22,00%		

**Anexo 6.** Valores de Incremento en peso por unidad experimental

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Incremento en peso- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Densidad	1	645,33	645,33	2,88	0,128
Tasa alimentación	1	481,33	481,33	2,15	0,181
Interacción	1	507,00	507,00	2,26	0,171
Error	8	1.794,00	224,25		
Total	11	3.427,66			
S= 14,97		R-cuad=47,66%	R-cuad (ajustado)=28,03%		

**Anexo 7.** Valores de Incremento en peso por sexo (machos)

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Incremento en peso- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Densidad	1	108,00	108,00	1,79	0,217
Tasa alimentación	1	27,00	27,00	0,45	0,522
Interacción	1	48,00	48,00	0,80	0,398
Error	8	482,00	60,25		
Total	11	665,00			
S= 7,762		R-cuad=27,52%	R-cuad (ajustado)=0,34%		

**Anexo 8.** Valores de Incremento en peso por sexo (hembras)

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Incremento en talla- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Densidad	1	133,33	133,33	1,78	0,219
Tasa alimentación	1	140,08	140,08	1,87	0,209
Interacción	1	65,33	65,33	0,87	0,378
Error	8	599,00	74,87		
Total	11	937,75			
S= 8,653		R-cuad=36,12%	R-cuad (ajustado)=12,17%		

**Anexo 9.** Valores de Incremento en talla por unidad experimental

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Incremento en talla- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Densidad	1	243,00	243,00	1,83	0,213
Tasa alimentación	1	456,33	456,33	3,44	0,101
Interacción	1	385,33	385,33	2,90	0,127
Error	8	1.061,33	132,66		
Total	11	2.145,99			
S= 11,52                      R-cuad=50,54%      R-cuad (ajustado)=32,00%					

**Anexo 10.** Valores de Incremento en talla por sexo (machos)

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Incremento en talla- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Densidad	1	56,33	56,33	1,25	0,295
Tasa alimentación	1	5,33	5,33	0,12	0,739
Interacción	1	12,00	12,00	0,27	0,619
Error	8	359,33	44,91		
Total	11	432,99			
S= 6,702                      R-cuad=17,01%      R-cuad (ajustado)=0,00%					

**Anexo 11.** Valores de Incremento en talla por sexo (machos)

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Tasa de crecimiento específico- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Densidad	1	0,00143	0,00143	1,86	0,210
Tasa alimentación	1	0,00088	0,00088	1,15	0,315
Interacción	1	0,00166	0,00166	2,16	0,180
Error	8	0,00615	0,00077		
Total	11	0,01012			
S= 0,02772                      R-cuad=39,24%      R-cuad (ajustado)=16,45%					

**Anexo 12.** Valores de tasa de crecimiento específico por unidad experimental

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Tasa de crecimiento específico-  
Densidad de siembra y tasa de alimentación

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Densidad	1	0,00361	0,00361	2,50	0,152
Tasa alimentación	1	0,00247	0,00247	1,71	0,227
Interacción	1	0,00354	0,00354	2,46	0,156
Error	8	0,01151	0,00144		
Total	11	0,02112			

**Anexo 13.** Valores de tasa de crecimiento específico por sexo (machos)

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Tasa de crecimiento específico-  
Densidad de siembra y tasa de alimentación

Fuente	GL	SC	MC	F	P
Densidad	1	0,00024	0,00024	0,58	0,467
Tasa alimentación	1	0,00010	0,00010	0,23	0,644
Interacción	1	0,00048	0,00048	1,15	0,314
Error	8	0,00334	0,00042		
Total	11	0,00416			

**Anexo 14.** Valores de tasa de crecimiento específico por sexo (hembras)

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Factor de condición- Densidad  
de siembra y tasa de alimentación

Fuente	GL	SC	MC	F	P
<i>Densidad</i>	<i>1</i>	<i>0,03203</i>	<i>0,03203</i>	<i>7,50</i>	<i>0,026</i>
Tasa alimentación	1	0,01333	0,01333	3,12	0,115
Interacción	1	0,00301	0,00301	0,70	0,426
Error	8	0,03417	0,00427		
Total	11	0,08254			
S= 0,06535	R-cuad=58,61%	R-cuad (ajustado)=43,08%			

**Anexo 15.** Valores de factor de condición por unidad experimental

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Factor de condición- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<i>Densidad</i>	<u>1</u>	<u>0,04563</u>	<u>0,04563</u>	<u>4,93</u>	<u>0,057</u>
Tasa alimentación	1	0,00963	0,00963	1,04	0,338
Interacción	1	0,00333	0,00333	0,36	0,565
Error	8	0,07407	0,00926		
Total	11	0,13267			
S= 0,09622		R-cuad=44,17%	R-cuad (ajustado)=23,23%		

**Anexo 16.** Valores de factor de condición por sexo (machos)

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Factor de condición- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Densidad	1	0,02083	0,02083	2,61	0,145
Tasa alimentación	1	0,01763	0,01763	2,21	0,175
Interacción	1	0,00270	0,00270	0,34	0,577
Error	8	0,06380	0,00798		
Total	11	0,10497			
S= 0,08930		R-cuad=39,22%	R-cuad (ajustado)=16,43%		

**Anexo 17.** Valores de factor de condición por sexo (hembras)

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Numero de crías- Densidad de siembra y tasa de alimentación

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
<i>Densidad</i>	<u>1</u>	<u>2794640</u>	<u>2794640</u>	<u>5,05</u>	<u>0,055</u>
Tasa alimentación	1	51877	51877	0,09	0,767
Interacción	1	51877	51877	0,09	0,767
Error	8	4430107	553763		
Total	11	7328501			
S= 744,2		R-cuad=39,55%	R-cuad (ajustado)=16,88%		

**Anexo 18.** Valores de número de crías por unidad experimental

ANÁLISIS DE VARIANZA DE DOS FACTORES: Numero de reproducciones-  
Densidad de siembra y tasa de alimentación

Fuente	GL	SC	MC	F	P
<i>Densidad</i>	<u>1</u>	<u>3,0000</u>	<u>3,0000</u>	<u>4,50</u>	<u>0,067</u>
Tasa alimentación	1	0,3333	0,3333	0,50	0,50
Interacción	1	0,3333	0,3333	0,50	0,50
Error	8	5,3333	0,6667		
Total	11	9,0000			
S= 0,8165	R-cuad=40,74%	R-cuad (ajustado)=18,52%			

**Anexo 19.** Valores de número de reproducciones por unidad experimental

REPETICION		T1				T2				T3				T4			
		♀		♂		♀		♂		♀		♂		♀		♂	
		P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
1	i	69	182	55	176	53	185	52	172	37	162	44	168	43	164	45	177
	f	86	201	61	182	61	188	58	179	43	167	48	173	51	178	51	186
2	i	37	146	48	163	50	181	45	165	37	153	34	148	41	161	39	163
	f	46	162	58	170	83	204	110	217	45	161	44	160	47	168	43	169
3	i	42	158	40	165	52	163	46	172	36	156	39	168	39	167	46	176
	f	46	162	49	169	62	174	77	201	46	163	45	175	46	176	55	188

**Anexo 20.** Registros en hembras (♀) y machos (♂) de peso en kg (P) y talla en cm (T) inicial (i) y final (f) por reproductor y por repetición en cada tratamiento de la investigación.

Fecha	pH					T°C					Alcalinidad					oxigeno					Dureza					Precipitación	Brillo solar	N° Crías
	media	max	min	Ds	Cv	media	max	min	Ds	Cv	media	max	min	Ds	Cv	media	max	min	Ds	Cv	media	max	min	Ds	Cv	media	media	total/mes
nov-08	6,9	8,0	6,0	0,5	6,7	28,7	31,0	27,0	1,1	4,0	24,3	34,2	17,1	6,9	28,3	5,5	7,0	3,0	1,2	21,4	25,4	171,0	17,1	22,2	87,5	380,0	113,9	0
dic-08	7,1	8,0	6,0	0,4	5,7	29,1	30,0	28,0	0,7	2,5	18,6	25,0	17,1	2,5	13,6	5,7	6,5	4,0	0,6	10,4	18,7	25,0	17,1	2,5	13,4	85,8	151,8	0
ene-09	6,9	8,0	6,0	0,4	6,3	28,6	30,0	28,0	0,7	2,4	18,5	34,2	17,1	3,5	19,1	5,9	8,0	4,0	0,9	14,9	18,2	25,0	17,1	1,9	10,6	175,7	130,5	0
feb-09	6,5	7,5	4,0	0,8	12,8	27,7	29,0	26,0	1,0	3,5	25,5	68,4	17,1	13,0	51,1	5,0	6,0	4,0	0,7	13,0	20,0	34,2	17,1	5,0	24,9	257,1	148,6	580
mar-09	6,7	7,0	6,0	0,4	5,9	27,3	29,0	26,0	0,8	3,0	22,1	51,3	17,1	9,1	41,2	5,3	6,0	4,0	0,7	12,3	18,6	25,0	17,1	2,0	10,5	378,8	100,7	3290
abr-09	6,7	7,5	6,0	0,4	6,3	27,1	28,0	26,0	0,7	2,6	21,0	34,2	17,1	5,6	26,7	5,0	6,0	3,0	0,8	15,6	17,9	20,0	17,1	1,3	7,3	334,0	94,2	0
may-09	6,6	7,0	6,0	0,4	6,1	27,0	28,5	26,0	0,8	3,0	21,0	34,2	17,1	5,9	27,9	4,8	6,0	3,0	0,8	17,4	18,0	25,0	17,1	1,9	10,5	380,1	136,1	0
jun-09	6,5	7,0	6,0	0,4	6,4	26,5	27,5	25,0	0,6	2,4	18,5	25,0	17,1	2,3	12,4	5,7	7,0	5,0	0,6	10,3	18,9	25,0	17,1	2,4	12,7	578,7	99,9	0
jul-09	6,7	7,5	6,0	0,5	7,1	27,0	29,0	26,0	0,8	3,0	23,3	34,2	17,1	5,9	25,3	5,4	7,0	4,0	0,8	14,7	19,9	25,0	17,1	3,0	15,0	345,8	130,0	0
ago-09	6,9	7,5	6,0	0,3	4,9	28,5	30,0	27,0	0,9	3,2	24,9	34,2	17,1	5,2	20,8	4,9	6,0	3,0	0,8	17,0	24,8	34,1	17,1	5,1	20,4	260,3	137,4	0
sep-09	6,8	7,0	6,0	0,3	4,6	28,4	30,0	27,0	0,8	2,9	26,8	34,2	17,1	5,8	21,7	4,6	6,0	3,0	0,8	18,3	18,3	22,0	17,1	1,6	8,6	245,4	176,2	0
oct-09	6,6	7,5	6,0	0,5	7,8	27,8	29,0	27,0	0,5	1,9	24,2	34,2	17,1	7,4	30,6	4,9	6,0	3,0	0,8	16,2	19,4	25,0	17,1	3,4	17,4	137,3	167,3	0
nov-09	7,0	8,0	6,0	0,4	6,2	28,7	30,0	27,0	1,1	3,7	20,5	34,2	17,1	3,8	18,4	4,9	6,0	4,0	0,6	13,1	22,3	34,2	2,0	7,4	33,3	75,9	167,9	0
dic-09	7,0	8,0	6,0	0,4	5,7	29,0	31,0	28,0	0,7	2,5	18,5	22,0	17,1	1,7	9,3	5,6	7,0	5,0	0,5	9,6	18,6	25,0	17,1	2,0	10,5	62,2	206,3	0
ene-10	7,2	8,0	6,5	0,4	5,4	29,5	31,0	27,5	1,0	3,5	27,1	34,2	17,1	7,6	28,0	5,8	8,0	4,0	0,9	16,0	27,5	34,2	17,1	6,6	23,9	31,6	219,5	0
feb-10	6,9	8,0	6,0	0,5	7,4	28,5	31,0	27,0	0,9	3,2	31,9	68,4	17,1	10,1	31,7	5,5	7,0	4,0	0,8	13,7	25,1	34,2	17,1	8,0	31,7	246,7	117,1	1087
mar-10	6,6	7,0	6,0	0,4	5,5	27,7	29,0	26,0	0,7	2,6	29,2	40,2	17,1	7,9	27,2	5,3	7,0	4,0	0,9	16,7	17,4	20,0	17,1	0,9	5,1	472,2	95,7	440
abr-10	6,8	8,0	6,0	0,5	7,5	27,4	28,0	27,0	0,4	1,6	29,8	34,2	17,1	6,7	22,6	5,1	6,0	4,0	0,6	12,5	17,8	20,0	17,1	1,3	7,1	740,1	74,2	394
may-10	6,6	7,0	6,0	0,4	6,1	26,7	28,0	25,0	1,0	3,9	24,2	34,2	17,1	5,8	23,8	4,9	7,0	3,0	1,1	23,2	17,2	20,0	17,1	0,4	2,4	462,9	136,1	0

**Anexo 21.** Registros mensuales promedio, máximo y mínimo (max-min), desviación estándar (Ds) y coeficiente de variación (Cv) de calidad de agua (pH, T°C, Alcalinidad, Oxígeno y Dureza), promedio de precipitación y brillo solar y producción de alevinos para el periodo de estudio.



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Oct	Nov	Dic	total
<b>2008</b>	158,4	202,3	249,5	326,9	605,5	523	296	251,8	230,7	278,2	380	85,8	<b>3588,1</b>
<b>2009</b>	175,7	<b>257,1</b>	378,8	334	380,1	578,7	345,8	260,3	245,4	137,3	75,9	62,2	<b>3231,3</b>
<b>2010</b>	31,6	<b>246,7</b>	472,2	740,1	462,9								<b>1953,5</b>

**Anexo 22.** Promedios mensuales en mm de precipitación para los años 2008-2010.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept	Oct	Nov	Dic	TOTAL
<b>2008</b>	160,6	109,3	92,4	128,5	77,4	83,6	83	138,2	109,3	121,5	113,9	151,8	<b>1369,5</b>
<b>2009</b>	130,5	148,6	100,7	94,2	136,1	99,9	130	137,4	176,2	167,3	167,9	206,3	<b>1695,1</b>
<b>2010</b>	219,5	117,1											<b>336,6</b>

**Anexo 23.** Promedios mensuales en horas de brillo solar para los años 2008-2010.

	pH								T°C								
	T1		T2		T3		T4		T1		T2		T3		T4		
	Media	ds	Media	ds	Media	ds	Media	ds	Media	ds	Media	ds	Media	ds	Media	ds	
<b>Noviembre</b>	6,93	0,12	6,77	0,06	7,00	0,00	7,17	0,29	<b>Noviembre</b>	30,33	1,15	28,40	0,52	29,00	1,00	28,67	1,15
<b>Diciembre</b>	7,40	0,17	7,33	0,29	7,40	0,17	7,40	0,17	<b>Diciembre</b>	29,67	0,58	29,00	0,00	28,83	0,29	28,67	0,29
<b>Enero</b>	7,00	0,00	6,50	0,00	7,67	0,58	7,67	0,58	<b>Enero</b>	29,33	1,15	28,00	0,00	28,33	0,58	28,67	0,58
<b>Febrero</b>	6,17	0,29	6,70	0,00	6,50	0,00	6,50	0,00	<b>Febrero</b>	28,33	1,15	26,00	0,00	27,67	1,15	28,33	1,15
<b>Marzo</b>	6,67	0,29	6,50	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	<b>Marzo</b>	27,33	1,15	26,50	0,00	26,83	1,04	27,50	0,87
<b>Abril</b>	7,00	0,00	7,00	0,00	7,17	0,29	7,17	0,29	<b>Abril</b>	27,50	0,87	26,50	0,00	26,83	0,29	27,00	0,00
<b>Mayo</b>	6,83	0,29	6,70	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	<b>Mayo</b>	28,00	0,87	26,00	0,00	27,00	0,50	26,83	0,58
<b>Junio</b>	6,50	0,00	6,43	0,06	6,50	0,00	6,50	0,00	<b>Junio</b>	27,17	0,58	26,63	0,75	26,46	0,44	26,59	0,51
<b>Julio</b>	6,33	0,58	6,57	0,12	6,50	0,00	6,50	0,00	<b>Julio</b>	28,00	1,73	27,33	1,15	26,07	0,12	26,13	0,12
<b>Agosto</b>	6,67	0,29	6,80	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	<b>Agosto</b>	28,67	1,44	29,00	0,00	28,33	1,53	28,67	1,15
<b>Septiembre</b>	6,73	0,23	7,00	0,00	7,00	0,00	7,00	0,00	<b>Septiembre</b>	28,53	0,40	28,00	0,00	28,00	1,00	27,67	1,15
<b>Octubre</b>	6,00	0,00	6,87	0,23	6,67	0,58	6,67	0,58	<b>Octubre</b>	28,00	0,00	28,00	0,00	27,67	0,58	27,33	0,58
<b>Noviembre</b>	6,50	0,00	6,80	0,69	6,60	0,00	6,60	0,00	<b>Noviembre</b>	28,67	0,58	30,00	0,00	29,00	1,73	28,00	1,73
<b>Diciembre</b>	7,07	0,12	6,60	0,17	6,63	0,75	6,63	0,75	<b>Diciembre</b>	29,67	0,58	29,00	0,00	28,67	0,58	28,33	0,58
<b>Enero</b>	7,00	0,00	7,00	0,00	7,13	0,12	7,13	0,12	<b>Enero</b>	30,67	0,58	30,00	0,00	29,33	1,15	28,67	1,15
<b>febrero</b>	6,00	0,00	7,00	0,00	6,67	0,58	6,67	0,58	<b>febrero</b>	29,50	0,87	28,33	1,15	29,17	1,61	28,17	0,29
<b>Marzo</b>	6,57	0,12	6,60	0,00	6,50	0,00	6,50	0,00	<b>Marzo</b>	28,07	0,12	28,10	0,00	27,93	1,01	27,27	0,46
<b>Abril</b>	6,60	0,17	6,40	0,00	6,50	0,17	6,50	0,17	<b>Abril</b>	27,60	0,35	27,00	0,00	27,57	0,12	27,50	0,00

**Anexo 24.** Registros mensuales promedio y desviación estándar (ds) por tratamiento de calidad de agua (pH, T°C) para el periodo de estudio.

	<b>Alcalinidad</b>								<b>Oxigeno</b>								
	<b>T1</b>		<b>T2</b>		<b>T3</b>		<b>T4</b>		<b>T1</b>		<b>T2</b>		<b>T3</b>		<b>T4</b>		
	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	
<b>Noviembre</b>	19,73	4,56	31,13	5,31	27,00	1,73	24,37	1,73	<b>Noviembre</b>	4,83	1,44	4,57	0,81	6,83	0,29	7,00	0,00
<b>Diciembre</b>	22,37	4,56	17,10	0,00	17,10	0,00	22,80	0,00	<b>Diciembre</b>	6,00	0,00	5,33	0,58	6,17	0,29	6,33	0,29
<b>Enero</b>	18,07	1,67	17,10	0,00	18,07	1,67	22,77	1,67	<b>Enero</b>	7,00	1,73	6,00	0,00	6,00	1,00	6,67	0,58
<b>Febrero</b>	19,03	1,67	20,00	0,00	19,03	1,67	23,73	1,67	<b>Febrero</b>	5,00	0,00	5,00	0,00	5,33	0,58	5,67	0,58
<b>Marzo</b>	17,10	0,00	17,10	0,00	19,03	1,67	19,03	1,67	<b>Marzo</b>	5,83	0,29	5,50	0,00	5,67	0,29	5,83	0,29
<b>Abril</b>	18,07	1,67	17,10	0,00	23,33	2,89	22,37	2,89	<b>Abril</b>	6,00	0,00	5,00	0,00	5,67	0,58	5,33	0,58
<b>Mayo</b>	17,10	0,00	20,00	0,00	28,50	9,87	28,50	9,87	<b>Mayo</b>	5,67	0,58	5,00	0,00	5,17	0,76	5,50	0,87
<b>Junio</b>	17,10	0,00	17,10	0,00	17,10	0,00	22,80	0,00	<b>Junio</b>	5,50	0,00	5,83	0,29	5,16	0,30	4,98	0,02
<b>Julio</b>	17,10	0,00	25,70	0,00	28,50	9,87	28,50	9,87	<b>Julio</b>	6,33	0,58	5,83	1,15	5,67	1,15	5,00	0,00
<b>Agosto</b>	22,37	4,56	20,00	0,00	28,50	9,87	28,50	9,87	<b>Agosto</b>	4,00	1,73	6,00	0,00	5,00	1,00	4,67	0,58
<b>Septiembre</b>	28,07	5,31	17,10	0,00	28,50	9,87	29,13	9,87	<b>Septiembre</b>	4,00	0,00	3,00	0,00	4,04	1,06	4,74	0,64
<b>Octubre</b>	24,73	8,20	17,10	0,00	28,50	9,87	29,47	9,87	<b>Octubre</b>	4,33	1,15	5,33	0,58	4,62	1,51	4,23	1,07
<b>Noviembre</b>	24,73	8,20	17,10	0,00	17,10	0,00	18,07	0,00	<b>Noviembre</b>	4,00	0,00	5,33	0,58	4,65	0,56	4,63	0,55
<b>Diciembre</b>	17,10	0,00	17,10	0,00	17,10	0,00	22,80	0,00	<b>Diciembre</b>	5,33	0,58	5,67	0,29	5,83	0,29	5,67	0,29
<b>Enero</b>	22,80	9,87	34,20	0,00	31,17	5,25	29,47	5,25	<b>Enero</b>	5,00	1,73	5,50	0,00	6,33	0,58	6,00	0,00
<b>febrero</b>	28,50	19,75	45,60	19,75	32,13	10,51	38,80	10,51	<b>febrero</b>	4,67	0,58	6,00	0,00	5,07	0,98	5,63	0,98
<b>Marzo</b>	26,73	11,66	38,20	0,00	29,50	8,14	28,50	8,14	<b>Marzo</b>	5,33	0,29	4,50	0,00	5,23	1,57	6,23	1,33
<b>Abril</b>	25,65	12,09	34,20	0,00	28,50	9,87	29,47	9,87	<b>Abril</b>	5,17	0,58	5,00	0,00	5,07	0,83	5,60	0,69

**Anexo 25.** Registros mensuales promedio y desviación estándar (ds) por tratamiento de calidad de agua (Alcalinidad, Oxigeno) para el periodo de estudio.

	<b>Dureza</b>							
	<b>T1</b>		<b>T2</b>		<b>T3</b>		<b>T4</b>	
	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>	<b>Media</b>	<b>ds</b>
<b>Noviembre</b>	30,47	6,47	18,73	2,83	26,73	6,47	23	3,41
<b>Diciembre</b>	22,37	4,56	17,10	1,67	19,73	4,56	17,1	3,41
<b>Enero</b>	19,03	1,67	17,10	9,87	18,07	1,67	17,1	1,67
<b>Febrero</b>	28,50	9,87	17,10	9,87	22,80	9,87	17,1	9,81
<b>Marzo</b>	22,37	4,56	17,10	9,87	21,67	2,89	20	1,67
<b>Abril</b>	18,07	1,67	20,00	0,00	19,03	1,67	20	1,67
<b>Mayo</b>	18,07	1,67	17,10	0,00	19,03	1,67	20	8,20
<b>Junio</b>	17,10	0,00	17,10	9,87	17,10	0,00	17,1	1,67
<b>Julio</b>	19,73	4,56	17,10	0,00	17,10	0,00	17,1	0,00
<b>Agosto</b>	22,37	4,56	25,70	4,97	25,47	0,40	25,7	4,85
<b>Septiembre</b>	19,03	1,67	17,10	0,00	18,07	1,67	17,1	1,67
<b>Octubre</b>	22,37	4,56	17,10	0,00	19,73	4,56	17,1	9,87
<b>Noviembre</b>	22,37	4,56	34,20	0,00	19,73	4,56	17,1	1,67
<b>Diciembre</b>	22,37	4,56	17,10	0,00	19,73	4,56	17,1	1,67
<b>Enero</b>	24,73	8,20	34,20	9,87	29,47	8,20	34,2	5,31
<b>febrero</b>	22,80	9,87	34,20	0,00	17,10	0,00	17,1	9,87
<b>Marzo</b>	17,10	0,00	17,10	0,00	17,10	0,00	17,1	0,00
<b>Abril</b>	17,10	1,67	17,10	0,00	17,10	0,00	17,1	0,00

**Anexo 26.** Registros mensuales promedio y desviación estándar (ds) por tratamiento de calidad de agua (Dureza) para el periodo de estudio.