

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE PESQUERÍA**



**“EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE ALEVINES DE PAICHE  
(*Arapaima gigas*) A DIFERENTES DENSIDADES EN ESTANQUES DE  
CONCRETO”**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
INGENIERA PESQUERA**

**ANDREA ELISA MORALES AQUINO**

**LIMA-PERÚ**

**2020**

---

La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**LAMOLINA**

**FACULTAD DE PESQUERÍA**

**“EVALUACION DEL CRECIMIENTO DE ALEVINES DE PAICHE  
(ARAPAIMA GIGAS) A DIFERENTES DENSIDADES EN  
ESTANQUES DE CONCRETO”**

**Presentada por**

**Andrea Elisa Morales Aquino**

**Tesis para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO PESQUERO**

**Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:**

---

M. Sc. Jessie Marina, Vargas Cárdenas

**PRESIDENTE**

---

M. Sc. Beatriz Elena Angeles Escobar

**MIEMBRO**

---

M. Sc. Fernando Santiago Galecio Regalado

**MIEMBRO**

---

Mg. Sc. Elsa Victoria Vega Galarza

**ASESORA**

LIMA-PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

A mis padres ejemplo de perseverancia, dándome fuerzas ayudaron a emprender este largo viaje y a mis hermanos, con su amor y admiración me motivaron a finalizar este objetivo.

# ÍNDICE GENERAL

Índice general

Índice de tablas

Índice de figuras

Índice de anexos

Resumen

Abstract

I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1    GENERALIDADES.....	4
2.2    CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA .....	4
2.3    BIOLOGÍA.....	5
2.3.1    MORFOLOGÍA.....	5
2.4    EXPERIENCIAS DE CULTIVO .....	5
2.5    SISTEMAS DE CULTIVO .....	6
2.5.1    NIVELES EXTENSIVOS .....	6
2.5.2    NIVELES SEMIINTENSIVOS E INTENSIVOS .....	7
2.6    ETAPAS DE PRODUCCIÓN.....	8
2.6.1    ALEVINAJE .....	8

2.6.2	CRECIMIENTO Y ENGORDE .....	10
2.7	DENSIDADES Y CRECIMIENTO EN ALEVINES DE PAICHE .....	11
2.8	PARÁMETROS PRODUCTIVOS CON DENSIDADES DE CULTIVO EVALUADAS.....	15
2.9	PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA.....	18
2.9.1	TEMPERATURA.....	20
2.9.2	pH (POTENCIAL DE HIDRÓGENO) .....	20
2.9.3	OXÍGENO DISUELTO .....	20
2.9.4	AMONIO.....	21
2.9.5	NITRITOS .....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....		23
3.1	LUGAR Y PERIODO DE ESTUDIO.....	23
3.2	ETAPA PRE EXPERIMENTAL .....	23
3.2.1	ACONDICIONAMIENTO DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES...	23
3.2.2	ADQUISICIÓN DE ALEVINES DE PAICHE .....	24
3.2.3	ADAPTACIÓN AL ALIMENTO ARTIFICIAL.....	25
3.2.4	SELECCIÓN DE PECES EXPERIMENTALES.....	26
3.3	ETAPA EXPERIMENTAL.....	26
3.3.1	SIEMBRA Y DISTRIBUCION DE ALEVINES. ....	26
3.3.2	CONTROL DE CRECIMIENTO Y ALIMENTACIÓN .....	27
3.3.3	PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL AMBIENTE.....	29

3.4.4	MANEJO DEL SISTEMA .....	30
3.3.5	PARÁMETROS PRODUCTIVOS .....	30
3.4.6	PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO .....	31
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....		33
4.1	PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA .....	33
4.1.1	AMONIO (NH <sub>4</sub> ) Y NITRITOS (NO <sub>2</sub> ).....	35
4.1.2	pH .....	36
4.1.3	OXÍGENO DISUELTO .....	36
4.1.4	TEMPERATURA DEL AGUA .....	37
4.1	PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CRECIMIENTO .....	40
4.1.1	CRECIMIENTO EN PESO.....	42
4.1.2	EVALUACION ESTADISTICA DEL PESO .....	43
4.1.2	CRECIMIENTO EN LONGITUD .....	44
4.1.4	EVALUACIÓN ESTADISTICA DE LA LONGITUD .....	46
4.2	PARÁMETROS PRODUCTIVOS .....	47
4.2.1	TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO.....	49
4.2.2	FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA: .....	50
4.2.3	FACTOR DE CONDICIÓN.....	52
4.1.5	EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA Y LOS PROBLEMAS SANITARIOS EXTERNOS	53
V. CONCLUSIONES.....		56

VI. RECOMENDACIONES .....	57
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	58
VIII. ANEXOS.....	67

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
Tabla 1 Denominación de las etapas de producción del paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ) .....	9
Tabla 2 Diferentes densidades de producción de alevines de paiche en sistemas intensivos .....	14
Tabla 3 Registro de parámetros de calidad del agua de acuerdo a las diversas experiencias de cultivo de paiche .....	19
Tabla 4 Proporción del alimento balanceado y el músculo de pescado durante de la fase de adaptación.....	26
Tabla 5 Distribución de diferentes densidades y repeticiones de alevines de Paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ).....	27
Tabla 6 Suministro de alimento balanceado en las unidades experimentales .....	28
Tabla 7 Análisis Nutricional del alimento balanceado AQUATECH.....	28
Tabla 8 Parámetros ambientales y de la calidad del agua en la fase experimental .....	29
Tabla 9: Parámetros de calidad del agua del reservorio de abastecimiento .....	33
Tabla 10: Valores promedio de los parámetros de calidad del agua en los estanques durante la fase experimental.....	33
Tabla 11: Variación diaria de la temperatura ambiental del agua y otros parámetros de la calidad del agua en la fase experimental.....	32
Tabla 12: Valores promedio diario de los parámetros de calidad del agua por tratamiento durante la fase experimental.....	33



Tabla 13: Parámetros productivos de alevines de apivhe ( <i>Arapaima gigas</i> ) en la etapa experimental.....	39
Tabla 14: Peso promedio (g), incremento y desviación estándar promedio de alevines de paiche cultivados a diferentes densidades durante la fase experimental.....	41
Tabla 15: Longitud promedio (g) y desviación estándar en la fase experimental de alevines de paiche a diferentes densidades.....	44
Tabla 16: Resultado de las pruebas de comparación de medias en tres densidades diferentes (tuckey).....	45
Tabla 17: Parámetros productivos de alevines de paiche ( <i>Arpaima gigas</i> ) en diferentes tratamientows.....	45
Tabla 18: TCE en diferentes densidades.....	48
Tabla 19: FCA de las tres densidades evaluadas quincenalmente.....	49
Tabla 20: Factor de Condición de las tres densidades evaluadas en la etapa experimentqal.....	51

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución completamente al azar de los alevines de paiche en las unidades experimentales.....	22
Figura 2 Esquema de las unidades experimentales .....	24
Figura 3 Distribución completamente al azar de los tratamientos en las unidades experimentales.....	36

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo	Página
Anexo 1: Unidades experimentales pertenecientes al sistema de diferentes densidades en estanques de concreto. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Anexo 2: Alevín de paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ) en la biometría .....	67
Anexo 3: Preparación de alimento para la adaptación .....	68
Anexo 4: Recolección de alevines de paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ) para la biometría .....	68
Anexo 5: Limpieza completa de estanques .....	69
Anexo 6: Identificación de huevos de parásitos monogéneos en branquias de alevines de paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ) .....	69
Anexo 7: Identificación de parásitos monogéneos, en su etapa adulta, en branquias de alevines de paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ).....	69
Anexo 8: Datos de la evaluación de los parámetros productivos de tratamiento 1 de alevines de paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ).....	71
Anexo 9: Datos de la evaluación de los parámetros productivos de tratamiento 2 de alevines de paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ).....	72
Anexo 10: Datos de la evaluación de los parámetros productivos de tratamiento 3 de alevines de paiche ( <i>Arapaima gigas</i> ).....	73
Anexo 11: Análisis estadísticos de los parámetros de crecimiento (longitud y peso).....	74
Anexo 12: Análisis estadístico del peso .....	74
Anexo 13: Evaluación estadística de la longitud.....	81

## RESUMEN

El presente estudio presenta la evaluación de la influencia de tres densidades (T1: 6 peces/5 m<sup>3</sup>, T2: 8 peces/5 m<sup>3</sup> y T3: 10 peces/5 m<sup>3</sup>) sobre el crecimiento y sobrevivencia de los alevines de paiche cultivados en estanques de concreto con un volumen de 5m<sup>3</sup>. El experimento evaluado tuvo una duración de 42 días, se utilizaron 72 peces con peso y longitud promedio de T1: 9.7g y 11cm, T2: 8.9g y 11.1, T3: 9.2g y 10.8cm respectivamente. Los alevines de paiche fueron distribuidos en 9 estanques de concreto, el peso y longitud se monitoreó cada 15 días. También se evaluaron los parámetros fisicoquímicos del agua y el ambiente; se utilizó el programa estadístico R. Project para el análisis ANOVA (P<0.05). El peso y longitud final promedio fueron T1: 47.9g y 21.1cm, T2: 49.3g y 21.2cm, T3: 55.8g y 10.8cm respectivamente. El grupo que obtuvo mejor crecimiento en longitud fue el del tratamiento T3, el peso no tuvo diferencia significativa; sin embargo, numéricamente los peces del tratamiento T3 obtuvieron mayor crecimiento. Los parámetros de crecimiento no se evaluaron estadísticamente, la TCE fue 4.0, el FCA de 2.4 y el K: 0.65. Los valores fisicoquímicos del agua y del ambiente fueron constantes durante toda la fase experimental lo cual no influyeron en el desarrollo de los peces, la concentración del nitrato fue 1.9 mg/l y no se detectaron valores de nitrito y amonio, el pH fue 7.6, la concentración de oxígeno disuelto: 5.1 mg/l, la temperatura del agua promedio 26.9 °C y del ambiente 28 °C; y la pluviosidad fue variable con un valor promedio de 50 l/m<sup>2</sup>.

La mayor densidad de 10 peces/5m<sup>3</sup> no afectó el crecimiento de los peces.

Palabras clave: paiche, crecimiento, peso, longitud, densidad.

## **ABSTRAC**

This study presents the evaluation of the influence of three densities (T1: 6 fish / 5 m<sup>3</sup>, T2: 8 fish / 5 m<sup>3</sup> and T3: 10 fish / 5 m<sup>3</sup>) on the growth and survival of paiche fingerlings grown in ponds of concrete with a volume of 5m<sup>3</sup>. The experiment had a duration of 42 days, it used 72 fish with average weight and length of T1: 9.7g and 11cm, T2: 8.9g and 11.1, T3: 9.2g and 10.8cm respectively. Paiche fingerlings were distributed in 9 concrete ponds, weight and length were monitored every 15 days. The physicochemical parameters of water and environment were also evaluated; The statistical program R. Project was used for the ANOVA analysis (P <0.05). Average final weight and length were T1: 47.9g and 21.1cm, T2: 49.3g and 21.2cm, T3: 55.8g and 10.8cm respectively. The group that obtained the best growth in length was the T3 treatment, the weight did not have significant difference; however, numerically the fish from treatment T3 obtained higher growth. The growth parameters were not statistically evaluated, the TCE was 4.0, FCA was 2.4 and K: 0.65. The physicochemical values of water and environment were constant throughout the experimental phase which did not influence on the development of the fish, the nitrate concentration was 1.9 mg / l and no nitrite and ammonium values were detected, the pH was 7.6, the dissolved oxygen concentration: 5.1 mg / l, the average water temperature 26.9 ° C and the environmental temperature 28 ° C; and the rainfall was variable with an average value of 50 l / m<sup>2</sup>.

The higher density of 10 fish / 5m<sup>3</sup> did not affect the growth of the fish.

Keywords: paiche, growth, weight, length, density.

## I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la acuicultura continental en el Perú está relacionado a pocas especies como la tilapia (*Oreochromis spp*) y la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Estas especies, por los años que vienen desarrollándose, cuentan con paquetes tecnológicos de producción para las condiciones locales; sin embargo, hay más posibilidades de desarrollo en este sector por la variedad de peces nativos amazónicos que existe en el país como: el paco (*Piaractus brachypomus*), gamitana (*Colossoma macropomum*), sábalo (*Prochilodus lineatus*), paiche (*Arapaima gigas*), boquichico (*Prochilodus magdalenae*), arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*), entre otras.

Existen estudios de referencia sobre el manejo en cautiverio de especies amazónicas nativas potencialmente importantes para su comercialización, como el paco (*Piaractus brachypomus*), gamitana (*Colossoma macropomum*), paiche (*Arapaima gigas*), sábalo de cola roja (*Brycon cephalus*), realizados por organismos dedicados al desarrollo acuícola y pesquero (DIREPRO, IIAP, FONDEPES, SERNANP) y por organizaciones no gubernamentales que también desarrollan proyectos en este sector (HP Planet Parents, WWF).

Según el Ministerio de la Producción (PRODUCE 2017), en los últimos años, la comercialización de paiche (*Arapaima gigas*) se ha recuperado llegando a 142 tm, despertando el interés en la producción y diversificación de la acuicultura, motivo por el cual es necesario seguir investigando para definir un protocolo completo de manejo que incluya cada una de las etapas del proceso productivo.

El desarrollo de los peces en un cultivo depende de factores ambientales, físicos, biológicos, químicos y otros parámetros productivos, sobre todo en las primeras etapas de desarrollo, como el alevinaje (Guerra *et al.*, 2002). Sin embargo, los estudios sobre las condiciones óptimas de alimentación, calidad de agua, crecimiento, densidades de carga y enfermedades en la etapa de alevinaje son relativamente escasos.

Los centros de producción y abastecimiento de semilla (alevines de paiche) como el Instituto de Investigación Amazónico del Perú (IIAP) y el Fondo de Desarrollo Pesquero (FONDEPES), que brindan asistencia técnica, se preocupan por mejorar la producción, sobre todo en la fase de alevines, ya que es una etapa crítica poco investigada así también instituciones privadas que tienen como principal actividad la producción de alevines de paiche para su comercialización como recurso ornamental. La densidad de los estanques es un parámetro fundamental para la producción. Según Almeyda (2010) y Delgado *et al.* (2013), este parámetro es dependiente de condiciones como calidad, cantidad de agua, la especie y la etapa de cultivo, por lo que debe ser establecido adecuadamente en cada sistema para no afectar el crecimiento y la sobrevivencia. Se necesitan resultados que puedan ser transferidos a los productores interesados en invertir en el cultivo de paiche, motivo por el cual se están desarrollando proyectos de investigación, para definir variables productivas en las diferentes etapas de su producción.

En el Perú, la mayor parte de productores de alevines de paiche no cuentan con un manejo eficiente que garantice la mejor sobrevivencia de los peces en las primeras etapas. Diversas formas de alimentación, calidad de agua, densidades, entre otras variables, son causas de la mortalidad en esta etapa. El crecimiento de alevines en estanques de concreto es poco reportado. Gran parte de la información proviene de experiencias en jaulas y estanques de tierra, por lo cual, con esta investigación se pretende evaluar la respuesta de los alevines en diferentes densidades en estanques de concreto, aportando información sobre el uso de esta infraestructura en esta etapa crítica.

El objetivo principal del presente trabajo fue evaluar el crecimiento de alevines de paiche (*Arapaima gigas*) a diferentes densidades en estanques de concreto, siendo los objetivos específicos:

1. Determinar la mejor densidad de cultivo de alevines de paiche en estanques de concreto.
2. Evaluar el efecto de la densidad sobre la sobrevivencia de alevines de paiche cultivados en estanques de concreto.



3. Determinar los parámetros productivos de alevines de paiche en estanques de concreto cultivados a diferentes densidades.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 GENERALIDADES

El paiche (*Arapaima gigas*) es una especie tradicional de la Amazonía peruana con un gran potencial comercial. La importancia de este recurso radica en las características de la carne, sobre todo por la calidad y su composición nutricional. Esta especie puede llegar en su estado de adulto hasta los 3 metros de longitud y pesar 250 kg (Alcántara *et al.* 2006).

### 2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Según Palmeira *et al.* (1994), Melfi (2003) e Imbiriba (1994), la clasificación taxonómica del paiche es:

Orden:	<i>Osteoglossiformes</i>
Suborden:	<i>Osteoglossoidei</i>
Superfamilia:	<i>Osteoglossoidae</i>
Familia:	<i>Osteoglossidae</i>
Género:	<i>Arapaima</i>
Especie:	<i>Arapaima gigas</i> (Cuvier 1829)
Nombre común:	Paiche

## **2.3 BIOLOGÍA**

### **2.3.1 MORFOLOGÍA**

Tiene cuerpo alargado, circular y elipsoidal en sección, revestido de grandes y gruesas escamas cicloideas. Las aletas pectorales están separadas de las ventrales, en tanto que las dorsales y anales se encuentran cerca de la aleta caudal.

El paiche presenta un color castaño claro en el dorso y ligeramente blanquecino en las regiones lateral y ventral. Esta pigmentación puede variar según el color del agua, el ambiente donde vive el pez y el sexo (Alcántara *et al.* 2006).

La cabeza del paiche es pequeña con relación al cuerpo, correspondiendo aproximadamente al 10 por ciento del peso total. Posee 58 placas de diferentes tamaños, distribuidas en la superficie de la cabeza, y cada una de estas placas tiene de seis a ocho poros en su borde posterior, de donde sale, por presión, una mucosidad blanquecina que las personas nativas de la selva consideran como la leche que sirve de alimento para las pequeñas crías, porque nadan en cardumen cerca de la cabeza de un adulto (Rebaza *et al.* 1999).

## **2.4 EXPERIENCIAS DE CULTIVO**

El paiche es una especie sobreexplotada que se encuentra en situación vulnerable según el apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES).

Rebaza *et al.* (1999) comenta que una consecuencia de la sobrepesca fue la introducción de tecnología en artes de pesca a la Amazonía, haciendo que los pobladores realicen una extracción desmedida del recurso.

Conforme pasa el tiempo, esta especie toma más importancia comercial por el alto rendimiento de su carne, así como por las características organolépticas de esta. También constituye una atracción ornamental, además de otros factores que hacen de la pesca de esta especie una actividad indispensable, en consecuencia, surge la necesidad de buscar un paquete tecnológico para su cultivo en cautiverio y así poder satisfacer las necesidades alimenticias locales, regionales, nacionales, y facilitar el ingreso de divisas por su exportación (Correa y Silva 2012; Alcántara *et al.* 2006 y Rebaza *et al.* 1999).

En Brasil, desde 1939, intentos de crianza en sistemas de baja carga fueron realizados por Oliveira (1944), Fontenele (1948), Fontenele y Vasconcelos (1982). Aprovechando la reproducción en cautiverio de 5590 alevines reportaron producciones de 2000 toneladas. Por su parte, Palmeira (2001) reportó producciones en sistema extensivo de 199.7 toneladas. En el año 2012 se reportó máximo de 637 tm.

En la Amazonía peruana, la piscicultura se inicia en la década de 1940 con alevines de paiche, en la Zona del Río Pacaya, que actualmente pertenece a la Reserva Nacional Pacaya Samiria; los primeros trabajos estuvieron a cargo del Servicio de Pesca y Caza del Ministerio de Agricultura (Sánchez, citado por Alcántara y Colace, 2001).

En la década de 1990 diversas instituciones del Estado y del sector privado cooperaron para potenciar la piscicultura en toda la amazonia peruana, la predominancia del cultivo en sistemas extensivos y semiintensivos, aunque ya había iniciativas de cultivo intensivo en toda la región amazónica (Alcántara y Colace 2001).

## **2.5 SISTEMAS DE CULTIVO**

### **2.5.1 NIVELES EXTENSIVOS**

Rebaza *et al.* (1999), Guerra *et al.* (2002) y Palmeira (2001) reportan ensayos de producción en Perú y Brasil a nivel extensivo. Por tratarse de una especie carnívora, los cultivos fueron realizados mediante la alimentación con otros peces (peces forraje), en embalses naturales o artificiales, utilizándose como alimento la tilapia, bujurqui, mojarra y otros peces forraje de la región, obteniendo rendimientos de 20 a 100 kg por ejemplar. Por su parte Alcántara y Guerra (1992) reportan en Perú una producción de 145 kg/ha en 14 meses, llegando a pesar hasta 4 kg por individuo en los estanques.

## 2.5.2 NIVELES SEMIINTENSIVOS E INTENSIVOS

Los niveles semiintensivos e intensivos se determinan por el tipo de alimentación que se les proporciona, en este caso a partir de alimento suministrado, ya sea balanceado, natural (frutas o pescado picado) o una mezcla de ambos. Este alimento tiene un registro diario, de esa manera se puede controlar, calcular y mejorar las próximas raciones.

Los avances en el conocimiento de la reproducción en ambientes controlados y la obtención de alevines han permitido experiencias de cultivos en estanques, tanques y jaulas flotantes, con la finalidad de desarrollar paquetes tecnológicos para el desarrollo de la especie. La adaptación de los alevines de un alimento natural al consumo de alimento balanceado también ha contribuido a lo mencionado. La producción intensiva de semilla de paiche ya cuenta con una tecnología que produce alevines preparados para su siembra en infraestructura de cultivo a mayores densidades de carga (Aldea y María 2002, Pereira *et al.* 2002, Rebaza *et al.* 1999).

Experiencias en diversos países, sobre todo el Brasil y Perú, registran el inicio del cultivo intensivo desde 1984, obteniendo 8 t/ha/año con escasa tecnología y la producción de alevines provenientes del ambiente natural. Los primeros cultivos validados en el Perú fueron en la laguna Imiria. Su producción fue en jaulas flotantes, con adaptación al alimento balanceado para los alevines (Alcántara 2006 y Palmeira *et al.* 1994).

Una experiencia de cultivo realizada en el Criadero Experimental de Sauce, ubicado en el departamento de San Martín, fue en jaulas de 25 m<sup>3</sup> de capacidad, con densidades de 0.4 y 1 alevines/m<sup>3</sup>. La longitud y peso inicial fueron 27.42 cm y 156.5 g, respectivamente. La alimentación durante los tres primeros meses fue a base de tilapia en trozos. Seguidamente pasaron a ser alimentados con tilapia mediana, a razón de 10 por ciento de la biomasa. Después de 203 días de cultivo, los paiches alcanzaron una longitud y peso promedio de 64.61 cm y 3921.5 g, respectivamente (Pezo & Ushiñahua, 2014).

## 2.6 ETAPAS DE PRODUCCIÓN

### 2.6.1 ALEVINAJE

Hasta el momento no se cuenta con información válida del manejo de alevines, porque la etapa es variable en cuanto a la determinación de longitud y peso específico que determine el inicio y fin del periodo de alevinaje. Autores como Rebaza (2005) y Martos (2013) solamente dan información acerca de sus hábitos de comportamiento.

Fontenele, citado por Rebaza *et al.* (2005), comenta que los alevines, durante sus primeros meses de vida, viven en cardúmenes protegidos por los padres. Las larvas nadan sobre la cabeza y la región dorsal del padre, que los protege de los predadores.

Los alevines de 2.5 cm toman aire atmosférico cada 2 a 3 s, los de 5 cm cada 5 a 8 s, y los de 8 a 10 cm a intervalos de 1 minuto, aproximadamente (Sánchez, citado por Martos, 2013).

La etapa de alevinaje, para muchos autores, se inicia a partir de los días 10 o 15, ya eclosionado, cuando absorben el saco vitelino. En el rango de 5 a 20 cm, los alevines tienen aproximadamente 40 g de peso, en promedio. El alimento inicial en esta etapa puede ser artemias, pero también pueden abastecerse de zooplancton, larvas y poslarvas, con una frecuencia *ad libitum*. (Franco & Peláez 2007, Franco 2005, Sandoval 2007, Guerra 2002, Almeyda 2010).

La información acerca de la alimentación de alevines de paiche es escasa. En cultivo, para poder adaptarse al alimento artificial, durante los primeros días, el alevín debe alimentarse con peces de porte pequeño, como post larvas, alevines de tilapia u otras de rápida reproducción (Palmeira 2001), y la tasa de alimentación debe ser entre un 8 a 10 por ciento de su biomasa hasta que alcancen los 100 g, aproximadamente en 3 meses. (Queiroz 2000, Oliveira *et al.*, citados por Oeda *et al.* 2015; Imbiria, citado por Sandoval 2007).

A partir de los 15 a 20 cm, los alevines ya deben consumir netamente alimento balanceado hasta alcanzar los 150 g y una longitud de 25 cm. La etapa juvenil termina cuando el individuo se independiza de sus padres a partir del tercer o cuarto mes. (Franco & Pelaez 2007, Guerra *et al* 2002, Ono y Kheidi 2013).

La fase de alevinaje constituye una de las etapas más críticas en la producción, siendo la supervivencia igual o inferior al 10 por ciento, debido a la calidad del alimento y la depredación de aves u otros peces, (Franco, citado por Franco & Peláez 2007), en consecuencia, el alevín sufre estrés al tratar de adaptarse a un nuevo ecosistema. Schreck (2010) comenta que los peces son capaces de compensar y adaptarse a las condiciones de estrés teniendo como resultado cambios en su comportamiento y fisiología, con un costo metabólico, como compensación, que puede afectar el crecimiento, la reproducción y la resistencia.

Los mecanismos homeostáticos del pez comprometen sus respuestas al estrés para compensar y estabilizar funciones metabólicas con la finalidad de adaptarse a las nuevas condiciones (Wedemeyer *et al.* 1990).

A continuación vemos la tabla 1, donde se muestra a diferentes autores y su denominación a la etapa de alevinaje:

**Tabla 1: Denominación de las etapas de producción del paiche (*Arapaima gigas*)**

<b>Etapa</b>	<b>Peso Inicial (g)</b>	<b>Longitud Inicial (cm)</b>	<b>Autor</b>
Alevinaje	15	-	Ono y Kheidi, 2013
Alevinaje	54	19	Aldea y Maria, 2002.
Alevinaje	120	25	Padilla <i>et al.</i> , <i>SF</i>
Alevinaje	15	-	Oeda <i>et al.</i> ,2015
Alevinaje	-	5	Franco y Peláez, 2007

Pre cría	40	15	Franco y Peláez, 2007
Juvenil	10.5	12	Sagatzki, B, 2013
Juvenil	41	-	Sagatzki, B; 2013
Juvenil	127	25	Aldea y María, 2002.
Engorde	150	-	Franco y Peláez, 2007

### 2.6.2 CRECIMIENTO Y ENGORDE

Bard e Imbiriba, citados por Palmeira (2001), señalan que el paiche es una especie de crecimiento rápido, y en cautiverio puede alcanzar hasta los 10 o 12 kg en 12 meses de cultivo. Esta especie se alimenta de otros peces, siendo así un carnívoro moderado, y con facilidad de adaptación al alimento balanceado.

Los pesos de crecimiento y engorde no están plenamente establecidos. Diferentes autores mencionan que esta etapa comienza a partir del cuarto o quinto mes de vida del individuo, con pesos iniciales entre 100 y 150 g, y a partir de los 14 cm a 18 cm, considerando el crecimiento y la etapa de engorde a partir de esa longitud en adelante (Varvin & Ushiñahua 2014, Chu Koo *et al.* 2009, Rebaza *et al.* 1999).

La adaptación al alimento balanceado dependerá del sistema de crianza que tenga, ya sea en sistemas intensivos, semiintensivos o extensivos. En sistemas intensivos el animal se adapta con facilidad al alimento balanceado, pero es necesario un alimento con alto valor proteico para esta etapa, siendo conveniente hasta el 40 por ciento de proteínas (García 2010).

Para los niveles semiintensivo y extensivo es necesario tener peces forraje con alto poder reproductivo, de crecimiento y bajo valor comercial (bujurqui, mojarra, tilapia) (Guerra *et al.* 2002).



## 2.7 DENSIDADES Y CRECIMIENTO EN ALEVINES DE PAICHE

La densidad de cultivo es un factor muy importante en la acuicultura. Durante el proceso de cultivo en altas densidades de carga se generan cambios desfavorables, tanto en el aspecto nutricional, calidad del agua y la llegada de agentes patógenos. Asimismo, la alta densidad de cultivo activa factores estresantes en los alevines, alterando su fisiología y condicionando los parámetros biométricos, valores hematológicos y el perfil bioquímico sanguíneo (Sagatski *et al.* 2003).

Schimittou, citado por Prada (s. f.), declara que la densidad óptima de cultivo es el mayor número de peces que pueden ser eficientemente producidos a tamaño comercial en un área o volumen determinado. Esa eficiencia de producción no necesariamente se refiere al máximo peso que se pueda producir, sino a la biomasa que pueda alcanzar con un alimento razonable, de conversión alimenticia favorable en un periodo de tiempo deseado para la cosecha. La densidad óptima depende, sobre todo, de la calidad del agua, la biomasa que pueda ser eficientemente producida, el tamaño promedio del pez deseado a cosechar y la mortalidad esperada.

El estrés provocado por la alta densidad de cultivo es un factor que se minimiza fácilmente si se utilizan buenas técnicas de alimentación y se proporciona a cada individuo la ración que le corresponde, disminuyendo, de esta forma, la agresividad entre ellos. Los valores hematológicos y el perfil bioquímico sanguíneo pueden ser afectados por las características nutricionales de la dieta (Tórrez *et al.*, citados por Delgado *et al.* 2013).

Pezo y Ushiñahua (2014) realizaron la evaluación de juveniles con pesos de 429 g y tallas de 39.03 cm, sembrados con densidad de 1 ind/m<sup>3</sup>. Dichos juveniles de paiche llegaron a pesar 1300 g y 55 cm de longitud, aproximadamente, en 85 días de producción.

En un estudio para definir la mejor ración proteica en los alevines de paiche, manejados en 9 jaulas a una densidad de 5 ind/2.4 m<sup>3</sup> con 33 cm de longitud y 306 gramos en peso, Aldea y María (2002) obtuvieron peces 2557.79 g y 65.42 cm en 6 meses, suministrando alimento con 50 por ciento de proteína, una tasa del 5 por ciento y con una frecuencia alimenticia diaria de tres.

Padilla *et al.* (s. f.) evaluaron el crecimiento compensatorio de alevines de paiche en ambientes controlados, iniciando el estudio con ejemplares de 30 cm y con 190.6 g. Se evaluó por ocho semanas, utilizando diferentes tipos de alimento. Al finalizar la prueba, los alevines llegaron a medir 41 cm y 569.9 g de peso en promedio.

En un trabajo realizado sobre la influencia de las dietas comerciales en alevines de paiche, los peces comenzaron con un peso y longitud de 63.33 g y 19.92 cm respectivamente. En 90 días llegaron a pesar 447 g y medir 34.9 cm, según Verástegui *et al.* (2013). Dicha dieta comercial fue el Puripaiche de 50 por ciento de proteína bruta de tipo extruido con un diámetro de 6 x 6 mm. Este alimento resultó mejor que otras dietas comerciales, como Aquatech y Nutrisam.

Se realizó un cultivo de paiche con 25.8 cm de longitud y 119.5 g de peso inicial, en el cual se utilizaron jaulas con 2.4 m<sup>3</sup> de volumen para la producción. Los autores concluyeron que la mejor tasa de alimentación es de 60 a 50 por ciento de proteína; después de 60 días llegaron a pesar 2105 gramos y a medir 61.3 cm, bajo una densidad de 5 ind/2.4m<sup>3</sup> (Padilla *et al.* (s. f.).

Palmeira (2001) estudió las densidades (5, 10, 15, 20 y 25 peces/100m<sup>2</sup>) y el desarrollo productivo del paiche en estanques de tierra, con pesos iniciales de 80 a 100 g, aproximadamente, durante 1 año. En la experimental (hasta los 120 días), las densidades no mostraban diferencia significativa, pero conforme pasó el tiempo se notó la diferencia y se determinó que a menor densidad los individuos tienen mejor desarrollo en crecimiento, sin embargo, el mejor desarrollo en biomasa fue con la densidad de 10 peces/100m<sup>2</sup>.

Sagatzki *et al.* (2003) concluyen que el paiche alcanzó una biomasa de 29 kg/m<sup>3</sup> en un periodo de 200 días con la crianza intensiva en jaulas de un 1 m<sup>3</sup> de capacidad, a una densidad de 21 ind/m<sup>3</sup>, con pesos iniciales de 40 a 46 gramos.

Algunas densidades adecuadas o mejoradas en diversos estudios para la producción óptima de paiche se muestran en la tabla 2.

**Tabla 1 Diferentes densidades de producción de alevines de paiche en sistemas intensivos**

<b>Etapa</b>	<b>Unidad</b>	<b>Densidad inicial (peces/)</b>	<b>Peso inicial(g)</b>	<b>Longitud inicial(cm)</b>	<b>Peso final(g)</b>	<b>Longitud final(cm)</b>	<b>Tiempo de cultivo (días)</b>	<b>Autor</b>
Alevinaje	Jaula	80/m <sup>2</sup>	15	NR	500	NR	60	Ono y Kheidi, 2013
Alevinaje	Estanque de tierra	0.8/m <sup>2</sup>	15	NR	500	NR	60	Ono y Kheidi, 2013
Alevinaje	Estanque de tierra	50/m <sup>2</sup>	54	19	127	25	60	Aldea y Maria, 2002.
Alevinaje	Jaula	2.08/m <sup>3</sup>	120	25	2180	61	180	Padilla <i>et al.</i> SF
Alevinaje	Estanques de concreto	500/m <sup>3</sup>	NR	5	NR	15	45	Franco y Peláez, 2007
Alevinaje	Estanque de tierra	1/m <sup>2</sup>	15	NR	500	NR	60	Oeda <i>et al.</i> , 2015
Precría	Estanque de tierra	2.5/m <sup>2</sup>	40	15	150	25	20	Franco y Peláez, 2007
Juvenil	Jaula	25/m <sup>3</sup>	10.5	12	120	24	45	Sagatzki, 2013
Juvenil	Jaula	21/m <sup>3</sup>	41	NR	1380	NR	200	Sagatzki, 2013
Juvenil	Jaula	2.08/m <sup>3</sup>	127	25	2557	65	180	Aldea y Maria, 2002.
Engorde	Estanque de tierra	0.2/m <sup>2</sup>	150	NR	390	NR	30	Franco y Peláez, 2007

NR (no reportado)

## 2.8 PARÁMETROS PRODUCTIVOS CON DENSIDADES DE CULTIVO EVALUADAS

Toda investigación sobre la evaluación de parámetros de crecimiento debe tener constante monitoreo. A continuación, mostramos algunas experiencias en el cultivo de paiche y los resultados obtenidos de parámetros productivos.

Palmeira *et al.* (2005) evaluaron el crecimiento de alevines de paiche con diversos tipos de alimento, la forma de alimentación fue *ad libitum*, con peso y longitud inicial de 190 g y 31 cm respectivamente y el sistema de cultivo fue en estanques de 1.2 m<sup>3</sup> con una densidad de 5 peces/estanque, de dicha investigación se obtuvo una sobrevivencia de 93.3 por ciento, la Tasa de Crecimiento Específico (TCE) varió desde 1.08 a 1.65 (la dieta con pescado a una tasa alimenticia del 5 por ciento obtuvo valores menores que la dieta con más pescado y alimento balanceado), la Conversión Alimenticia Aparente (CAA) varió desde 2.5 a 1.3 (mayor CAA, menor ración de pescado).

En un trabajo sobre el efecto de niveles de proteína (37 a 49 por ciento) en el crecimiento de juveniles de paiche, con peso de 120 g en jaulas de 1 m<sup>3</sup> a una densidad de 10 peces/jaula durante 45 días, de acuerdo al nivel de proteína, la CAA resultó entre 2.3 y 5.5, la TCE entre 1.4 y 2.4 y la sobrevivencia fue de 80 por ciento, aproximadamente. La proteína de 48.6 por ciento en dietas peletizadas produce un mejor desempeño de juveniles de paiche (Ituassú *et al.*, 2005).

Arévalo (2014) investigó el efecto de tres tasas de alimentación (6, 12 y 18 por ciento) en juveniles de paiche, con 40 g de peso inicial y 19 cm de longitud aproximadamente, a una densidad de 1 pez/m<sup>2</sup> en estanques de tierra; dio como resultado una TCE de 1.3 a 1.48, K de 0.56 a 0.6 y un ICAA de 13.63 a 5.01. Este trabajo demostró que los peces alimentados con tasa del 12 por ciento tuvieron mejor desarrollo, llegando a tener un peso final de 135 g aproximadamente en 90 días.

Se investigó sobre los niveles de proteína (35, 40 y 45 por ciento) en el crecimiento de juveniles de paiche. Los peces comenzaron el experimento con un peso de 87 g, aproximadamente, en estanques rectangulares, a una densidad de 1 pez/50 l. Como resultado se obtuvo una TCE de 0.6 a 0.86, un K de 0.74 a 0.84 y una S del 100 por ciento. Del Risco *et al.* (2008) concluye dicha investigación «el nivel proteico más adecuado para el desarrollo del pez es de 40 por ciento de proteína bruta».

Silva (2016), en su trabajo «Efecto de la frecuencia de alimentación con alimento balanceado en el crecimiento y ganancia de peso en la etapa de levante de alevines de paiche», acondicionó alevines de 25 cm de longitud y 240 g de peso, aproximadamente. La alimentación se realizó con 50 por ciento de proteína bruta, las frecuencias fueron de 3 a 7 veces por día, después de 12 semanas de investigación se demostró que a mayor frecuencia de alimentación mayor fue el efecto en peso y longitud, obteniendo una CA de 2.99 y TCE de 15.98 g/día como máximo, con tallas de 35 cm y peso de 611g, aproximadamente.

Crescêncio *et al.* (2005) investigaron la influencia del periodo de alimentación en el consumo y ganancia de peso del paiche, determinaron que esta especie presenta preferencia por la alimentación nocturna en especial al comenzar la noche (21h). Los autores realizaron el estudio en juveniles de paiche de 313 g aproximadamente en jaulas de 1 m<sup>3</sup> con una densidad de 2500 g por jaula.

Después de 60 días, bajo un régimen de alimentación con 40 por ciento de PB de forma *ad libitum*, se alcanzó una CAA de 1.3 a 1.9 y una TCE de 1.7 a 2, presentando mejores valores en la alimentación que se proporcionó en el periodo de 24 horas, tanto en el día como en la noche.

Verástegui y Del Castillo (2013) probaron diferentes dietas comerciales con el propósito de determinar el mejor alimento comercial (T1: Puripaiche 50 por ciento PB, T2: Aquatech 42 por ciento, PB y T3 Nutrisam 50 por ciento PB). La densidad trabajada fue de 1 pez/32 l con peso de 67 g y longitud de 20 cm aproximadamente. Luego de 90 días se consiguió

parámetros de crecimiento óptimos, como el ICCA de 1.7 a 2.6, TCE de 1.3 a 1.8 y el K de 0.9 a 0.8. Esta variación de los parámetros de crecimiento se debe a la composición del alimento usado en cada tratamiento. El T1 y T2 fueron los que más influenciaron en el desarrollo del pez, debido a su tenor proteico y flotabilidad.

Con el objetivo de conocer el desarrollo del paiche, se evaluó el crecimiento durante 16 meses en sistemas de estanques de concreto de 30 m<sup>3</sup>, con peces de 135 g y 26 cm y densidad de 0.96 peces/m<sup>3</sup> alimentados con ración balanceada (40 por ciento de PB). Esto dio como resultado el Factor de Condición (K) de 1.002±0.072, conversión alimenticia aparente (CAA) 2.64 (Scorvo 2004).

Delgado *et al.* (2013) evaluaron el efecto de tres densidades de cultivo (7, 14, 21 alevines/56 l) sobre los parámetros hematológicos. Se trabajó con pesos de 75 g y longitudes de 23 cm, aproximadamente, la CAA fue de 0.94 a 1.05, el K varió de 0.67 a 0.74 y la sobrevivencia (S) resultó 100 por ciento. En dicho trabajo, las densidades evaluadas solo mostraron diferencia significativa en la CAA y el K (mayor densidad incrementan los valores de la CAA y el K).

Rebaza *et al.* (2005), estudió el cultivo de paiche en jaulas flotantes con un volumen de 250 m<sup>3</sup>, con densidades de 3 y 2 peces/m<sup>3</sup>, y peso inicial de 700 g y 400 g, aproximadamente. Luego de 120 días, alcanzaron una CAA de 2.2 y 2.3 y un K de 0.84 y 0.76 para la densidad 3 y 2 peces /m<sup>3</sup> respectivamente.

Sagatzki *et al.* (2003) trabajaron con juveniles de paiche, evaluando el efecto de la densidad (15, 20, 25 peces/m<sup>3</sup>) sobre la homogeneidad del crecimiento de paiche en jaulas flotantes durante 45 días, con un peso inicial de 10.4 g y final de 107 g, longitud inicial de 12 cm y final de 24 cm, aproximadamente.

El factor de condición (K) no presentó diferencia entre los tratamientos, variando en el rango de 4.7 a 4.9 y la CAA entre 0.8 a 1.1. En este estudio, se concluyó que las densidades no afectan la homogeneidad de crecimiento en juveniles.

Morales (2004) comenta la relación parabólica entre la TCE y el FCA, a medida que aumenta el factor de conversión alimenticia disminuye la tasa de crecimiento específica.

Otra investigación se realizó con la finalidad de evaluar el crecimiento y la respuesta al estrés en alevines de *Arapaima gigas* de 26 g aproximadamente, con una densidad de 66 peces/m<sup>3</sup>, alimentados con dietas enriquecidas con vitamina C; los parámetros productivos de *Arapaima gigas* en el sistema de recirculación en acuicultura bajo diferentes niveles de ácido ascórbico, por un periodo de 54 días, fueron: (a) FCA desde 0.75 hasta 0.85 y (b) TCE desde 3.61 hasta 3.81. Estos resultados fueron dependientes de la concentración de ácido ascórbico en el alimento (Álvarez 2016).

## **2.9 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA**

En la tabla 3 se presenta diferentes valores de algunos parámetros de la calidad del agua que fueron considerados en investigaciones de cultivos de paiche en diferentes etapas de producción.



**Tabla 2 Registro de parámetros de calidad del agua de acuerdo a las diversas experiencias de cultivo de paiche**

Etapa	Peso (g)	Temperatura (°C)		pH		Oxígeno disuelto (mg/l)		Amonio (mg/l)	Nitrito (mg/l)		Autor
		Máy.	Min.	Máy.	Min.	Máy.	Min.	Máy.	Min.	Máy.	
Alevinaje	67	28.4	27.4	6.8	6.6	4.6	4.4	0.3	<0.03	<0.03	Verástegui y Del Castillo, 2013
Alevinaje	75	26	26	7	6	4.1	0	0.1	0.05	0.1	Delgado <i>et al.</i> , 2013
Alevinaje	87	25.5	23.9	6.5	5.7	3.6	1.5	0.7	--	--	Del Risco <i>et al.</i> , 2008
Juvenil	97	29.6	27.8	6.2	5.4	6.8	5.8	0.01	--	--	Ono <i>et al.</i> , 2008
Juvenil	40	29.78	21.78	6.6	5.6	5.33	3.33	0.2	--	--	Arévalo, 2014
Juvenil	10	29.9	26.9	8	6.4	7.5	4.5	0.5	0	0	Sagatzki <i>et al.</i> , 2003

### **2.9.1 TEMPERATURA**

La temperatura del agua en ambientes naturales donde habita el paiche varía desde 25 a 32 °C, y en algunas ocasiones llega hasta 36° C. En los estanques y grandes embalses el calentamiento de la capa superficial del agua es mayor y más rápido (Rebaza *et al.* 1999).

La temperatura ideal para el crecimiento está entre 28 y 30 °C. Fuera del rango, los peces tropicales dejan de consumir alimento. El paiche, sin embargo, tiene buena capacidad de adaptación a temperaturas más bajas (Silva, 2016). Los reproductores de paiche presentan límites de tolerancia térmica relativamente amplios comparados con los alevines, que son más susceptibles al estrés térmico. Este factor puede ocasionar mortalidad, sobre todo si la temperatura es menor a 24 °C (Franco, 2003).

Diferentes autores trabajaron en experimentos con alevines y juveniles de paiche desde 40 hasta 97 g como peso inicial de su experimento, la temperatura reportada en dichos trabajos varió desde 24.7 °C hasta 29.8 °C como se muestra en la tabla 3.

### **2.9.2 pH (POTENCIAL DE HIDRÓGENO)**

Este parámetro está influenciado por la concentración de dióxido de carbono en ambientes enriquecidos orgánicamente, como son los estanques de piscicultura. Se presentan desequilibrios notables de pH en el ciclo día y noche. El pH recomendado para el paiche está en el rango de 6.5 a 8,9 (Franco & Pelaéz, 2007).

El paiche, en la etapa adulta, tiene una tolerancia amplia del pH (5.0 a 11.5), los valores altos de pH se asocian generalmente al agua con baja transparencia (Silva, 2016).

Algunos autores que trabajaron en sistemas controlados (jaulas, tanques de concreto, estanques de tierra) reportan valores de pH óptimo, con un valor mínimo de 5.4 y máximo de 6.8 como indica en la tabla 3.

### **2.9.3 OXÍGENO DISUELTO**

El oxígeno es uno de los factores más importantes que regula la calidad del agua en los estanques de cultivo. Su solubilidad varía con la temperatura del agua. A diferencia de los parentales, las larvas de paiche requieren de concentraciones de oxígeno superiores a 4 mg/l, ya que en esta etapa (los primeros 6 días de vida) su respiración es branquial (Silva, 2016).

Según Rebaza *et al.* (1999), el rango deseable de oxígeno disuelto en el agua para cultivo de paiche es de 5 mg/l.

Franco (2003) comenta que, a bajas concentraciones de oxígeno disuelto, los alevines de paiche (mayores a 3 cm) no presentan problemas en su organismo, debido a su doble respiración (a través de la vejiga natatoria y de las branquias).

Autores que trabajaron en esta etapa inicial, evaluaron la cantidad de oxígeno disuelto en los diversos sistemas de cultivo a diferentes densidades. En promedio, los resultados obtenidos fueron de 4 a 5 mg/l de oxígeno disuelto (ver tabla 3).

#### **2.9.4 AMONIO**

El amonio se encuentra presente en los estanques como un producto del metabolismo de los organismos y como resultado de la descomposición de la materia orgánica por medio de bacterias.

El nitrógeno amoniacal en el agua se encuentra en forma no ionizada como amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), o en forma ionizada como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). La forma no ionizada es tóxica y los peces solo pueden soportar pequeñas cantidades variando su efecto en el tiempo de exposición (0.6 a 2.0 mg/l); sin embargo, la forma ionizada no es tóxica, salvo que se encuentre presente en grandes concentraciones (Rebaza *et al.* 1999).

Dicho parámetro es importante y debe controlarse la concentración de materia orgánica presente en un cultivo regulando la tasa de recambio de agua para evitar el estrés de los peces. Los valores reportados en experimentos con esta especie fluctúan entre 0.01 y 0.7 (ver tabla 3).

#### **2.9.5 NITRITOS**

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas. Por lo general, en el agua se encuentra formando amoniaco, nitratos y nitritos. Los nitritos son altamente tóxicos y muchos peces mueren cuando los niveles se elevan. En un acuario, los nitritos deben ser inexistentes para que los peces tengan una vida saludable. Cuando los niveles se acercan a 0.5 mg/l la situación se vuelve crítica, y en función de la capacidad de tolerancia de los peces, estos aún tienen posibilidades de sobrevivir, pero

cuando los niveles de nitritos llegan a, o superan, 2 mg/l la mayoría de las especies mueren (Ontañón & Martínez citado por Silva, 2016).

La presencia del nitrito en los estanques se debe a la nitrificación del amonio derivado de la excreción y de la descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, el nitrito también puede derivarse de la reducción del nitrato por acción de las bacterias anaeróbicas del fango del fondo del estanque. Cuando el nitrito es absorbido por los peces, reacciona con la hemoglobina, formando metahemoglobina, y hace que la sangre pierda su capacidad de transportar oxígeno para los procesos biológicos (Jensen 2003). Por eso, en exposición prolongada al nitrito, se puede llegar a la hipoxia y a la cianosis. La sangre con apreciable cantidad de nitrito es de color marrón, dando lugar a la “enfermedad de la sangre marrón”.

La concentración letal de nitrito varía con las especies y temperatura. La adición de calcio y cloruro al agua de cultivo reduce la toxicidad del nitrito en los peces (Rebaza *et al.*, 1999).

Trabajos realizados en paiche muestran valores en el rango de 0 a < 0.03, estos valores son bajos, lo que indica bajos niveles de materia orgánica (ver tabla 3).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LUGAR Y PERIODO DE ESTUDIO**

El trabajo experimental se llevó a cabo el mes de mayo hasta setiembre del 2016 por un periodo de 42 días en las instalaciones del Centro de Acuicultura Nuevo Horizonte perteneciente al Fondo de Desarrollo Pesquero (FONDEPES), ubicado en el km 38.8 de la carretera Iquitos-Nauta, distrito de San Juan, provincia de Maynas, departamento de Loreto, geográficamente se encuentra entre las coordenadas: 04°03'53''L. S. y 73°26'46'' L. W. a 112 msnm.

#### **3.2 ETAPA PRE EXPERIMENTAL**

Para desarrollar la fase experimental, de forma previa se realizaron diversas actividades como la implementación de estanques de concreto, la adquisición de alevines de paiche, su adaptación al alimento balanceado, y la selección de alevines para el estudio, todos necesarios para el desarrollo de los objetivos.

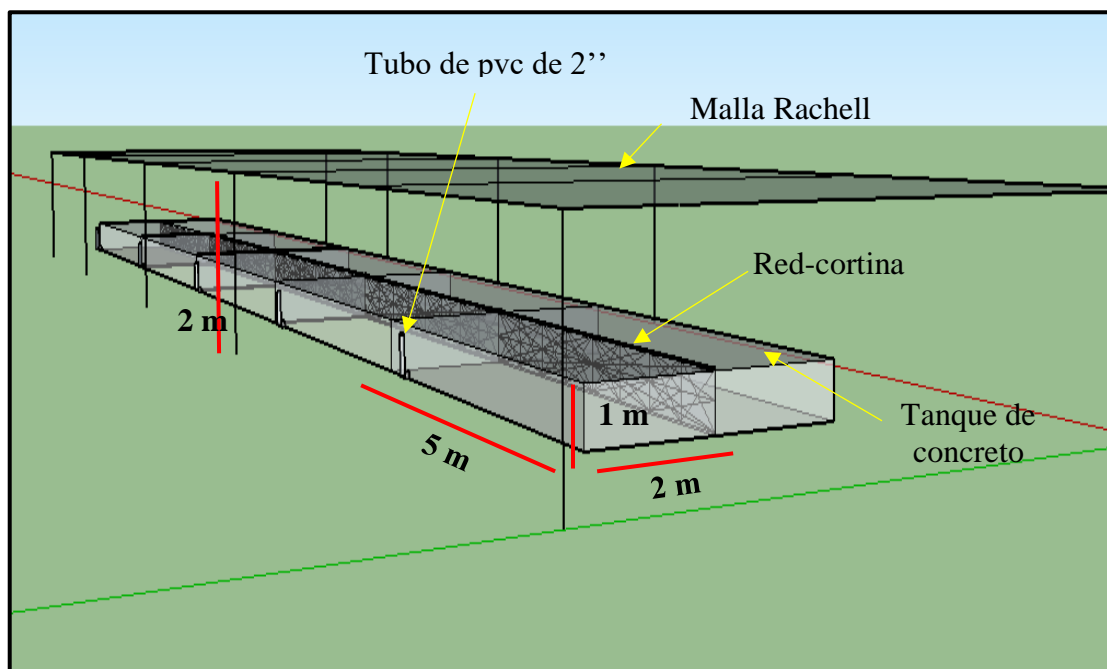
##### **3.2.1 ACONDICIONAMIENTO DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES**

Cinco estanques de concreto con dimensiones de 4 m de ancho, 5 m de largo y 1 m de alto, fueron divididos cada uno en la parte central por un tabique de madera y red cortina con tamaño de malla de 34 mm, resultando 10 unidades experimentales de 5 m de largo, 2 m de ancho y 1 m de alto, de las cuales se utilizaron 9 unidades para los diferentes tratamientos (3x3 repeticiones), la décima unidad se dejó disponible para la limpieza de estanques; este procedimiento consistía en pescar a los alevines de un estanque y moverlos al estanque libre, se retiraba el agua del otro estanque y se realizaba la limpieza profunda ( escobillado, desinfectado y renovación completa de agua) . Cada estanque de concreto fue provisto de tubos de PVC (5 unidades) en forma de "L" con 2 pulgadas de diámetro para la salida de agua (un tubo por cada dos unidades experimentales).

El abastecimiento de agua hacia los tanques experimentales fue a través de una electrobomba de 1 hp, marca Alco Glong, la cual se conectó a una manguera de 4 pulgadas. El agua (agua de lluvia) se encontraba en un estanque de tierra de 1 ha de área utilizado como reservorio, ubicado a 200 m de las unidades experimentales, el caudal de ingreso se regulaba diariamente a 3.1 l/seg controlando el tiempo de ingreso del agua hasta el nivel marcado en el estanque.

Los estanques experimentales estuvieron bajo sombra con una malla Rachell al 80 por ciento y con un tirante de agua de 0.5 m.

La descripción gráfica de los estanques experimentales se muestra en la figura 1.



**Figura 1: Esquema de las unidades experimentales.**

### 3.2.2 ADQUISICIÓN DE ALEVINES DE PAICHE

Se obtuvieron 200 alevines de paiche con peso y longitud promedio de 9.3 g y 11 cm, respectivamente, provenientes del centro de cultivo “Agroforestal TONY” en el departamento de Iquitos. Estos fueron ubicados en el laboratorio de peces ornamentales

denominado *Nursery* para la respectiva adaptación a las nuevas características del agua y condiciones ambientales por un periodo de 10 días.

Los alevines fueron colocados en 3 tinas de PVC de 25 litros y en 2 tanques de fibra de vidrio de 150 litros, con un flujo constante de agua, en las tinas de PVC (policloruro de vinilo) se colocaron de 25 a 30 alevines/tina y en los tanques de fibra de vidrio de 70 a 75 alevines/tanques.

### **3.2.3 ADAPTACIÓN AL ALIMENTO ARTIFICIAL**

Continuando con la etapa pre experimental, se procedió a adaptar a los alevines de paiche al alimento balanceado, ya que provenían de una alimentación completamente natural.

El proceso inició con el suministro de alimento vivo proveniente de estanques con productividad natural, 200 ml de agua filtrada (filtro con tamaño de malla menor a 1 mm) fue adicionada al estanque de peces cada dos horas, entre las 8:00 a. m. y 6:00 p. m. durante tres días.

El alimento vivo estaba conformado por microalgas (*Dynophyta*, *Cyanophyta*, etc.) y zooplancton (*Cladoceros*, *Diplostraca*, etc.) extraído con un “jamu” (malla de tela con abertura de 0.05 mm), también se utilizó nauplios de artemia (*Artemia salina*) provenientes del laboratorio de “Alimento Vivo”.

Al cuarto día se inició la adaptación al alimento balanceado, siguiendo el método modificado de Franco (2001), Ituassú *et al.* (2005) y Velásquez *et al.* (2007). Esta adaptación consistió en una mezcla de alimento balanceado “Aquatech preinicio 1-55” con 55 por ciento de proteína bruta y músculo de pescado (gamitana o paco). Estos fueron combinados en diferentes proporciones, como se muestra en la tabla 4. El músculo de pescado fue desmenuzado y mezclado con el alimento balanceado, y fue suministrado en forma de pellets a los peces de manera “*ad libitum*”, durante 6 días en 5 raciones por día.

**Tabla4: Proporción del alimento balanceado y el músculo de pescado durante la fase de adaptación al alimento balanceado.**

<b>Pescado %</b>	<b>Alimento Balanceado %</b>	<b>N° de días</b>
80	20	2
50	50	2
30	70	2
0	100	-

### **3.2.4 SELECCIÓN DE PECES EXPERIMENTALES**

Ya adaptados los alevines de paiche al alimento balanceado fueron clasificados realizando una biometría (el peso y longitud de los peces), eligiéndose a los 72 peces más grandes (> 10 g.) para iniciar la etapa experimental.

### **3.3 ETAPA EXPERIMENTAL**

#### **3.3.1 SIEMBRA Y DISTRIBUCION DE ALEVINES.**

Los peces fueron pesados (g.) y medidos (cm.) individualmente antes de ser distribuidos a las unidades experimentales. Considerando que el diseño del experimento fue completamente al azar se establecieron 3 tratamientos y tres repeticiones (6 peces/5m<sup>3</sup>, 8 peces/5m<sup>3</sup> y 10 peces/5m<sup>3</sup>), como describe la figura 2.

<b>T1R1</b> <b>(6 alevines)</b>	<b>T2R3</b> <b>(8 alevines)</b>	<b>T1R3</b> <b>(6 alevines)</b>	<b>T3R1</b> <b>(10 alevines)</b>	-
<b>T3R3</b> <b>(10 alevines)</b>	<b>T1R2</b> <b>(6 alevines)</b>	<b>T2R2</b> <b>(8 alevines)</b>	<b>T2R1</b> <b>(8 alevines)</b>	<b>T3R2</b> <b>(10 alevines)</b>

**Figura 2: Distribución completamente al azar de los tratamientos en las unidades experimentales.**



T1: densidad 6 peces /5m<sup>3</sup>, R1, R2, R3 sus repeticiones

T2: densidad 8 peces /5m<sup>3</sup>, R1, R2, R3 sus repeticiones

T3: densidad 10 peces /5m<sup>3</sup>, R1, R2, R3 sus repeticiones

El peso, longitud total y desviación estándar de cada tratamiento se detalla en la tabla 5.

**Tabla 3: Distribución de los tratamientos de diferentes densidades y repeticiones de alevines de Paiche (*Arapaima gigas*)**

Tratamiento	Número de peces por repetición	de Peso por Inicial (X±σ)	Longitud g inicial (X± σ)	cm
<b>T1</b>	R1: 6			
	R2: 6	9.8±2.54	11 ± 0.80	
	R3: 6			
<b>T2</b>	R1: 8			
	R2: 8	8.9±2.30	11.1 ± 0.87	
	R3: 8			
<b>T3</b>	R1: 10			
	R2: 10	9.2±2.11	10.8 ± 0.84	
	R3: 10			

### 3.3.2 CONTROL DE CRECIMIENTO Y ALIMENTACIÓN

Durante el experimento el control de peso y longitud fueron realizados cada 15 días en toda la población, midiendo el peso individual y longitud total.

Los parámetros de productivos y el ajuste de la tasa de alimentación fueron controlados en base a los resultados del peso y longitud de forma individual, al inicio y quincenalmente durante la ejecución del trabajo experimental, empleando una balanza digital Henkel (unidad mínima de 0.1 g) y un ictiómetro graduado en cm.

Para la alimentación de los alevines de paiche, se suministró alimento balanceado extruido humedecido desde 55 hasta el 50 por ciento de proteína bruta. El alevín no se adaptó al

alimento extruido por lo cual se tuvo que humedecer el alimento: en un envase se agregó gotas de agua para homogeneizar y hacer un pellet que pueda sumergirse en el estanque experimental.

Se aplicó una tasa de alimentación desde 15 hasta el 10 por ciento, con una frecuencia de 6 a 5 veces por día, basándonos en la propuesta de alimentación de Oeda *et al.* (2015), como se describe en la tabla 6. El alimento se suministró a partir de las 8 a. m. y los días fríos (temperatura menor a 25 °C) el horario de alimentación comenzaba a las 10 a. m., porque los peces no aceptaban alimento a bajas temperaturas.

**Tabla 4: Suministro de alimento balanceado en las unidades experimentales**

Meses	Tasa de alimentación (%)	Frecuencia de alimentación	% Proteína bruta	Marca
1.º mes	15	6	55	Aquatech
2.º mes	10	5	50	

Fuente: Adaptación de oeda *et al.*2015

En la tabla 7 se muestran las características fisicoquímicas del alimento suministrado.

**Tabla 5: Características del alimento balanceado AQUATECH**

Nutrientes	AQUATECH Porcentaje (%)
Proteína mín.	55/50
Grasa mín.	12
Fibra máx.	2
Calcio mín.	2
Fósforo mín.	1
Ceniza máx.	12
Humedad máx.	10

Fuente: [www.aquatech.pe](http://www.aquatech.pe)

### 3.3.3 PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL AMBIENTE

En la tabla 8 se muestra el resumen de los parámetros de calidad del agua y ambientales medidos durante la etapa experimental, también se indica el instrumento de medición con su respectiva marca y frecuencia de uso.

**Tabla 6: Parámetros ambientales y de la calidad del agua en la fase experimental**

Parámetro	Unidad	Instrumento de medición	Frecuencia (7 días por semana)	Marca
Temperatura ambiente	°C	Termómetro de canastilla	Tres veces al día	Giardino
Precipitación pluvial	l/m <sup>2</sup>	Pluviómetro	Una vez al día	Giardino
Oxígeno disuelto	mg/l <sup>-1</sup>	Oxímetro	Tres veces al día	Ysi 550 A
Temperatura del agua	°C	Oxímetro	Tres veces al día	Ysi 550A
pH	-	Kit Colorimétrico	Dos veces al día	Sera/ multiparámetro
Amonio	mg/l <sup>-1</sup>	Kit Colorimétrico	Tres veces por semana	Sera// kit Hatch
Nitritos	mg/l <sup>-1</sup>	Kit Colorimétrico	Tres veces por semana	Sera/ kit Hatch

En el sistema de cultivo bajo diferentes tratamientos se controlaron los parámetros de la calidad del agua y ambiental, una muestra por cada tratamiento de forma aleatoria.

La temperatura del agua (°C) y oxígeno disuelto (mg/l se midió con un oxímetro marca YSI 55-digital, el pH, amonio (mg/l) y nitritos (mg/l) con el kit colorimétrico de la marca Sera. Estos parámetros se midieron a 20 cm de la superficie del agua y la precipitación pluvial (l/m<sup>2</sup>) se midió con un pluviómetro ubicado a 10 metros de las unidades experimentales.

El pH se midió dos veces al día (10 a. m. y 5 p. m.), el amonio y nitritos tres veces por semana, la temperatura ambiente y la temperatura del agua se midieron tres veces al día (7:30 a. m., 12 p. m. y 5:00 p. m.) y la precipitación pluvial se midió 1 vez al día.

La calidad del agua de abastecimiento (que se encontraba en el reservorio) fue evaluada una sola vez con un espectrofotómetro de la marca Hatch (HQ 40D), tomando una muestra del centro del reservorio se evaluó el pH, N-NO<sub>3</sub>, N-NO<sub>2</sub>, NAT, CaCO<sub>3</sub> y la conductividad.

### 3.4.4 MANEJO DEL SISTEMA

- El sistema tenía un régimen de limpieza, después de cada alimentación se «sifoneaba» los restos de alimento y excretas.
- Cada 12 días se realizaba la limpieza profunda; se dispuso uno de los estanques libres para trasladar los paiches mientras se limpiaba cada unidad experimental, este procedimiento consistía en evacuar el agua del estanque y limpiar con escobillas y escobas, la desinfección del estanque se hacía mediante una concentración de sal al 8 por ciento.
- Antes de trasladar a los paiches al estanque limpio, estos pasaban por un baño profiláctico de sal al 3 o 2 por ciento de concentración durante 20 segundos.
- El recambio de agua se realizaba todos los días a partir de las 10 a. m. (un recambio del 40 a 50 por ciento del volumen total del agua).

### 3.3.5 PARÁMETROS PRODUCTIVOS

Los controles biométricos para la estimación de los parámetros productivos fueron realizados cada 14 días; la supervivencia fue evaluada a diario.

A continuación, se muestran las fórmulas de los parámetros productivos que se evaluaron durante la etapa experimental:

#### a) TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO (TCE, SGR)

Expresa el crecimiento en peso del pez diariamente, influenciado por el espacio, alimento y temperatura.

Se expresa como: porcentaje de crecimiento/día.

$$\text{TCE} = \{(\text{Ln Pf} - \text{Ln Pi}) / [\text{Tiempo (días)}]\} \times 100. \text{ (Muller- Feuga 1990)}$$

#### b) FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA (FCA)

Se define como la cantidad de alimento suministrado durante un determinado tiempo para aumentar 1 kg de biomasa.

**F.C.A.** = cantidad de alimento suministrado/ganancia de peso (Rice *et al.*, 1994)

**c) FACTOR DE CONDICIÓN (K)**

Expresa la relación volumétrica en función del peso. Puede indicar el estado nutritivo de los organismos. En cultivo es útil para comparar y cuantificar numéricamente la condición o estado nutricional del pez, para la comercialización también es muy importante, de acuerdo al requerimiento comercial se puede modificar la longitud o el peso del pez.

$$K = [\text{peso total (P)} / \text{longitud (L)}^3] \times 100. \text{ (Ricker 1979)}$$

**d) SOBREVIVENCIA (S):**

Expresa la relación entre el número de peces vivos después de un periodo de tiempo.

$$S (\%) = (\text{N.º cosecha} / \text{N.º siembra}) \times 100 \text{ (Heinsbroek 1990)}$$

### **3.4.6 PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO**

Los datos obtenidos: peso y longitud final y el incremento de peso y longitud en las tres densidades (6 peces/5 m<sup>3</sup>, 8 peces/5 m<sup>3</sup> y 10 peces/5 m<sup>3</sup>) fueron sometidos a la prueba estadística ANOVA de un solo factor, y se validaron mediante sus supuestos: independencia (gráfico de residuos de modelos), normalidad (Test de Shapiro Wilk) y homocedasticidad (Test de Bartlett). Los tratamientos que no cumplieron el supuesto de la normalidad pasaron a la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

Los tratamientos que cumplieron con todos los supuestos se pasaron al análisis con una significancia al 95 por ciento de confianza, y para comparar las diferencias significativas entre tratamientos se efectuó la prueba estadística de Bonferroni-Tuckey (Montgomery 2002).

Los datos fueron procesados a través del software estadístico R Project versión 3.4.1.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Los parámetros de la calidad del agua del reservorio de abastecimiento se muestran en la tabla 9, la concentración de nitrito, nitrato, amonio, alcalinidad, conductividad y pH se encuentran dentro de los rangos recomendados por diversos autores para el cultivo del paiche (Verástegui & Del Castillo, 2013). Los valores obtenidos son característicos de las aguas provenientes de la precipitación fluvial que tiene una baja conductividad y compuestos carbonatados.

**Tabla 7: Parámetros de calidad del agua del reservorio de abastecimiento**

Parámetros	Valor
N - NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.9
N - NO <sub>2</sub> (mg/l)	0.01
Amonio Total	0
NAT (mg/l)	0
(CaCO <sub>3</sub> ) (mg/l)	16
Conductividad eléctrica (us/cm)	25
pH	6.21

La tabla 10 resume los valores de la calidad del agua de los estanques experimentales registrada durante la fase experimental con la desviación estándar, los valores máximos y mínimos de cada parámetro.

**Tabla 10: Valores promedio de los parámetros de calidad del agua en los estanques durante la fase experimental.**

	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Amonio NH <sub>4</sub> (mg/l)	Nitritos N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)
<b>Promedio</b>	26.95 ± 0.98	5.02 ± 0.65	7.69 ± 0.3	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
<b>Max – Min</b>	24.9-29.7	3.57- 6.82	6.8 - 8.8	0.0	0.0

En general en esta investigación el amonio y nitritos registraron un valor cercano a 0, menor a 0.5 mg/l concentración mínima detectada por el kit colorimétrico, demostrándose que el manejo del sistema permitió niveles bajos de estos compuestos tóxicos durante la fase experimental.

Los parámetros de la calidad del agua se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para la especie, de acuerdo a Silva (2016) y Rebaza *et al.* (1999).

En general los parámetros evaluados, temperatura, potencial de hidrogeno, amonio, nitritos y nitratos se mantuvieron constantes durante la etapa experimental.

La tabla 11 presenta los valores promedio, desviación estándar y rangos de variación de los parámetros del agua y la temperatura ambiental; la temperatura ambiente durante el día tuvo una variación de 4 grados, en horas de la mañana la temperatura fue menor que al medio día y en la tarde los valores promedio fueron similares a los del medio día, los rangos más amplios se presentaron al medio día (24°C a 35 °C). Las temperaturas bajas se registraron en los meses de julio y parte de agosto.

**Tabla 11: Variación diaria de la temperatura ambiental, del agua y otros parámetros de la calidad del agua en la fase experimental**

Hora	Temperatura Ambiente (°C)	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Amonio total (mg/l)	Nitrito (mg/l)
7 hrs	26.01 ± 1.39 (21–30)	26.97 ± 0.98 (25.0 - 28.9)	4.74 ± 0.28 (3.66- 5.68)	7.65 ± 0.14 (6.8 - 7.8)	0.0 ± 0.0 (0.0 - 0.0)	0.0 ± 0.0 (0.0–0.0)
12 hrs	30.53± 2.07 (24–35)	26.98 ± 0.95 (25.3 – 29.1)	4.85 ± 0.41 (3.84– 6.81)	- -	0.0 ± 0.0 (0.0 – 0.0)	0.0 ± 0.0 (0.0–0.0)
17 hrs	30.08 ± 1.74 (25-33)	26.90 ± 1.02 (24.9-29.7)	5.55 ± 0.38 (4.24-6.75)	7.76 ± 0.21 (7.6-8.8)	0.0 ± 0.0 (0.0-0.0)	0.0 ± 0.0 (0.0-0.0)

La temperatura en las mañanas, medio día y por las tardes tuvieron rangos similares a consecuencia de la presencia de sombra y el recambio diario de casi el 50 por ciento del volumen total, factores que uniformizaron la temperatura en los estanques.

La concentración de amonio y nitrito mostraron valores menores a 0,5 mg/l durante el día, el pH registró valores cercanos a 7 con el método colorimétrico cuya sensibilidad es de 0.5. También se muestra valores de oxígeno, dicho parámetro reporta valores bajos por las mañanas.



La tabla 12 presenta valores promedio de los parámetros de la calidad del agua por tratamiento, además de presentar la desviación estándar y en la parte inferior los valores máximos y mínimos alcanzados en el experimento.

**Tabla 12: Valores promedio diario de los parámetros de calidad del agua por tratamiento durante la fase experimental**

Tratamiento	Temperatura (°C)	Oxígeno disuelto (mg/l)	pH	Amonio Total (NH <sub>4</sub> )	Nitrito (mg/l)
<b>T1</b>	26.97 ± 0.98 (25.0 - 28.9)	5.03 ± 0.63 (3.65- 6.77)	7.77 ± 0.37 (6.8 - 8.8)	0.0 ± 0.0 (0.0 - 0.0)	0.0 ± 0.0 (0.0-0.0)
<b>T2</b>	26.98 ± 0.95 (25.3 - 29.1)	5.24 ± 0.75 (3.99- 6.81)	7.68 ± 0.23 (7.2 - 8.5)	0.0 ± 0.0 (0.0 - 0.0)	0.0 ± 0.0 (0.0-0.0)
<b>T3</b>	26.90 ± 1.02 (24.9 - 29.7)	4.78 ± 0.57 (3.57- 6.82)	7.64 ± 0.31 (6.8 - 8.8)	0.0 ± 0.0 (0.0 - 0.0)	0.0 ± 0.0 (0.0-0.0)

Las densidades de alevines evaluadas estuvieron bajo las mismas condiciones; sin embargo, el pH tuvo una ligera variación entre los tratamientos, la temperatura fue similar en los tres tratamientos, el amonio y nitrito tuvieron valores menores a 0,5 mg/l, el oxígeno disuelto fue similar en los tres tratamientos, pero mostró valores relativamente menores en el tratamiento 3, considerando que a mayor densidad de peces habrá mayor consumo de oxígeno.

El pH mostró tendencia descendente en los tres tratamientos, con valores más bajos en el tratamiento 3 seguido del tratamiento 2 y 1 respectivamente, esto puede estar relacionada a la densidad de carga de los tratamientos (el tratamiento 3 tiene mayor carga, 10 peces/5m<sup>3</sup>).

#### **4.1.1 NITROGENO AMONICAL TOTAL (NAT) Y NITROGENO DE NITRITO (N-NO<sub>2</sub>)**

Las concentraciones de estos parámetros fueron menores a 0,5 mg/l, estos parámetros influyen negativamente en las especies, pero se controló durante todo el experimento. En los estanques se encuentra amonio como resultado de la descomposición de la materia orgánica (excreción o residuos de alimento), los peces solo pueden tolerar pequeñas cantidades de este compuesto y la concentración varía con el tiempo de exposición (Rebaza *et al.*, 1999).

El cambio diario de agua al 40 por ciento ayudó a mantener el equilibrio de la descomposición de la materia orgánica, así como el «sifoneo» (tres veces al día) que se realizaba en cada unidad experimental. Autores como Ono *et al.* (2008) y Delgado *et al.* (2013) reportaron la presencia de NAT en 0.01 y 0.1, mg/l respectivamente, estos autores manejaban densidades con flujo constante durante todo el día; en el presente trabajo no se observó la presencia de NAT.

Por otro lado el nitrito tiene una relación directa con el amonio, la oxidación del amonio da como resultado al nitrito; la acumulación de nitritos puede causar la toxicidad en el cultivo, este compuesto cuando ingresa a la sangre detiene el transporte oxígeno (Jensen 2003); autores como Delgado *et al.* (2013), Verástegui y Del Castillo (2013) reportan valores menores a 0.1 mg/l en trabajos con mayor densidad de carga, Sagatzki *et al.* (2003) reporta 0.0 mg/l al igual que el presente trabajo.

En el presente trabajo de investigación, la concentración de N-Nitrito para los tres tratamientos fue 0 mg/l (ver tabla 12), utilizando el método colorimétrico, la coloración estuvo en el rango 0 - 0.5 mg/l.

#### **4.1.2 pH**

El pH se mantuvo dentro del rango sugerido por Franco y Pelaéz (2007) la variación que muestra el experimento es de 6,8 – 8,8 dichos valores están dentro del rango sugerido 0,5 – 8,9; este parámetro varía de forma inversamente proporcional a la concentración del dióxido de carbono. La diferencia entre los valores de la mañana y tarde podría estar relacionada al manejo del recambio de agua, el cual se realizó sólo de día y no durante las noches por lo que la concentración de dióxido de carbono pudo haberse incrementando disminuyendo los valores del pH en las primeras horas de la mañana (Ver tabla 12).

#### **4.1.3 OXÍGENO DISUELTO**

El oxígeno disuelto tuvo una concentración de  $5.02 \pm 0.65$  mg/l en promedio de los tratamientos, este factor es mayor a la concentración sugerida por Silva (2016) y Rebaza *et al.* (1999). Se observó que en el transcurso del día la concentración de oxígeno se incrementó ligeramente en todos los estanques (ver tabla 11), siendo la mañana el momento con menor concentración de este gas; al comparar con trabajos de diversos autores mencionados (ver tabla 3) la concentración de oxígeno estuvo sobre el rango reportado (4 a 5 mg/l).

Si bien el paiche es una especie de doble respiración, en la etapa de alevines tienen mayor requerimiento del oxígeno disuelto en el agua (Silva, 2016), es por ello la importancia de mostrar dicho parámetro dentro de los valores recomendados.

#### **4.1.4 TEMPERATURA DEL AGUA**

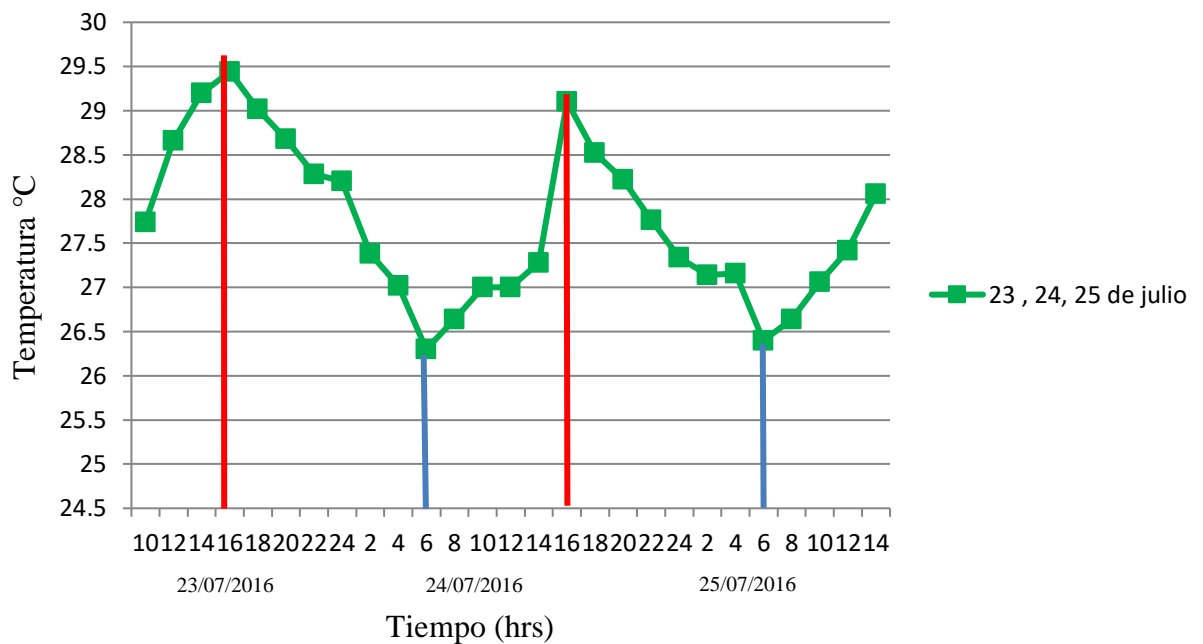
Este parámetro es clave para el desarrollo de los alevines, es importante mantener constante durante toda la fase experimental para un buen crecimiento, los peces no tienen la capacidad de regular su temperatura interna, esta varía de acuerdo a la temperatura del medio ambiente (poiquilotermos), por ello las variaciones en cortos periodos de tiempo causa estrés en ellos. Durante la fase experimental el recambio de agua del 40 por ciento y la sombra en los estanques evitaron grandes variaciones, ya que en esta región la diferencia de temperatura durante el día es significativa, en las mañanas registra 24°C aprox. y puede llegar hasta 32°C por las tardes.

La temperatura del agua en promedio fue  $26.95 \pm 0.98$  °C durante la fase experimental, en todos los estanques la diferencia entre las 7 y las 17 hrs fue de 2.5 °C aproximadamente (ver tabla 11).

Para un buen crecimiento, el paiche necesita entre 28 °C y 30 °C; sin embargo, esta especie tiene buena capacidad de adaptación a temperaturas más bajas (Silva, 2016), los alevines son más susceptibles al estrés térmico, sobre todo si la temperatura es menor a 24° C (Franco, 2003).

Los valores de la temperatura en este trabajo estuvieron dentro de los reportados por otros autores que también registraron dicho parámetro para el cultivo de paiche, como se indicó en la tabla 3.

Figura 3: Temperatura del agua, máximos y mínimos registrados por 24 horas durante tres días



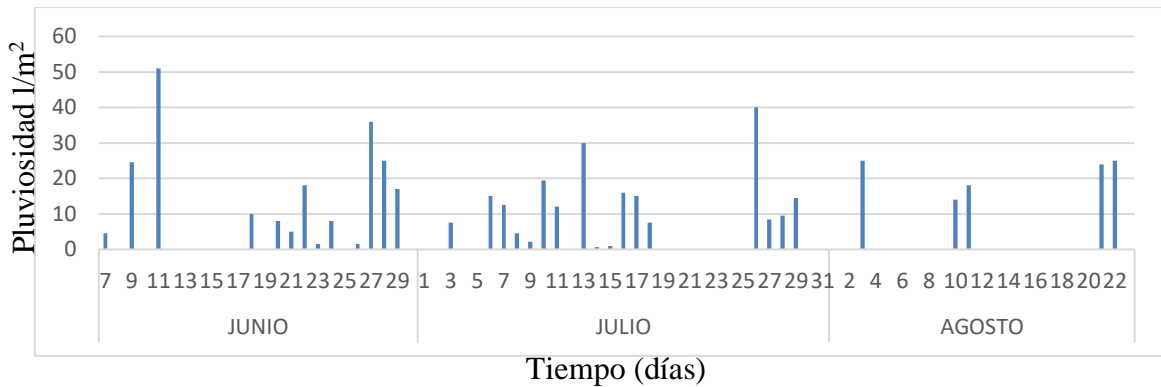
La figura 3 representa la variación de la temperatura diaria del agua, se observa que los valores máximos y mínimos son constantes en el tiempo; la mínima temperatura se registró a las 6 am y la máxima a las 4 pm durante la evaluación.

A las 4pm del primer día de reporte se obtuvo una temperatura máxima de 29.44°C, a la mañana siguiente a las 6 am. se obtuvo una temperatura mínima de 26.3°C, registrándose al día siguiente valores similares de 29.1°C a las 4 p.m. y 26.5°C a las 6 a.m.

El rango de temperatura estuvo dentro del promedio registrado por autores en diferentes fases de producción. Sagatzki *et al.* (2003) reportaron la temperatura con un máximo de 29.9°C y un mínimo de 26.9°C al trabajar con juveniles de 10 g. Por otro lado, Silva (2016) reportó el rango ideal entre 28 y 30°C.

La temperatura más baja reportada fue por Arévalo (2014) a 21.78 °C y una máxima de 29.9 °C por Sagatzki *et al.* (2003).

Se observó que los días con temperaturas más bajas el consumo de alimento por los alevines fue afectado (no se alimentaban); sin embargo, los días de máxima temperatura no tuvieron efecto sobre este consumo.

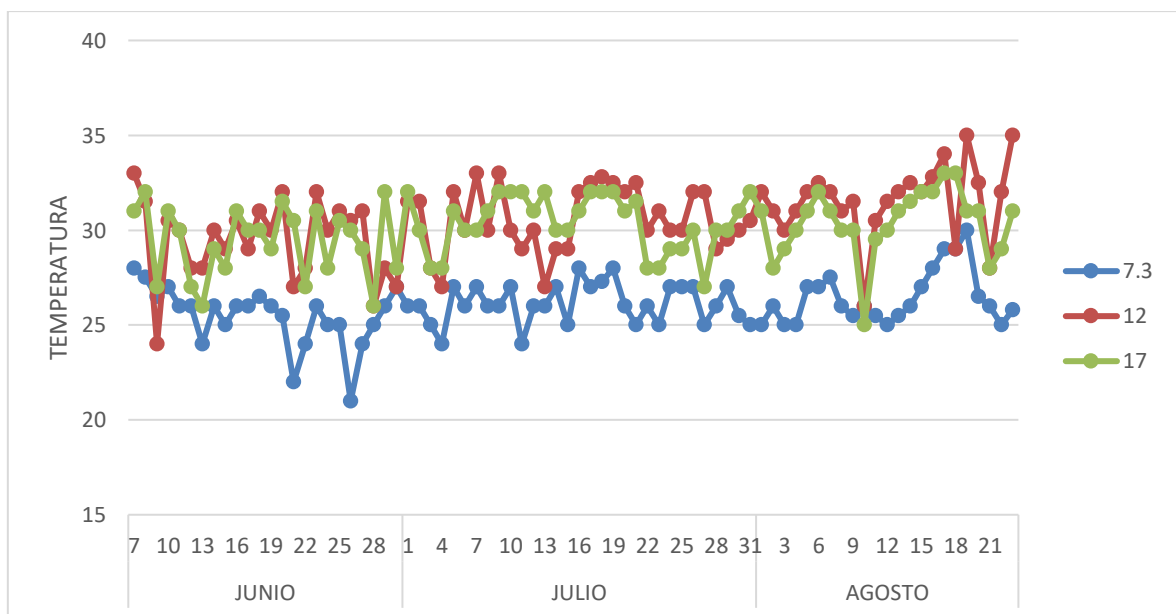


**Figura 4: Pluviosidad durante la fase experimental**

#### 4.1.5 PLUVIOSIDAD

La figura 4, muestra las lluvias registradas durante la etapa experimental, éstas influyeron en el manejo de las unidades experimentales no pudiéndose realizar las actividades de recambio, limpieza y alimentación. Las lluvias no afectaron la transparencia de los estanques experimentales.

Las fuertes lluvias de 50-40 l/m<sup>2</sup> impidieron realizar el trabajo rutinario de alimentación y limpieza, generalmente después de las lluvias la temperatura ambiente se elevaba y por ende también la del agua; este cambio de temperatura de 25 a 29°C hacía notable el cambio de comportamiento de los peces, provocando estrés en ellos, afectando el consumo de alimento.



**Figura 5: Temperatura ambiente registrado a las 7:30, 12:00 y 17:00 horas durante la fase experimental**

La figura 5 describe el comportamiento de la temperatura ambiente, en el mes de junio se reportaron temperaturas más bajas, en julio la temperatura fue constante. La temperatura promedio más baja fue 24°C y la más alta fue 33°C, se observó en las mañanas una temperatura mínima de 21°C; al mediodía y por la tarde se reportó un máximo de 35 °C.

Es notable la variación de la temperatura ambiental durante el desarrollo del experimento.

#### 4.1 PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CRECIMIENTO

En la tabla 13 se presenta el resumen de los parámetros productivos y la supervivencia en cada tratamiento.

Se observó que la longitud final alcanzada por los peces del tratamiento 1 (T1) y el tratamiento 2 (T2) no presentaron diferencias significativas en comparación a la longitud final de los peces del tratamiento 3 (T3) con 23.6 cm significativamente diferente.

Los peces en todos los tratamientos duplicaron su longitud al final de experimento.

El incremento promedio de la longitud fue de 10.1, 10.2 y 12.8 cm en T1, T2 y T3 respectivamente.

Respecto al peso promedio final se observó valores de 38.1, 40.4 y 41.7 g alcanzados en T1, T2 y T3 durante los 42 días que duró el experimento, no se encontraron diferencias significativas a pesar de la diferencia numérica de los peces del t3 con la mayor densidad.

**Tabla 13: Parámetros productivos de alevines de paiche (*Arapaima gigas*) en la etapa experimental**

Parámetros	T1 = 6	T2 = 8	T3 = 10
<b>Long. inicial promedio (cm)</b>	11 ± 0.8 <sup>a</sup>	11.1 ± 0.87 <sup>a</sup>	10.8 ± 0.84 <sup>a</sup>
<b>Long. final promedio (cm)</b>	21.1 ± 3.03 <sup>a</sup>	21.2 ± 1.67 <sup>a</sup>	23.6 ± 3.7 <sup>b</sup>
<b>Peso inicial promedio (g)</b>	9.7 ± 2.54 <sup>a</sup>	8.9 ± 2.3 <sup>a</sup>	9.2 ± 2.11 <sup>a</sup>
<b>Peso final promedio (g)</b>	47.9 ± 12.3 <sup>a</sup>	49.3 ± 9.52 <sup>a</sup>	55.8 ± 17.16 <sup>a</sup>
<b>Incremento de peso (g)</b>	38.1 ± 3.29	40.4 ± 2.52	46.7 ± 7.21
<b>Incremento de long. (cm)</b>	10.1 ± 1.89	10.2 ± 0.26	12.8 ± 2.46
<b>Biomasa inicial (g)</b>	58.2	71.2	92

<b>Biomasa final (g)</b>	287.4	394.4	558
<b>TCE (%/día)</b>	3.77±0.17	4.06±0.08	4.29±0.37
<b>FCA</b>	2.65±0.17	2.35±0.24	2.18±0.38
<b>K</b>	0.653	0.645	0.645
<b>Supervivencia (%)</b>	100	100	100
<b>Duración (días)</b>	42	42	42

---

T: tratamiento (número de peces /5m3)

#### 4.1.1 CRECIMIENTO EN PESO

La ganancia de peso no fue significativa estadísticamente, pero al finalizar la etapa experimental los datos muestran un incremento mayor de los peces del T3, es coherente con el desarrollo físico y de condición de los peces de ese tratamiento en todas sus repeticiones.

Los valores corresponden a los pesos promedio en cada repetición por tratamiento

La figura 6 describe la curva de crecimiento en el tiempo; se observa que el crecimiento en cada tratamiento tiene un comportamiento similar hasta el primer mes de evaluación, al término de la etapa experimental la curva de crecimiento de los peces en los tratamientos T1 y T2 tienen una ligera caída a diferencia de los peces del T3 cuya pendiente se mantiene constante.

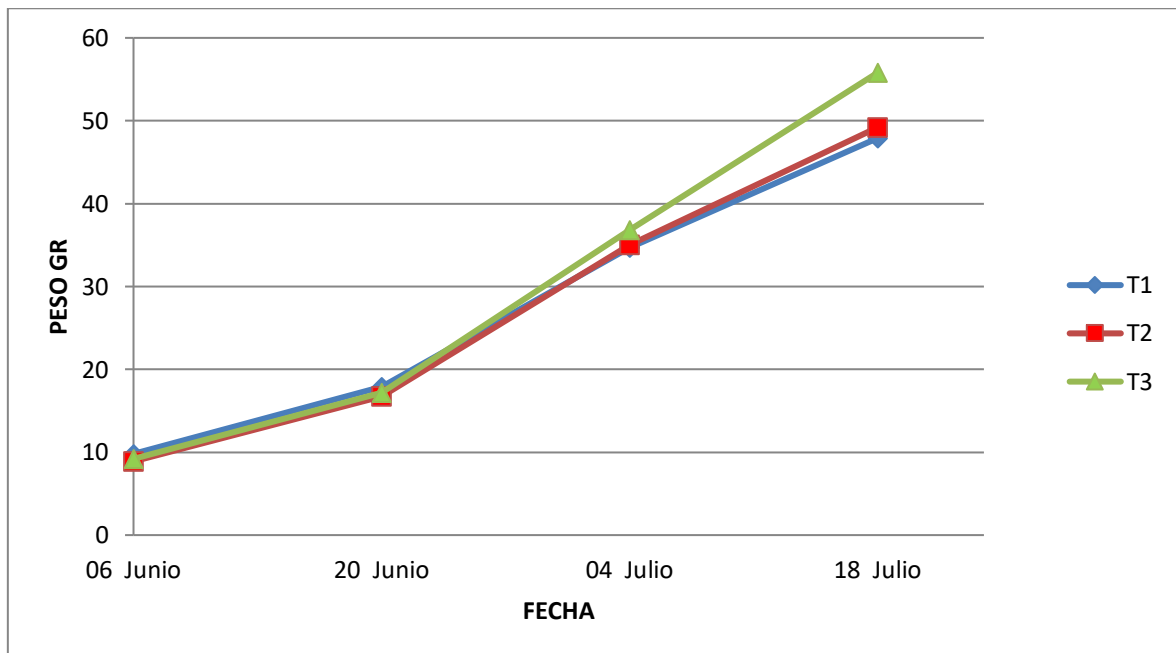


Figura 6: Evaluación de crecimiento en peso durante la etapa experimental.

La tabla 13 muestra el incremento de peso en cada evaluación (cada 14 días) para los tres tratamientos; el incremento no fue constante durante la etapa experimental, los resultados de la primera evaluación muestran un incremento de peso que duplico el peso inicial de los peces en todos los tratamientos; sin embargo, en las siguientes evaluaciones este incremento fue menor.



La ganancia de peso observada en todos los tratamientos difiere de los valores reportados por Sagatzki *et al.* (2003), quienes realizaron un trabajo con peces de peso inicial de 10.5 g durante 44 días, los peces de este experimento tuvieron una mayor ganancia de peso (90g aprox.) en comparación a los de este estudio (43 g en promedio), esta diferencia pudo estar relacionada a las condiciones experimentales del trabajo el cual fue realizado en jaulas flotantes, con temperatura promedio de 28.4°C , recambios de agua al 100 por ciento con mayores densidades (15, 20, 25 peces/m<sup>3</sup>) y frecuencia de alimentación menor (3 veces al día).

En ambos experimentos los peces del tratamiento con mayor densidad (25 peces/m<sup>3</sup>, 10 peces/5m<sup>3</sup>) tuvieron la mayor ganancia de peso; sin embargo, el menor incremento en peso observado en el presente trabajo pudo paró estar relacionado a la menor temperatura que se presentó en comparación al trabajo de Sagatzki *et al.* (2003) (26.6 vs 28.9).

**Tabla 14: Peso promedio (g), incremento y desviación estándar promedio de alevines de paiche cultivados a diferentes densidades durante la fase experimental**

Fecha	T1 (6 peces/5m <sup>3</sup> )		Incr. de peso (w)	T2 (8 peces/5m <sup>3</sup> )		Incr. de peso (w)	T3 (10 peces/5m <sup>3</sup> )		Incr. de peso (w)
	Media	Desv.st		Media	Desv.st		Media	Desv.st	
06-jun	9.49	2.54		8.95	2.31		9.21	2.11	
20-jun	17.89	2.67	8.4	16.65	4.43	7.7	17.18	4.58	7.97
04-jul	34.74	14.19	16.85	35.08	9.85	18.43	36.75	13.93	19.57
18-jul	47.92	12.302	13.18	49.3	9.54	14.22	55.84	17.16	19.09

#### 4.1.2 EVALUACION ESTADISTICA DEL PESO

La tabla 14 presenta los datos del peso promedio, incremento y desviación estándar de la evaluación del crecimiento de los alevines de paiche, para cada control.

Según los datos mostrados, los peces del tratamiento T3 presentaron mayor peso promedio en casi todas las fechas evaluadas, alcanzando 55.8 g al finalizar la fase experimental.

Los peces de los tratamientos T1 y T2 mostraron un crecimiento similar; sin embargo, numéricamente menor a los peces del T3.

Al comparar los incrementos de peso por controles para cada tratamiento se observó que los peces del T1 (6 peces/5m<sup>3</sup>) y T2 (8 peces/5m<sup>3</sup>) presentaron un menor incremento en el último control (18 – julio) a diferencia del incremento observado en los peces del T3 (10 peces/5m<sup>3</sup>).

Al evaluar el efecto de la densidad sobre el crecimiento en peso no se encontraron diferencias significativas afirmándose que en este rango de densidades evaluadas el crecimiento en peso no es afectado por el incremento de la densidad.

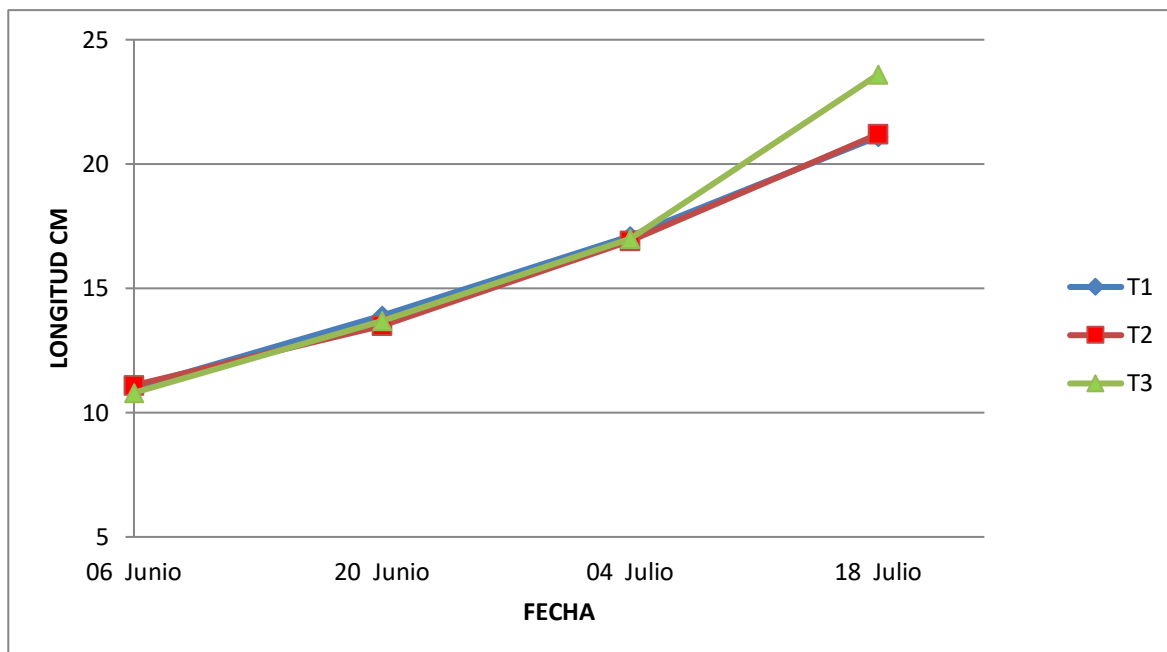
La densidad de 10peces/5m<sup>3</sup> no afectó el crecimiento de los alevines, esto puede explicarse por el comportamiento observado en los alevines de paiche durante el experimento, los cuales se mantenían más activos comparados a los peces de los tratamientos T1 y T2.

#### **4.1.2 CRECIMIENTO EN LONGITUD**

En el análisis del crecimiento en longitud entre todos los tratamientos muestra que no existe diferencia significativa; sin embargo, numéricamente el tratamiento 3 (10 peces/5m<sup>3</sup>) obtuvo mejor crecimiento (ver tabla 15).

El resultado de este parámetro está dado por las medias de cada repetición de los tratamientos (tres datos por tratamiento).

La figura 7 describe la curva de crecimiento de la longitud del paiche en el tiempo, se observa que el crecimiento en los tratamientos T1 y T2 tienen un comportamiento similar durante la fase experimental, dicha pendiente no es tan pronunciada como la del tratamiento T3, cuya pendiente se agudiza en la última etapa de evaluación llegando a superar a los demás tratamientos, siendo el incremento total de 11.8cm.



**Figura 7. Evaluación de crecimiento en longitud durante la fase experimental**

En la tabla 15 se muestra el incremento en longitud en cada evaluación para los tres tratamientos; este incremento es variable durante la etapa experimental, conforme pasa el tiempo el incremento se vuelve mayor.

La longitud de los peces del tratamiento T3 tuvo mayor incremento (12.8 cm) que los peces del tratamiento T2 (10.2 cm) y T1 (10.1 cm), observamos en términos numéricos que los peces del tratamiento T3 tuvieron mayor incremento; entre otros autores como Sagatzki *et al* (2003) y sus condiciones de trabajo, reportaron que los juveniles de paiche incrementaron la longitud en 12 cm en 44 días en jaulas flotantes; Franco y Peláez (2007) reportan la ganancia de longitud de 15 a 25 cm; los resultados obtenidos por dichos autores fueron con un sistema de cultivo en estanques de tierra, alimentación hasta la saciedad, alimento con 45 por ciento de proteína y diferentes densidades (2.5 peces/m<sup>2</sup>); en comparación con los resultados de los autores mencionados la ganancia de longitud en este trabajo fue similar con estos autores observamos que la ganancia de longitud es relativamente mayor a la obtenida en el estudio.

**Tabla 15: Longitud promedio (g) y desviación estándar en la fase experimental de alevines de paiche a diferentes densidades.**

Fecha	T1		Incr. de longitud (cm)	T2		Incr. de longitud (cm)	T3		Incr. de longitud (cm)
	Media (cm)	Desv. St		Media (cm)	Desv. St		Media (cm)	Desv. St	
06-jun	11	0.79		11.05	0.87		10.81	0.84	

20-jun	13.92	0.98	2.92	13.51	1.19	2.46	13.66	1.12	2.85
04-jul	17.01	2.15	3.09	16.88	1.79	3.37	17.12	3.19	3.46
18-jul	21.14	3.03	4.13	21.22	1.67	4.34	23.57	3.7	6.45

#### 4.1.4 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LA LONGITUD

La tabla 15 presenta los datos de la longitud promedio, incremento y desviación estándar de la evaluación del crecimiento de los alevines de paiche, para cada control.

Según los datos mostrados en la tabla 15, los peces del tratamiento T3 presentaron mayor incremento en casi todas las semanas de evaluación, alcanzando 23.57 cm al finalizar la fase experimental, seguido de los alevines del T2 y finalmente el T1.

La primera evaluación muestra el crecimiento lento en los alevines de paiche, los peces del tratamiento T2 (8 peces/5m<sup>3</sup>) muestran un crecimiento relativamente mayor con 11.02 cm; para la segunda evaluación el mayor crecimiento fue dado por el tratamiento T1 (6peces/5m<sup>3</sup>) con 13.92 cm, la tercera y la cuarta evaluación el crecimiento es mayor para los peces del T3 (10peces/5m<sup>3</sup>).

Al evaluar el efecto de la densidad sobre el crecimiento en longitud se encontraron diferencias significativas, afirmándose que en este rango de densidades evaluadas el crecimiento en longitud es afectado por el incremento de la densidad.

En la tabla 16 mostramos la comparación de pares de grupos (TUCKEY), para determinar cuál de ellas presenta diferencia significativa.

**Tabla 16: Resultado de la prueba de comparación de medias en tres densidades diferentes (tuckey)**

	Densidades	Significancia
	T2(8 alev/5m <sup>3</sup> ) - T1 (6 alev/5m <sup>3</sup> )	0.997
<b>18-jul</b>	T3(10 alev/5m <sup>3</sup> ) -T1 (6 alev/5m <sup>3</sup> )	0.022
	T3 (10 alev/5m <sup>3</sup> ) - T2 (8 alev/5m <sup>3</sup> )	0.017

Al finalizar el estudio se encuentra diferencia significativa entre las longitudes de los tres tratamientos, es decir, existe diferencia entre las medias de la longitud de los peces, el T3 – T1 (23.6 – 21.1 cm) y el T3 – T2 (23.6cm – 21.22 cm).

Los pares de grupos de tratamientos de 10peces/5m<sup>3</sup> vs 6peces/5m<sup>3</sup> y 10peces/5m<sup>3</sup> vs 8peces/5m<sup>3</sup>, son significativamente diferentes.

## 4.2 PARÁMETROS PRODUCTIVOS

A continuación, se muestra el cuadro que resume el resultado de los parámetros productivos en los diferentes tratamientos durante la fase experimental.

**Tabla 17: Parámetros productivos de alevines de paiche (*Arapaima gigas*) en diferentes tratamientos.**

Parámetros Productivos	Tratamiento	Promedio
<b>TCE (%/día)</b>	T1	3.77
	T2	4.06
	T3	4.29
<b>FCA</b>	T1	2.65
	T2	2.35
	T3	2.18
<b>K</b>	T1	0.653
	T2	0.645
	T3	0.645

Los parámetros productivos, como la Tasa de Crecimiento Específica TCE (%/día), el Factor de Conversión Alimenticia FCA y el Factor de Condición K no fueron evaluados estadísticamente.

La tabla 17 muestra los valores promedio de los parámetros productivos, la TCE en los tratamientos muestra una tendencia ascendente ( $T3 > T2 > T1$ ), esto explica el incremento de peso que tuvo cada tratamiento por día siendo mayor para el T3; conforme el animal va creciendo la tasa de crecimiento disminuye (Morales, 2004).

El FCA explica la capacidad de transformar el alimento en masa corporal para el pez, los peces del T3 tuvieron mejor factor (2.18) esto explica la eficiencia en el aprovechamiento del alimento, seguido del T2 y por último el T1, siendo el grupo con mayor densidad los que tienen mejor factor de conversión alimenticia.

El factor de condición (K) es la relación indirecta del peso sobre la longitud y muestra el estado nutricional de los alevines, al termino el trabajo experimental el valor fue similar en todos los tratamientos.

Notamos que los valores de FCA reportados para los alevines de paiche por diversos autores están dentro del rango óptimo, en la fase experimental hubo una alta TCE, probablemente porque en etapas iniciales la TCE es mayor; Morales, 2004 comenta la relación parabólica entre ambos factores, mientras el FCA aumenta la TCE disminuye; dicha tendencia se puede evidenciar en los gráficos de cada parámetro.

Poca investigación registra alevines de paiche con pesos iniciales de 10 g aproximadamente, Sagatzki *et al.* (2013) reportaron resultados de parámetros de crecimiento con pesos iniciales de 10.5 g, dicho autor reporta un K de 4.8 y una FCA de 0.9, comparado con los resultados de este estudio se obtuvo un K de 0.5 y un FCA de 2.5; las condiciones de cultivo son diferentes a esta investigación ya que Sagatzki *et al.* (2013) utilizaron jaulas con mayores densidades (15, 20, 35 peces/m<sup>3</sup>). El FCA con mayor densidad tiene mejor resultado, puede ser posible que este factor influya en la determinación de dicho parámetro, así como el cultivo en jaulas, por otro lado, el K tiene un valor diferente a este estudio y a otros autores.

Diversos autores al trabajar con etapas iniciales diferentes al presente trabajo reportan los resultados de los parámetros productivos (TCE, K y FCA), Arévalo (2014) trabajó con juveniles de 40g en estanques de tierra con densidades de 1 pez/m<sup>2</sup> y reportó una TCE de 1.4, K de 0.6 y un FCA de 5.02, en esta investigación se obtuvo mayor TCE (4.0), el K de 0.6 y FCA de 2.5, podemos inferir que el trabajo presentado tuvo mejores parámetros productivos.

Con una densidad de 31 peces/m<sup>3</sup>, Verástegui y Del Castillo (2013) obtuvieron un K de 0.85 y el FCA de 2.1, este trabajo reportó un K de 0.65 y un FCA de 2.5, el peso inicial trabajado fue 67g en estanques de concreto; dichos autores trabajaron con mayor densidad, un periodo de evaluación de 90 días y tuvieron mejores valores productivos.

Del Risco *et al.* (2008) trabajó con alevines de 87 g, obtuvo un K de 0.85 mayor al presente trabajo, la sobrevivencia fue 100 por ciento, el trabajo se realizó en estanques rectangulares aplicando mayor densidad (20 peces/m<sup>3</sup>).

Los resultados de este estudio tienen similitud a los valores reportados por Delgado *et al.* (2013), pero aplicando mayor densidad (125, 250, 375 peces/m<sup>3</sup>), ellos obtuvieron un K de 0.74 y la supervivencia del 100 por ciento, por la estructura utilizada inferimos que es la mejor comparada con otras (jaulas y estanques de tierra).

El TCE reportado en este trabajo es 2.5 similar a la TCE 2.4 reportado por Ituassú, *et al* (2005) ellos trabajaron con individuos de 120 g en jaulas flotantes, el FCA de 2.3 y 5.5, en esta investigación el FCA fue de 1.6, se infiere que la densidad usada, el sistema de estanques de concreto y la mayor frecuencia de alimentación reflejaron mejores valores productivos.

Scorvo – Filho (2004) trabajó con peces de 135 g y densidad de 0.96 peces/m<sup>3</sup>, el factor de condición obtenido fue 1 ideal según Barbiere citado por el mismo autor y un FCA de 2.5, en el presente trabajo los resultados fueron similares con un K de 0.5 y un FCA de 2.65, ambos estudios se realizaron en estanques de concreto.

Todos los parámetros evaluados y comparados en el presente estudio son diversos, de acuerdo a las densidades, infraestructura, caudal, condiciones ambientales, entre otros que se usaron para el desarrollo de cada estudio.

#### 4.2.1 TASA DE CRECIMIENTO ESPECÍFICO

A continuación, se muestra el cuadro resumen de la tasa de crecimiento específico evaluado cada 14 días aproximadamente.

**Tabla 18. TCE en diferentes densidades.**

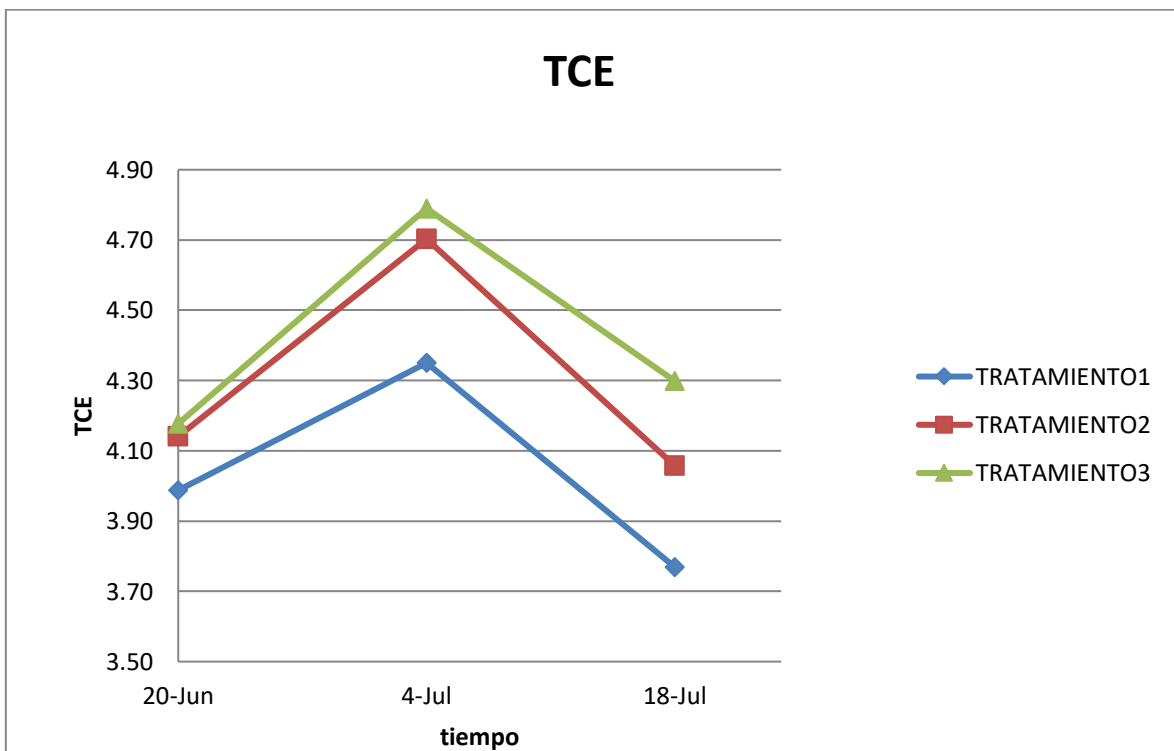
TCE	Fecha	T1	T2	T3
	20-jun	3.99	4.140	4.177
	04-jul	4.35	4.703	4.790
	18-jul	3.77	4.058	4.299

El parámetro de la TCE muestra el porcentaje de crecimiento diario del alevín, la tabla 18 muestra que durante el periodo de evaluación (42 días), los alevines tuvieron un desempeño variado, estos valores muestran un acelerado crecimiento de los alevines (TCE > 3.8), Morales 2004, indica que mientras el pez se va desarrollando la TCE va decreciendo; sin embargo, en este estudio no presenta dicha tendencia.

En el estudio los individuos estaban bajo una tasa de alimentación que se modificaba cada 14 días de acuerdo a las biometrías realizadas (15 – 10%), el valor obtenido en el experimento es relativamente parecido a los valores obtenidos por Álvarez (2016), en su trabajo mostró tener una TCE de 3.7 con peces de 26 g en un periodo de 54 días.

En la figura 8 se observa la TCE evaluada cada 14 días, hay un incremento de la TCE en los primeros días y al finalizar este valor disminuyó; los tres tratamientos tienen el mismo comportamiento, conforme el alevín va creciendo este factor va disminuyendo, la TCE del T3 fue mayor durante todo el trabajo respecto a los demás tratamientos.

Se concluye que hay una tendencia ascendente entre los tratamientos, mayor densidad mayor TCE, el TCE del tratamiento T3 fue 2.2 en promedio.



**Figura 8: Tasa de crecimiento específico evaluada cada 14 días**

#### 4.2.2 FACTOR DE CONVERSIÓN ALIMENTICIA:

A continuación, se detallan los resultados del factor de conversión alimenticia (FCA) en toda la etapa experimental.

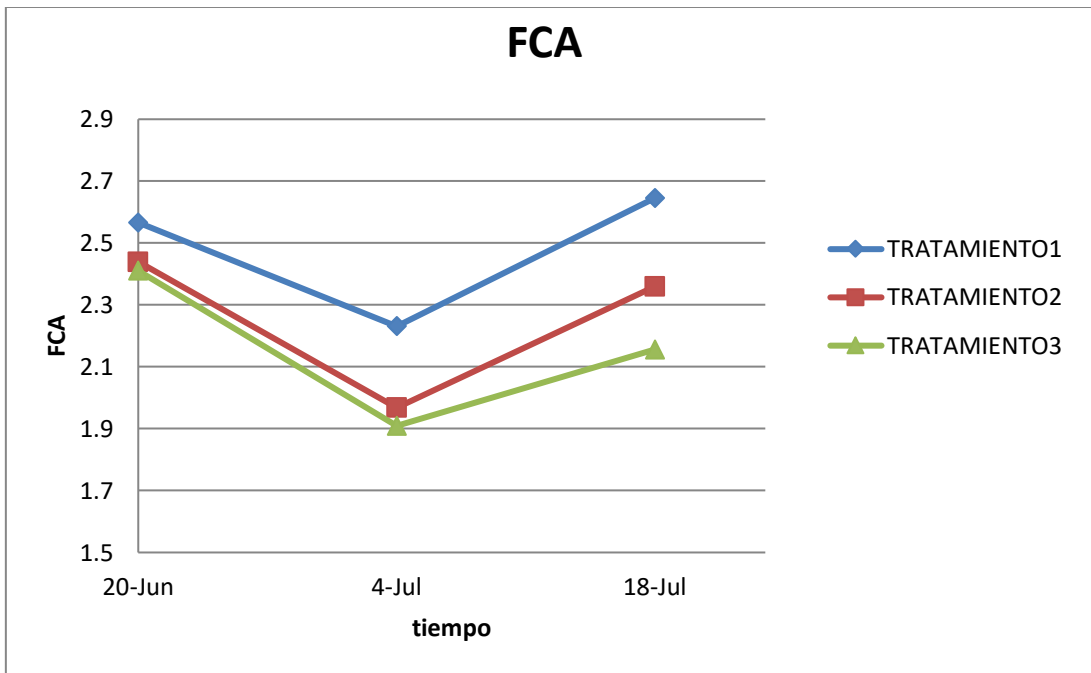
**Tabla 19. FCA de las tres densidades evaluadas quincenalment**

FCA	Fecha	T1	T2	T3
	20-jun	2.6	2.4	2.4
	04-jul	2.2	2.0	1.9



18-jul      2.6      2.4      2.2

El FCA representa los gramos de peso ganado por cada gramo de alimento consumido, dicho factor depende de la tasa de alimentación suministrada, el metabolismo y otros factores que influyen en la buena absorción del alimento; es importante aclarar que los peces a edades tempranas poseen una tasa metabólica elevada, y el paiche es un pez que tiene alto requerimiento proteico (OSPPA 2005).



**Figura 9. Factor de conversión alimenticia durante la fase experimental.**

La figura 9 muestra que el FCA disminuye en la primera etapa de evaluación, se infiere que los alevines mejoraron la condición de absorción de los nutrientes del alimento, la tasa de alimentación fue ideal; sin embargo, durante la última fase dicho factor nuevamente se incrementa, es puede ser por la condición metabólica, sanitaria, entre otros factores que pudieron afectar la asimilación del alimento.

En la fase experimental se muestra diferencia numérica entre tratamientos, en la cual los peces T3 tienen mejor FCA, mientras que el T2 y T1 tienen mejores valores, los resultados tienen una tendencia similar en diferentes proporciones y es posible que el aprovechamiento del alimento haya sido diferente, siendo en el T3 el grupo que aprovechó mejor a pesar de tener problemas con el alimento, alimentación y/o patógenos.

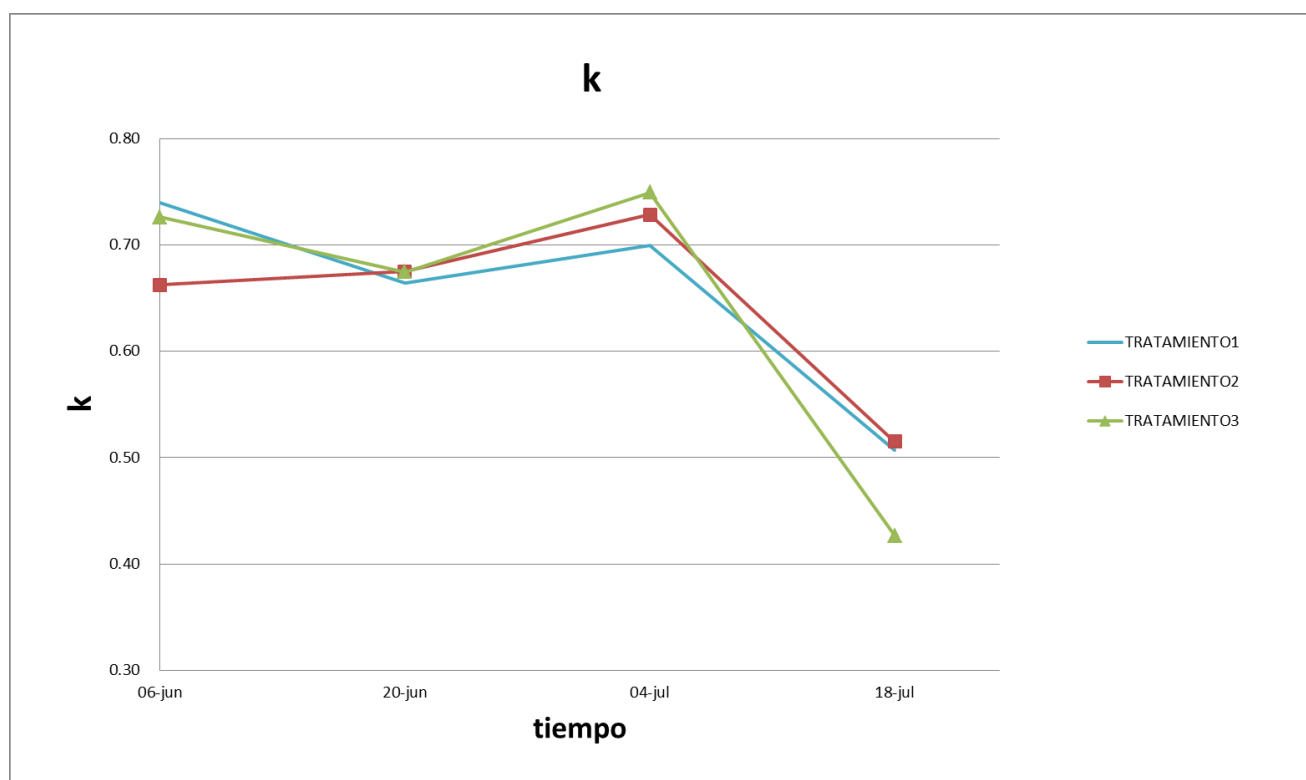
### 4.2.3 FACTOR DE CONDICIÓN

A continuación, se muestra los resultados del factor de condición (K) durante la fase experimental evaluada cada 14 días.

**Tabla 20. Factor de Condición K. en diferentes densidades evaluadas en la etapa experimental**

K	Fecha	T1	T2	T3
	06-jun	0.74	0.66	0.73
	20-jun	0.66	0.67	0.67
	04-jul	0.7	0.73	0.75
	18-jul	0.51	0.52	0.43

El Factor de Condición (K) expresa el grado de bienestar de una especie, es la relación volumétrica en función al peso, en la fase experimental este parámetro tuvo un valor final de 0.47, según la escala de Williams citado por Mayorga (1992), los individuos tuvieron una condición optima ya que el valor se encontraba dentro del rango óptimo de 0.25 - 0.75.



**Figura 10: Factor de Condición K evaluado cada 14 días durante la etapa experimental.**

En la figura 10 se observa el K evaluado cada 14 días, no hay una tendencia entre tratamientos, es decir que la densidad no afecta el K y los resultados son similares en todos los tratamientos. Del Risco *et al* (2008) obtuvieron un resultado de 0.84, con un porcentaje de proteína del 40 por ciento, a diferencia del experimento que tuvo un 50 por ciento de proteína en el alimento, la densidad trabajada por dicho autor fue de 20 peces/m<sup>3</sup>.

Para el último periodo de evaluación los peces disminuyeron su rendimiento esto se ve reflejado en el valor reportado por el K, este valor disminuye por que el peso del pez disminuye.

#### **4.1.5 EVALUACIÓN DE LA SOBREVIVENCIA Y LOS PROBLEMAS SANITARIOS**

La investigación fue dada por concluida el día 42 por problemas sanitarios que afectaron el bienestar de los alevines de paiche, luego del último control se observó la mortalidad en todos los tratamientos, los peces muertos fueron analizados en el laboratorio del centro de producción y se diagnosticó presencia de parásitos monogeneos en toda la población, los monogeneos aumentan porque encuentran factores favorables para su desarrollo y reproducción.

Esta epizootia puede ser relacionada con los resultados obtenidos en las ultimas semanas de evaluación. La disminución de la ganancia de peso reflejada en los parámetros productivos (TCE, K Y FCA), la variación de la tendencia en todos los tratamientos después del control del 04 de julio, pudo ser ocasionada por la presencia e incremento de los monogeneos en los peces del experimento, ciertos puntos críticos durante el desarrollo del trabajo pueden ser mencionados como posible causa de la presencia o incremento de parásitos en los peces.

El traslado de los alevines de estanques de tierra al laboratorio de peces ornamentales “Nursery”, y posteriormente a los estanques de concreto, ya que dicha fase realizada en un corto tiempo considerando la mayor vulnerabilidad de los peces pequeños a cambios de ambiente relativamente rápidos, Schreck (2010) menciona que la adaptación tiene un costo metabólico como compensación.

Los alevines, provenían de un sistema de producción extensivo (alimentación con alimento vivo y/o forraje),

Knudsen *et al.* (2004) menciona sobre los peces de forraje pueden ser la vía de transmisión de parásitos afectando la salud de los peces que los consumen, sumando a esto el no realizar un periodo de cuarentena que permita observar al lote de peces adquirido, pudo tener un efecto desencadenante.

Otro aspecto importante fue el periodo de adaptación al alimento balanceado, el cual en primer lugar fue para adaptar a los peces al alimento modificado (balanceado humedecido) y después al alimento extruido. Tiempo que pudo ser insuficiente y causar estrés en los alevinos, Franco y Peláez (2007) recomiendan que los alevinos deberían consumir 100 por ciento de alimento balanceado a partir de los 15- 20 cm, a diferencia de los realizado en este experimento cuya adaptación fue con peces de longitud menor a 10 cm.

Por lo contrario, García (2010) indica que los peces se adaptan con facilidad al alimento balanceado, si se establece un tiempo determinado, ni estadio para la adaptación, por lo tanto, el relativo poco tiempo que duró la adaptación de los peces experimentales pudo o no afectar a los alevinos o ser una de las causas del estrés

Un día antes del último control del 18 de julio se observó un alevín muerto, mortalidad que se agudizó después de la biometría. El análisis de todos los peces muertos luego de este último control confirmó la epizootia que afecto a todos los peces del experimento.

Según Mathews *et al.* (2007) es necesario un monitoreo constante para el rápido diagnóstico, profilaxis y control de los parásitos en alevinos de paiche, dado que estos son muy propensos de tal forma de evitar las enfermedades y pérdidas económicas cuando se rompe el equilibrio establecido entre patógenos, huéspedes y ambiente.

Serrano *et al* (2016) y Flores y Flores (2003) en estudios realizados hallaron que los monogeneos *Dawestrema cycloancistrum* se encuentran en altas cargas parasitarias, principalmente en los estadios comprendidos entre los 180 y 365 días de edad (alevines y juveniles de paiche). Este parásito ocasiona una marcada disminución de oxigenación y estrés del pez, se puede inferir que a partir de la siembra estos monogeneos se encontraban en el sistema y que la manipulación durante los controles aceleró la ruptura del equilibrio invadiendo todo el sistema del pez.

Serrano (2015) determina que la presencia de parásitos depende de la etapa de desarrollo del paiche, posiblemente influenciados por factores estresantes como el cambio de estanques,

cambio de alimentación, reproducción, etc., los cuales son más intensos en centros de cultivo que en el medio natural. El cambio de alimento y la manipulación de los peces luego de la última biometría agravó la situación que pudo estar presentándose durante el experimento, la mortalidad observada obligó a concluir la fase experimental tomándose acciones para controlar la enfermedad, los alevinos fueron trasladados a un tanque de fibra de vidrio con flujo constante de agua y se les aplicó un tratamiento con formol al 70 por ciento, con una dosis de 12 ml/l y un baño de sal de 30 ppm por 30 segundos, luego se analizó la prevalencia de monogéneos y se prosiguió con los baños de formol y sal con dosis y tiempos de exposición menores hasta la plena recuperación de los peces, se notó la ausencia de los parásitos y la ninguna mortandad.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones dadas en el presente trabajo se concluyó

1. No hubo diferencias significativas en el crecimiento de los alevines de paiche entre las densidades de 6,8, y 10 peces/5m<sup>3</sup>.
2. No hubo diferencia significativa en la supervivencia respecto a las densidades (T1: 6peces/ 5m<sup>3</sup>, T2: 8peces/ 5m<sup>3</sup> y T3:10 peces/5m<sup>3</sup>) y demás parámetros.
3. El peso, la longitud y el incremento de peso numéricamente fueron mayores con la densidad de 10 peces/5m<sup>3</sup>, concluyéndose que la mayor densidad no afectó el crecimiento de los alevines de paiche.
4. Los parámetros productivos TCE (4.29), FCA (2.18). fueron mejores valores con la mayor densidad trabajada 10 peces/5m<sup>3</sup>

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Continuar con la investigación probando mayores densidades, ya que en esta prueba las densidades fueron muy cercanas y no se observa diferencias significativas en el crecimiento y parámetros productivos.
2. Realizar la cuarentena de los animales adquiridos y tener constancia de sanidad.
3. Asegurar la completa adaptación de los alevines de paiche antes de iniciar un experimento.
4. Incluir un flujo constante de agua para evitar cambios marcados de temperatura y parámetros de calidad de agua durante todo el cultivo.
5. Tener un programa de bioseguridad en el centro de producción con barreras sanitarias que aseguren la calidad e inocuidad de los peces.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara, F y Colace M. (2001). Piscicultura, seguridad alimentaria y desarrollo sostenible en la carretera Iquitos-Nauta y el río Tigre. (Programa de Seguridad Alimentaria para Unidades Productivas Familiares). Recuperada de: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/L019.pdf>

Alcántara, F y Guerra, H. (1992). Cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, utilizando Bujurqui, *Cichlassoma bimaculatum*, (Vol. 4). Recuperado de: [http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/Folia4\\_1\\_articulo12.pdf](http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/Folia4_1_articulo12.pdf)

Alcántara, F; Wust, W; Tello, S; Rebaza, M; Del Castillo, D. 2006. Paiche, el gigante del Amazonas. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana. Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/L031.pdf>

Aldea, G y María, I. (2002). Cultivo de “Paiche” *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) con dietas artificiales en jaulas flotantes. (Tesis de titulación, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana) Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/ArticMaryRY.pdf>

Almeyda, B. (2010). Efecto de la densidad de siembre en el crecimiento de juveniles de paiche (*Arapaima gigas*) en estanques de la estación pesquera Ahuashiyacu (Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Martín) Recuperado de: <http://tesis.unsm.edu.pe/jspui/bitstream/11458/63/3/Bertha%20Almeyra%20Fern%C3%A1ndez%20Barrera.pdf>

Álvarez, C. (2016). Evaluación de la suplementación adicional de vitamina C en el alimento de alevines de paiche, *Arapaima gigas*, como un promotor para su crecimiento y adaptación a sistemas de cultivo de tecnología biofloc. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina). Lima. Perú. .



Araújo, C; Gomes, A; Tavares-Dias, M; Andrade, S; Belém-Costa, A; Borges, J; Barbosa, M. (2009). Parasitic infections in pirarucu fry, *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimatidae) kept in a semi-intensive fish farm in Central Amazon, Brazil. Veterinarski Archiv 79: (p. 499-507). Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/228463743\\_Parasitic\\_infections\\_in\\_pirarucu\\_fry\\_Arapaima\\_gigas\\_Schinz\\_1822\\_Arapaimatidae\\_kept\\_in\\_a\\_semiintensive\\_fish\\_farm\\_in\\_Central\\_Amazon\\_Brazil](https://www.researchgate.net/publication/228463743_Parasitic_infections_in_pirarucu_fry_Arapaima_gigas_Schinz_1822_Arapaimatidae_kept_in_a_semiintensive_fish_farm_in_Central_Amazon_Brazil)

Arévalo, J. (2014). Efecto de tres tasas de alimentación en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas*, cultivados en corrales. (Tesis de Titulación, Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. Iquitos) Recuperado de: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4180>

Chu Koo, F; Alcántara, F; Rebaza, C; García, C; Tello, S; García, A; Ismiño, R; ...Dugue, R. (2009). Avances en la investigación del recurso paiche. I Taller Internacional del Paiche llevado a cabo en Pucallpa, Perú.

Correa, G y Luis, S. (2012). Producción sostenible del pirarucu. Artículo Científico. Recuperado de: <https://docplayer.es/49086784-Produccion-sostenible-del-pirarucu.html>

Cotrina, M y Rebaza, C. (2008). Caracterización de la fauna parasitaria en juveniles de paiche «*Arapaima gigas*» criados en cautiverio. Memoria Institucional. (Programa de Investigación en Ecosistemas Acuáticos del IIAP).

Crescêncio, R; Rabello, D; Roubach, R; Pereira, M; Sagatzi, B; Lima, A. (2005). Influencia del periodo de alimentación en el consumo y ganancia de peso del pirarucu. Recuperado de: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2005001200009](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2005001200009)

Del Risco, M; Velásquez, J; Sandoval, M; Padilla-Pérez, P; Luis, M; Chu-Koo, F. (2008). Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de Paiche, *Arapaima gigas*. (Tesis de Maestría, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana). Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/PUBL569.pdf>

Delgado, J; Rebaza, C; Paredes, D; Robles, H y Bazán, R. (2013). Efecto de tres densidades de cultivo en condiciones de laboratorio de alevinos de paiche *Arapaima gigas* sobre sus

parámetros hematológicos, bioquímicos sanguíneos y biométricos. *Folia Amazónica*. (Vol. 22). Pucallpa, Perú.

Dos Santos, S; Ceccarelli, P; Luque, J. (2008). Helmintos parásitos do pirarucu, *Arapaima gigas* (schinz, 1822) (osteoglossiformes: arapaimidae), no rio Araguaia, Estado de Mato Grosso; Brasil. *Revista Brasileira de Parasitología*. (p. 171- 173). Recuperado de: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-29612008000300012](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-29612008000300012)

Flores, J y Flores R. (2003). Monogeneos, parásitos de peces en México: estudio recapitulativo. *Técnica Pecuaria*. (p.175-192). Recuperada de: <https://www.redalyc.org/pdf/613/61341205.pdf>

Fontenele, O. (1948). Contribuição para o conhecimento da biología de pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817), em cativeiro:(Actinoptrygii, Osteoglossidae). (p. 445-459) *Revista Brasil. Biol.*

Fontenele, O. y Vasconcelos, E. (1982). O pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817), nos acudes do Nordeste: Resultados de sua aclimação e prováveis causas de depleção de seus estoques. (p.43-66). *Bol. Téc DNOCS*. Fortaleza.

Franco, H y Peláez, M. (2007). Cría y producción de pirarucú en cautiverio, experiencias en el Piedemonte Caqueteño. Florencia, Caquetá. Colombia.

Franco, L. (2003). Ecología y seguimiento-manejo de postlarvas, alevinos y juveniles de *Arapaima gigas* (Cuvier 1817) Pisces: Arapaimidae en condiciones de cautiverio. (Trabajo de grado, Programa de Biología. Universidad de la Amazonia) Florencia-Caquetá.

García, C. (2010). Influencia del alimento extruido en el crecimiento de alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) utilizando diferentes tasas de alimentación, bajo sistema de cultivo en jaulas flotantes. (Tesis para Titulación, Universidad Nacional de San Martín). Tarapoto, Perú.

Granado, C. (2002). *Ecología de peces*. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. Recuperado de: <https://editorial.us.es/es/detalle-libro/40045/ecologia-de-peces>

Guerra, H; Alcántara, F; Padilla, P; Rebaza, M; Tello, S; Ismiño, R; Rebaza, C;..... Limachi, L. (2002). Producción y manejo de alevinos de paiche. IIAP. Recuperado de: <http://www.iiap.org.pe/Upload/Publicacion/M007.pdf>

Hedrick, R. (1998). Relationships of the host, pathogen, and environment: implications for diseases of cultured and wild fish populations. *Journal of Aquatic Animal Health* (p. 107-111) .Recuperado de: <https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1577/1548-8667%281998%29010%3C0107%3AROTHPA%3E2.0.CO%3B2>

Heinsbroeck, A. (1990). Growth and Feeding of Fish. Departament of Fish Culture and Fisheries Agriculture University. The Netherlands.

Imbiriba, E. (1994). Reprodução, larva e alevinonagem do pirarucú, *Arapaima gigas* (Cuvier). Recomendaciones básicas N.º 26. Belém- Brasil.

Imbiriba, P. 2001. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas* em cautiverio. *Acta Amazónica*, 31 (2): (p. 299-316). Recuperado de: [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S004459672001000200299&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S004459672001000200299&script=sci_abstract&tlng=pt)

Ituassú, D; Pereira-Filho, M; Roubach, R; Crescêncio, R; Cavero, B; Gandra, A. (2005). Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, (p.255-259).Brasil.

Jensen, F. (2003). Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. *Comp. Biochem. Physiol.* (p.9-24). Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12727546>

Knudsen, R; Curtis, M; Kristoffersen, R. 2004. Aggregation of helminths: the role of feeding behavior of fish hosts. *Journal of Parasitology*, (p. 1-7). Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15040660>

Martos, V. (2013). Inversión tecnológica empresarial para la instalación de una piscigranja de paiche –Shapajilla– Tingo María. Lima. Perú.

Mathews, P; Chu-Koo, F; Oliveira, J; Silva, A; Bezerra, A; Tello, S. (2007). Fauna ectoparasitaria en alevinos de paiche *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) cultivados en el centro de investigaciones de Quistococha (p. 23-27). Loreto, Perú.

Mayorga, M. (1992). Biología reproductiva y alimentación de las poblaciones de Capitán de la Sabana *Eremophilus mutisii*, Humbolt. 1805. (Pisces: Trichomycteridae), en la laguna de Fúquene. (Tesis para Titulación, Universidad Jorge Tadeo Lozano). Bogotá.

Melfi, L. (2003). *Arapaima gigas*. Animal Diversity Web. Disponible en: [http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Arapaima\\_gigas/](http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Arapaima_gigas/)

Montgomery, D. (2002). Diseño y análisis de experimentos. México: Limusa.

Morales, G. (2004). Crecimiento y eficiencia alimentaria de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas bajo diferentes regímenes de alimentación. (Tesis para Titulación, Universidad de Buenos Aires). Recuperado de: [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_peces/piscicultura/17-crecimiento\\_truchas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_peces/piscicultura/17-crecimiento_truchas.pdf)

Muller-Feuga, A. (1990). Modélisation de la croissance des poissons en élevage. Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER. N° 21. Paris, Francia.

Oeda, A; Vitti, G; Rodrigues, V. (2015). Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuaria.. Recuperado de: [https://www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura/busca-de-publicacoes/\\_/publicacao/1028551/alimentacao-e-nutricao-do-pirarucu-arapaima-gigas](https://www.embrapa.br/pesca-e-aquicultura/busca-de-publicacoes/_/publicacao/1028551/alimentacao-e-nutricao-do-pirarucu-arapaima-gigas)

Oliveira, C. (1944). Piscicultura Amazónica. A voz do Mar, (p. 103-106). Para, Brasil.

Ono, E y Jacob, K. (2013). Manual de buenas prácticas de producción del pirarucu en cautiverio. Recuperado de: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/7ce01b2624c82f78849858279ff1b2cd/\\$File/4534.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/7ce01b2624c82f78849858279ff1b2cd/$File/4534.pdf)

OSPPA (Organización Social De Pescadores Y Procesadores Artesanales – Los Cocodrilos De Manco Cápac). (2005). Plan de manejo de *Osteoglossum bicirrhosum* “arahuana” en la cocha TAMARA-RIO PACAYA-RNPS. ProNaturaleza. Iquitos, Perú.

Padilla, P; Ismiño, R; Alcántara, F; Tello, S. (2003). Producción y manejo de alevinos de paiche en ambientes controlados. Seminario Taller Internacional de Manejo de paiche o Pirarucu., (p.125-141). Iquitos, Perú

Padilla, P; Ismiño, R; Alcántara, F; Tello, S. sf. Efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento del paiche, *Arapaima gigas*. (pp. 4). Loreto, Perú.

Palmeira, E. (2001). Crecimiento y producción de pirarucu, *Arapaima gigas*, sobre diferentes densidades de almacenamiento en asociación con búfalas lecheras. (p. 65) Disponible en: [http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/5518/1/Dissertacao\\_CrescimentoProducaoPirarucu.pdf](http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/5518/1/Dissertacao_CrescimentoProducaoPirarucu.pdf) .

Palmeira, E; Lourenço, J; Dutra, S. (1994). Rendimiento de carne de pirarucu, *arapaima gigas* (cuvier). Boletín de pesquisa. Belém, Brasil.

Palmeria, E. (2001). Potencial de crianza del pirarucu, *Arapaima gigas*, en cautiverio. Belém, Brasil.

Pereira-Filho, M. (2002). Engorda do Pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. Acta Amazónica (Vol 33) Recuperado de: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59672003000400017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672003000400017)

Pérez, P, Bocanegra, R; Martín, S. sf. Efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento del paiche, *Arapaima gigas*.

Pezo, R y Ushiñahua, E. (2014). Efecto de tres niveles de inclusión de torta de girasol *helianthus annuus* (asterecae) en la dieta en el crecimiento de juveniles de paiche *arapaima gigas* (arapaimidae) (Cuvier 1829) cultivados en corrales Recuperado de. <http://dspace.unapiquitos.edu.pe/bitstream/unapiquitos/302/1/Tesis%20RONY%20y%20EFRAIN.pdf>

Prada, N. (1982). Densidades y niveles de suministro de alimento en el cultivo de “Cachama” *Colossoma macropomus* (Cuvier) 1818. N° 1 (Vol 2) Recuperado de: [http://www.ucla.edu.ve/bioago/Rev2\(1\)/1.%20Densidades%20y%20niveles.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioago/Rev2(1)/1.%20Densidades%20y%20niveles.pdf)

Ministerio de la Producción. (2016). Situación Actual de la Acuicultura en el Perú Recuperado de: [http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUI SUBM ENU4/boletines/SITUACION%20ACTUAL%20DE%20LA%20ACUICULTURA%20EN%20EL%20PERU.pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUI_SUBM_ENU4/boletines/SITUACION%20ACTUAL%20DE%20LA%20ACUICULTURA%20EN%20EL%20PERU.pdf)

Queiroz, H. (1999). Artisanal fisheries of pirarucu at the mamirauá ecological station. Diversity, development and conservation of Amazonia's. Whitewater Floodplains.

Queiroz, H; Sardinha, A. (1999). A Preservação e o uso sustentado dos pirarucus (*Arapaima gigas*, Osteoglossidae) em Mamirauá. Estratégias para manejo de recursos pesqueiros em Mamirauá. (p. 108-141). Manaus:Sociedade Civil Mamirauá .

Rebaza, M; Alcántara, F; Valdivieso, M. (1999). Manual de Piscicultura del paiche *Arapaima gigas* Cuvier. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (p. 7-37). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-ak492s.pdf>

Rebaza, M; Rebaza, C y Deza, S. (2005). Avances en el cultivo de paiche *Arapaima gigas* en jaulas flotantes en el lago Imiría, Perú (p.168-171). Recuperado de: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers15-05/010064435.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-05/010064435.pdf)

Ribeyro, B. (2013). Efecto de la tasa y frecuencia de alimentación en el crecimiento de alevinos de *Osteoglossum bicirrhosum* (Cuvier, 1829)“arahuana”, en ambientes controlados.(Tesis de Maestría, Universidad Nacional del Altiplano). Recuperado de: <http://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/UNAP/3075>

Rice, M; Bengtson, D; Jaworki, C. (1994). Evaluation of artificial diets for cultured fish. Northeastern Regional Aquaculture Center. (Artículo científico, Universidad de Massachusetts). Recuperado de: <https://www.ncrac.org/files/biblio/NRAC0222.pdf>

Ricker, W. (1979). Growth rates and models. Fish Physiology. Bioenergetics and Growth. Academic Press. (p. 677-743). Recuperado de: [https://www.academia.edu/699327/Fish\\_Physiology\\_1979\\_Vol\\_08\\_Bioenergetics\\_and\\_Growth](https://www.academia.edu/699327/Fish_Physiology_1979_Vol_08_Bioenergetics_and_Growth)

Sagatzki, B, Pereira-Filho, M; Roubach, R; Rabello, D; Lima, A y Crescêncio, R. (2003). Efeito da densidade de estocagem na homogeneidade do crescimento de juvenis de pirarucu em ambiente confinado. V. 38. (p. 98-193). Recuperado de: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2003000100014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2003000100014)

Sagatzki, B, Pereira-Filho, M; Roubach, R; Rabello, D; Lima, A. y Crescêncio, R. (2003). Biomasa sustentable de juveniles de pirarucu en jaulas de pequeño volumen V. 28. (p.103–107). Recuperado de: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n6/18221.pdf>

Sandoval, M. (2007). Aspectos de manejo, reproducción y alimentación del paiche (*Arapaima gigas*) en la amazonia peruana. Iquitos, Perú.

Scorvo-Filho, J; Rojas, N; Silva, C; Konoike, T. (2004). Criação de *Arapaima gigas* (teleostei osteoglossidae) em estufa e sistema fechado de circulação de água, no Estado de São Paulo. (p.161-170). Boletim do Instituto de Pesca.

Serrano, E; Tantaleán M, Leguía, G; Quispe M; Casas, G. (2015). Parásitos en *Arapaima gigas* de la Amazonía Peruana según grupo etario. Revista de investigaciones veterinarias del Perú (p. 303-309). Recuperado de: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/11014>

Serrano, E; Tantaleán, V; Quispe, M; Casas, G; Londroñe, P. (2016). Desarrollo de un PCR para la identificación del parásito *Dawestrema* (Trematoda: Monogenea) en el pez *Arapaima gigas*. (p. 581-588). Revista de investigaciones veterinarias del Perú. Perú

Serrano-Martínez, E; Castro, V; Quispe, M; Casas, G; León, J. (2014). Aislamiento de bacterias y hongos en tejidos de paiche (*Arapaima gigas*) criados en cautiverio. (p.117-122). Revista de investigaciones veterinarias del Perú, Perú.

Silva, V. (2016). Efecto de la frecuencia de alimentación con balanceado en el crecimiento y ganancia de peso en la etapa de levante de alevinos de paiche (*Arapaima gigas*). (Tesis de licenciatura. Universidad Estatal Amazónica). Ecuador.

Soulsby, E. 1987. Parasitología y enfermedades parasitarias (pp. 40-44). Recuperado de: [http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0602-004365\\_I.pdf](http://redbiblio.unne.edu.ar/pdf/0602-004365_I.pdf)

Tratado de Cooperación Amazónica. s. f. Tratamiento de Enfermedades. (p. 140-143 Caracas, Venezuela.

Varvin, R; Ushiñahua, E. (2014). Efecto de tres niveles de inclusión de torta de girasol *helianthus annuus* (Asteraceae) en la dieta en el crecimiento de juveniles de paiche *Arapaima gigas* (Arapaimidae) (Cuvier, 1829) cultivados en corrales. Moyobamba. San Martín.

Verástegui, M. y Del Castillo, J. (2013). Influencia de dietas comerciales en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier 1829) criados en ambientes controlados. Iquitos, Perú.



## **VIII. ANEXOS**



**Anexo 1**

**Unidades experimentales pertenecientes al sistema de diferentes densidades en tanques de concreto**



**Anexo 2**

**Alevín de Arapaima gigas (paiche), en la biometría**



**Anexo 3**

**Preparación de alimento para la adaptación**



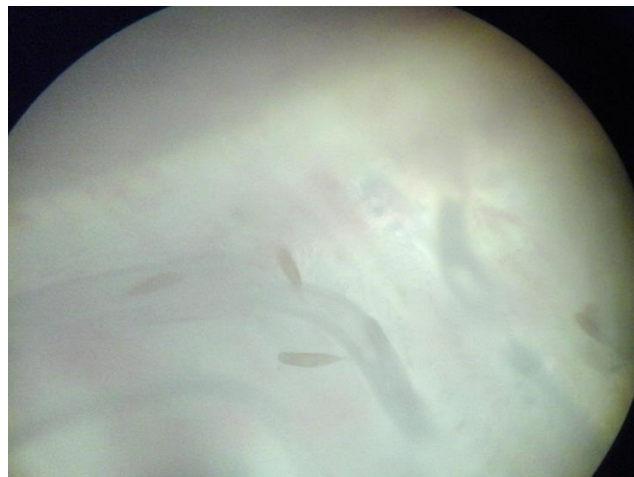
**Anexo 4**

**Recolección de alevines de *Arapaima gigas* (paiche) para la biometría**



**Anexo 5**

**Limpieza completa de estanques**



**Anexo 6**

**Identificación de huevos de parásitos monogeneos en branquias de alevines de  
*Arapaima gigas* (paiche)**



**Anexo 7**

**Identificación de parásitos monogeneos en su etapa adulta en branquias de alevines de paiche (*Arapaima gigas*)**

### Anexo 8

#### Datos de la evaluación de los parámetros productivos de tratamiento 1 de alevines de *Arapaima gigas* (paiche)

	Muestreos	Fecha	LP	PP	GP	n° PECES	B(gr)	GB	IP	TCE	FCA	S	K	Alimento suministrado (g)	
Tratamiento 1	M <sub>0</sub> : 06-06	06-jun	11	9.8		18	177.12						0.74	372	
	M1: 20-06	20-jun	13.92	18	8.05	18	322.1	145	81.9	3.99	2.6	100	0.66	628	
	M2: 04-07	04-jul	17.1	35	24.9	18	625.38	448	139	2.29	1.4	100	0.7	813	
	M3: 18-07	18-jul	21.14	48	38.08	18	862.56	685	110	0.77	1.2	100	0.51		
	segunda etapa														
	M4: 05-08	05-ago	26.72	87.7	39.8	12	1052.6	190	83.1	1.02		75	0.46	1178	
	M5: 20-08	20-ago	28.18	145.4	97.48	12	1744.8	882	111	0.68	1.3	75	0.65	1954	
M6: 05-09	05-sep	31.52	262.5	174.78	12	3150	2097	120	1.97	0.9	75	0.84			

**Anexo 9**

**Datos de la evaluación de los parámetros productivos de tratamiento 2 de alevines de paiche (*Arapaima gigas*)**

	<b>Muestreos</b>	<b>Fecha</b>	<b>LP</b>	<b>PP</b>	<b>GP</b>	<b>n.<sup>o</sup> PECES</b>	<b>B</b>	<b>GB</b>	<b>IP</b>	<b>TCE</b>	<b>FCA</b>	<b>S</b>	<b>K</b>	<b>Alimento suministrado (g)</b>	
<b>Tratamiento 2</b>	M0: 06-06	06-jun	11.05	8.9		24	215						0.66	451	
	M1: 20-06	20-jun	13.51	16.7	7.7	24	400	185	86.09	4.14	2.4	100	0.67	779.3	
	M2:04-07	04-jul	16.87	35	18.35	24	840	625	110.2	2.561	1.2	100	0.73	1048.6	
	M3:18-07	18-jul	21.2	49.2	14.19	24	1181	965.8	40.54	0.81	1.1	100	0.52		
	<b>segunda etapa</b>														
	M4:05-08	05-ago	26.9	94.3	45.09	16	1508	328	91.67	1.103			75	0.48	1689.5
	M5:20-08	20-ago	28.9	159	64.69	16	2544	1363	68.62	0.706	1.2		75	0.66	2848.7
M6:05-09	05-sep	31.5	265.6	106.66	16	4250	2742	113.1	1.711	1		75	0.85		

### Anexo 10

#### Datos de la evaluación de los parámetros productivos de tratamiento 3 de alevines de *Arapaima gigas* (paiche)

	Muestras	Fecha	LP	PP	GP	n° Peces	B	GB	IP	TCE	ICAA	S	K	Alimento Suministrado(gr.)	
Tratamiento 3	M0: 06-06	06-jun	10.81	9.2		30	275						0.73	578.3	
	M1: 20-06	20-jun	13.66	17.2	8	30	515	240	87.12	4.177	2.4	100	0.67	1004.9	
	M2:04-07	04-jul	17	36.8	19.64	30	1105	829	114.4	2.629	1.2	100	0.75	1436	
	M3:18-07	18-jul	23.57	55.8	19.02	30	1675	1400	51.66	0.992	1	100	0.43		
	segunda etapa														
	M4:05-08	05-ago	26.895	100.4	44.59	20	2009	333	79.84	0.995			75	0.52	2249.6
	M5:20-08	20-ago	29.3	151.9	51.5	20	3039	1363	51.28	0.559	1.7		75	0.604	3403.2
M6:05-09	05-sep	31.79	271.5	119.57	20	5430	3421	78.7	1.935	1		75	0.85		

## **Anexo 11**

### **Análisis estadísticos de los parámetros de crecimiento (longitud y peso)**

Para la validación del método se realizan pruebas tanto para peso como para la longitud que se mostrarán a continuación:

- 1.º Se validará la independencia de los valores.
- 2.º Se validará la normalidad de los valores.
- 3.º Se validará la homocedasticidad de los valores.

Si no cumple la normalidad no se procederá a realizar la prueba de Kruskal Wallis.

## **Anexo 12**

### **Análisis estadístico del peso**

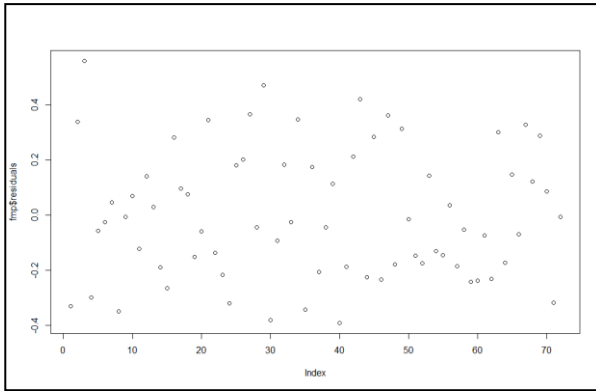
- 1.º Independencia de valores

Para la prueba se pretende comprobar que una variable tiene cierta distribución y, por tanto, habitualmente nos vemos obligados a colocar nuestra hipótesis en la alternativa, en el caso excepcional de que pretendamos demostrar que cierto tratamiento produce distorsión de la distribución básica de la variable en estudio (Arvelo 1998)

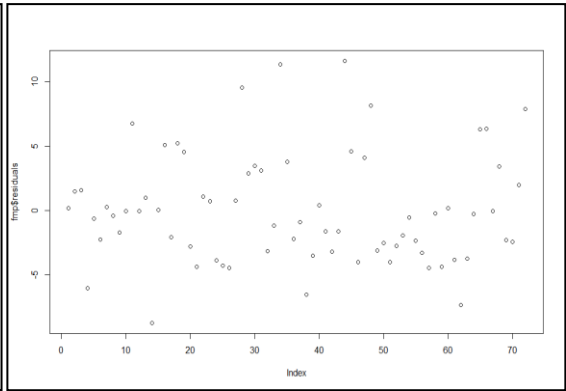
#### **Fase experimental**

Mediante el diagrama de dispersión podemos ver que las figuras no presentan un patrón (tendencia) en sus datos, existe dispersión muy variada por lo tanto concluimos que dichas las muestras cumplen la independencia en los residuos del modelo en la fase experimental

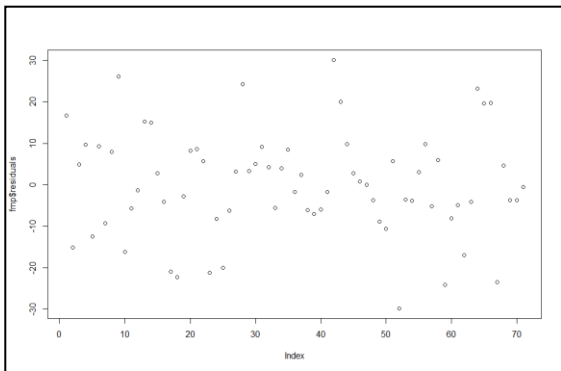




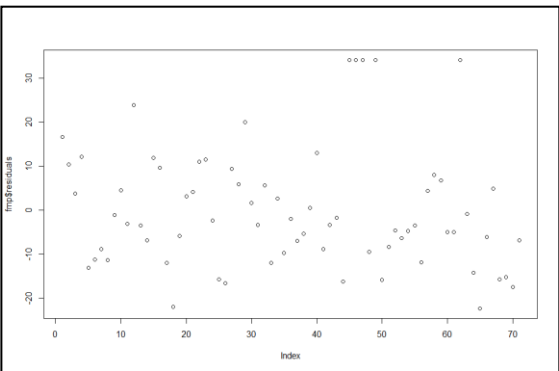
06/06



20/06



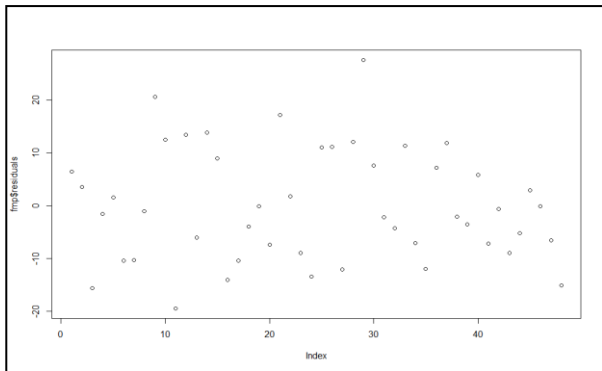
04/07



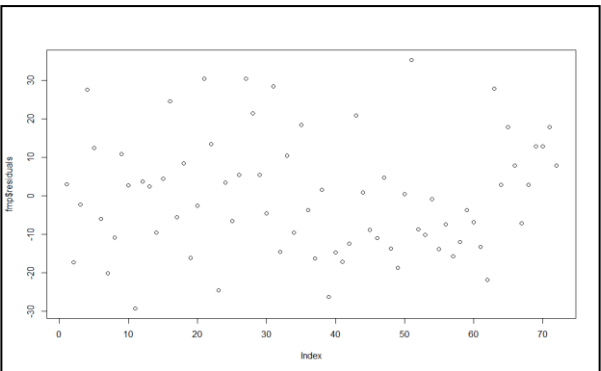
18/07

FASE II

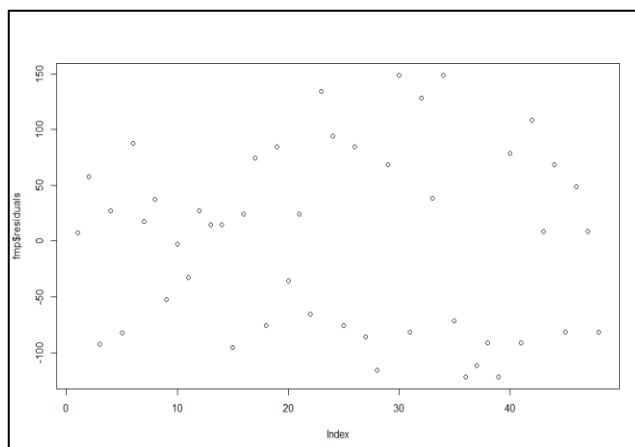
Mediante el diagrama de dispersión podemos ver que las figuras no presentan un patrón (tendencia) en sus datos, existe dispersión muy variada. Concluimos que cumple la independencia en los residuos del modelo en la fase II.



05/08



20/08



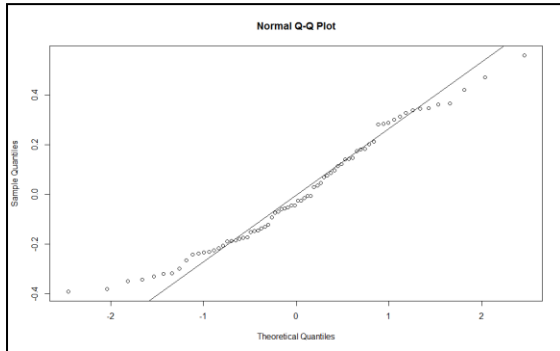
05/09

## 2.º Normalidad de valores

Los resultados de la prueba indican si se debe o no rechazar la hipótesis nula de que los datos provienen de una población distribuida normalmente. Puede realizarse una prueba de normalidad y producir una gráfica de probabilidad normal en el mismo análisis. La prueba de normalidad y la gráfica de probabilidad suelen ser las mejores herramientas para juzgar la normalidad, especialmente cuando se trata de muestras pequeñas.

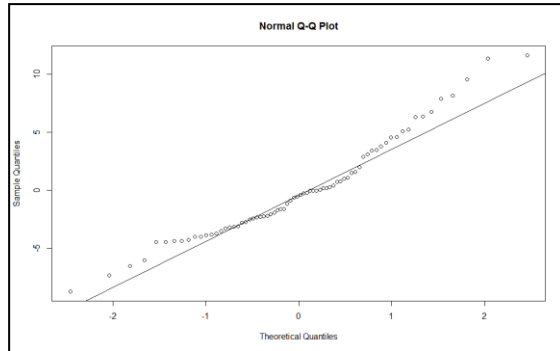
### FASE I

El valor de *p-valué* es mayor al 0.05 (no significativo) en la siembra (06/06). Y en la segunda evaluación (04/07) concluimos que no se rechaza la  $H_0$ , lo cual presenta normalidad en los residuos del modelo. En la gráfica se comprueba que existen muchos puntos que se ajustan hacia recta de referencia, sin embargo, el valor de *p-valué* en la primera evaluación (20/06) y la última (18/07) es menor al 0.05. Concluimos que se rechaza la  $H_0$ , lo cual no presenta normalidad en los residuos del modelo



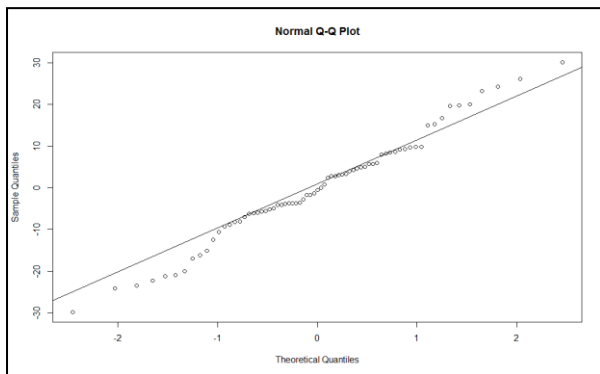
06/06

```
shapiro-wilk normality test
data: fmp$residuals
W = 0.96644, p-value = 0.05154
```



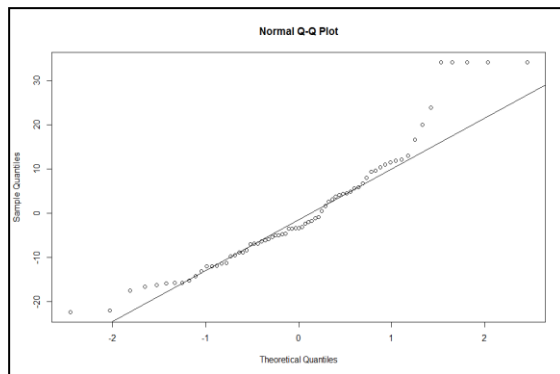
20/06

```
shapiro-wilk normality test
data: fmp$residuals
W = 0.95514, p-value = 0.01184
```



04/07

```
shapiro-wilk normality test
data: fmp$residuals
W = 0.98534, p-value = 0.5785
```



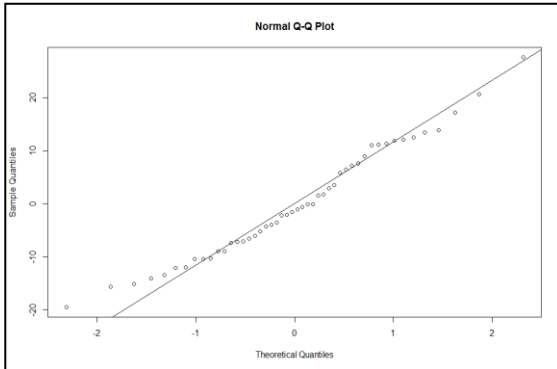
18/07

```
shapiro-wilk normality test
data: fmt$residuals
W = 0.95765, p-value = 0.01742
```

## FASE II

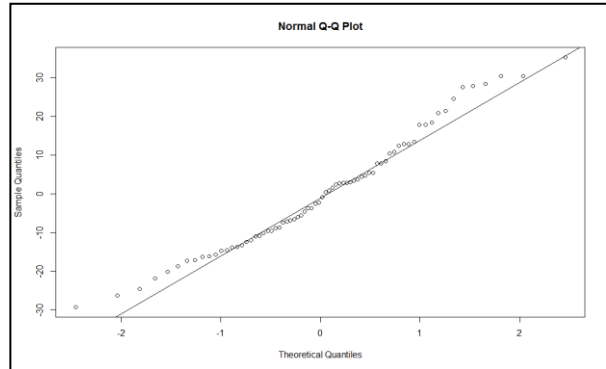
El valor de *p-value* es mayor al 0.05 (no significativo) en la siembra y la primera evaluación, entonces, concluimos que no se rechaza la  $H_0$ , lo cual presenta normalidad en los residuos del modelo. En la gráfica se comprueba que existen muchos puntos que se ajustan hacia la

recta de referencia, pero en la ultima evaluación, el *p-value* es menor a 0.05 (significativo). Concluimos, entonces, que se rechaza la  $H_0$ , lo cual no presenta normalidad en los residuos del modelo.



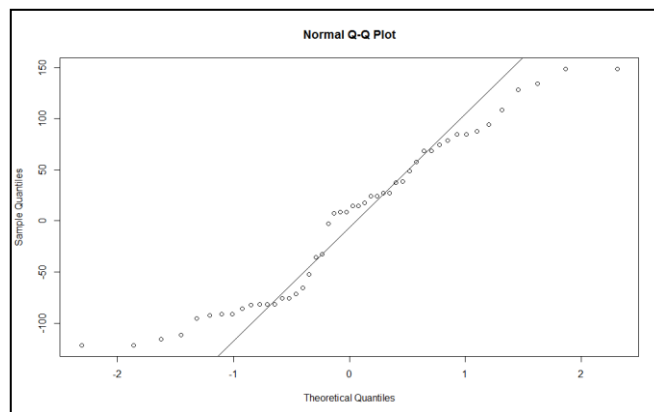
05/08

```
shapiro-wilk normality test
data: fmp$residuals
w = 0.97479, p-value = 0.3843
```



20/08

```
shapiro-wilk normality test
data: fmp$residuals
w = 0.97307, p-value = 0.1249
```



05/09

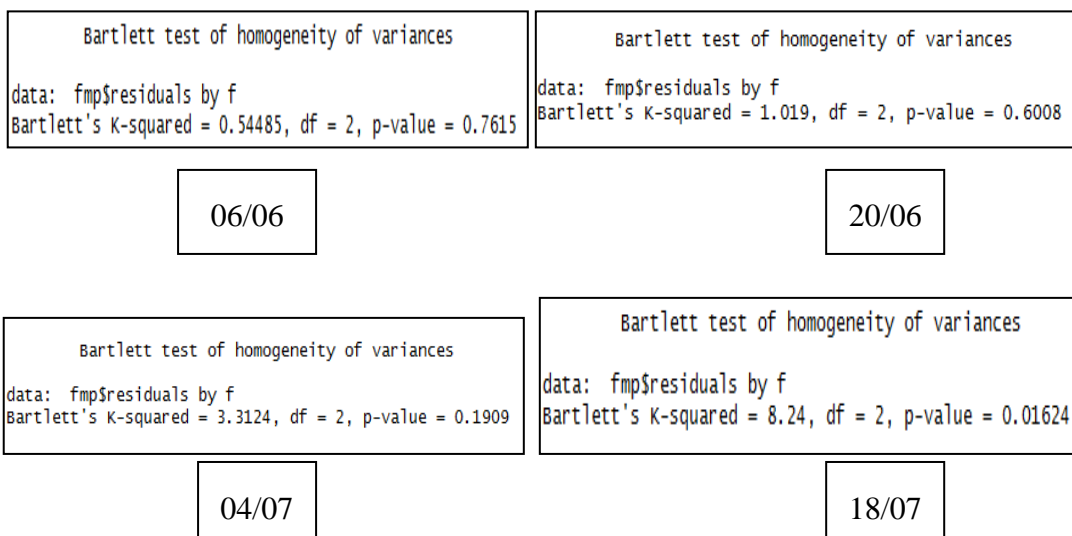
```
shapiro-wilk normality test
data: fmp$residuals
w = 0.93795, p-value = 0.01355
```

### 3.º Test de Homocedasticidad

La importancia del análisis de homocedasticidad (varianzas iguales), o su opuesto, heterocedasticidad (varianzas diferentes), es máxima en el análisis de la bondad de ajuste. Su gran importancia radica en que es una de las principales propiedades de bondad de ajuste que un conjunto de datos debe poseer para poder ser analizado con un determinado modelo estadístico. El no cumplimiento de esta propiedad puede conllevar que las conclusiones que se extraigan del modelo sean falsas. Ante el no cumplimiento de esta propiedad debemos optar por otra prueba que sea menos sensible, o insensible, a la violación de este supuesto, fundamentalmente, pruebas de tipo no paramétrico.

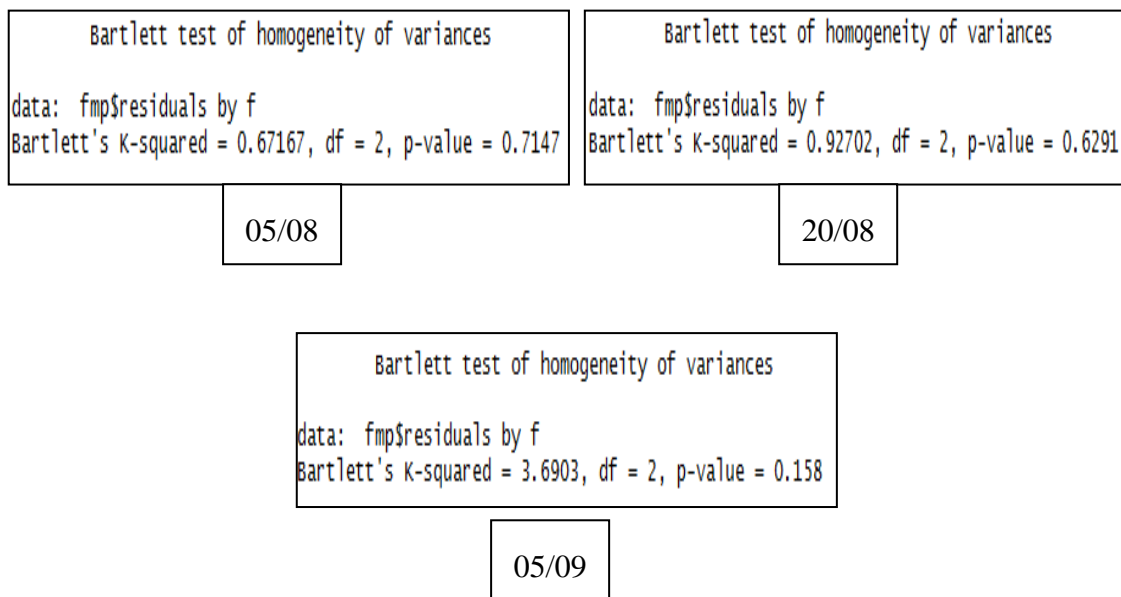
#### FASE I

Vemos que el *p-valué* es mayor que 0.05 (no significativo) en la siembra, primera y segunda evaluación, con lo cual no rechazamos la  $H_0$  y concluimos que existe homogeneidad de varianzas, donde estas, en los grupos de diferentes densidades son iguales según su peso. En la última evaluación, el *p-valué* es menor que 0.05 con lo cual rechazamos  $H_0$  y concluimos que no existe homogeneidad de varianzas, donde las estas en los grupos de diferentes densidades no son iguales según su peso.



## FASE II

Vemos que el *p-valué* es mayor que 0.05 (no significativo) en toda la fase, con lo cual no rechazamos la  $H_0$  y concluimos que existe homogeneidad de varianzas, donde están los grupos de diferentes densidades son iguales según su peso.

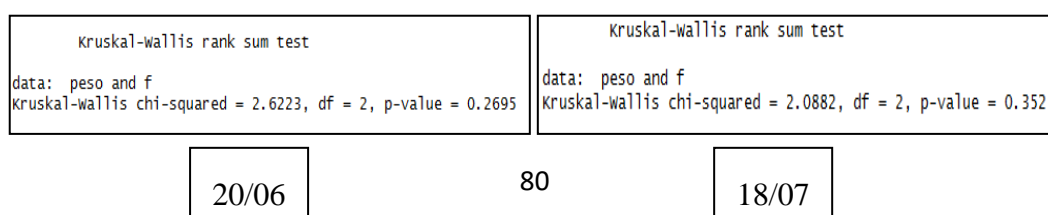


Para el caso de las evaluaciones que no cumplieron con la normalidad de valores (20/06, 18/07 y 05/09) se procederá a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

## Prueba de Kruskal Wallis

### FASE I y FASE II

En este caso se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se concluye que las muestras no son diferentes o presentan una misma distribución, es decir que las densidades no afectan al crecimiento en peso de los alevines de paiche en esa etapa.



```
Kruskal-Wallis rank sum test
data: peso and f
Kruskal-Wallis chi-squared = 0.044137, df = 2, p-value = 0.9782
```

05/09

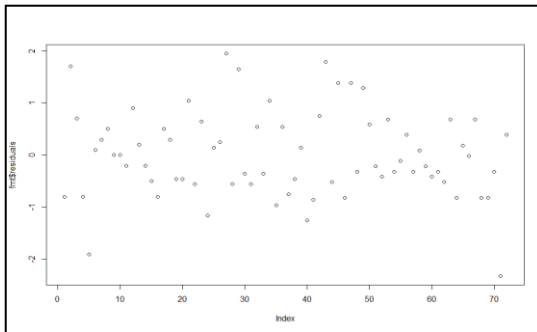
## Anexo 13

### Evaluación estadística de la longitud

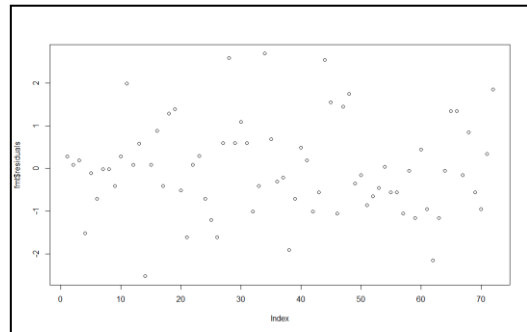
1. ° Independência de valores

FASE I:

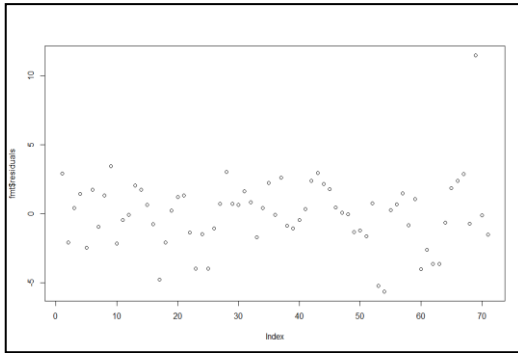
Mediante el diagrama de dispersión podemos ver que las figuras no presentan un patrón (tendencia) en sus datos. Existe dispersión muy variada, por lo tanto concluimos que dichas muestras cumplen la independencia en los residuos del modelo en la fase I.



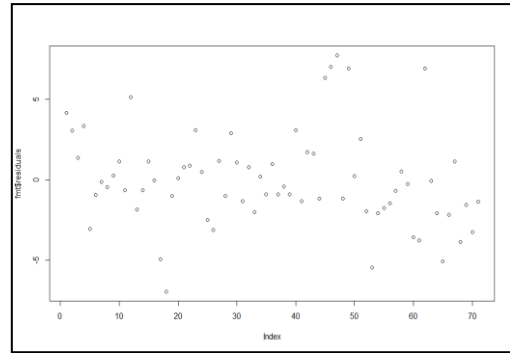
06/06



20/06



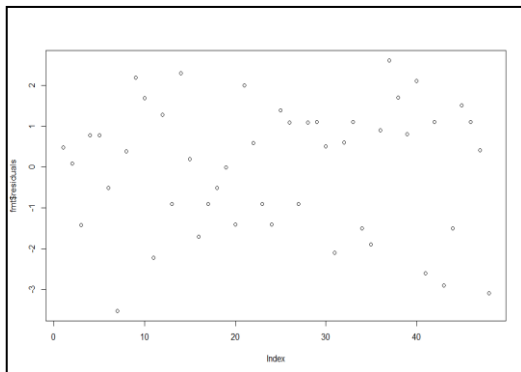
04/07



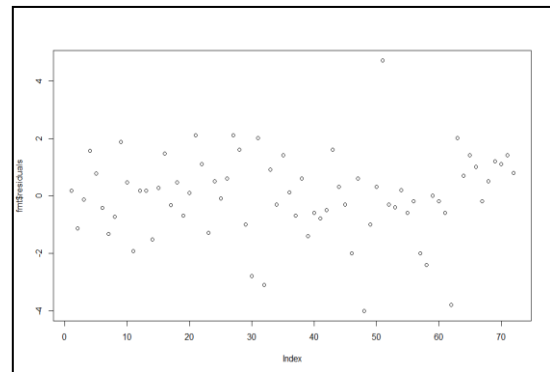
18/07

FASE II

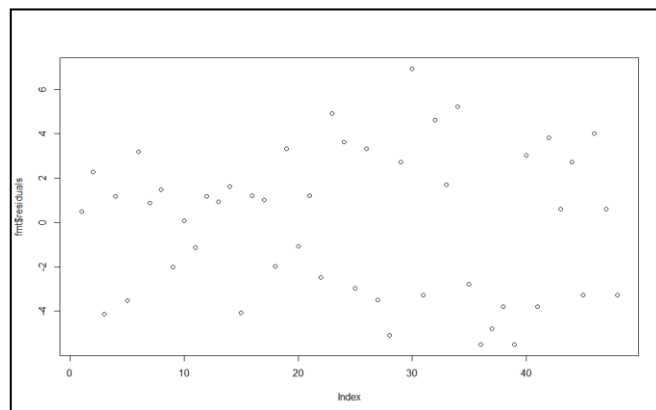
Mediante el diagrama de dispersión podemos ver que las figuras no presentan un patrón (tendencia) en sus datos. Existe dispersión muy variada, por lo tanto concluimos que dichas las muestras cumplen la independencia en los residuos del modelo en la fase I.



05/08



20/08



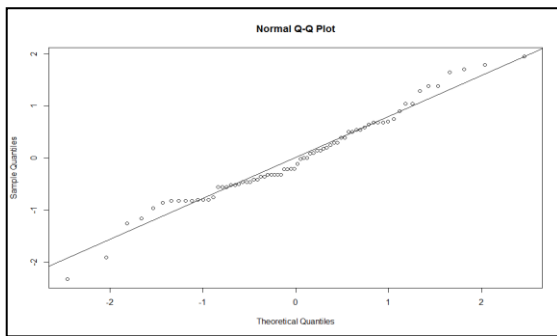
05/09



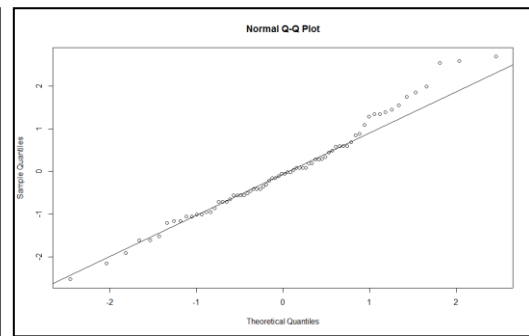
## 2.º Normalidad de Valores

El valor de *p-valué* es mayor a 0.05 (no significativo) en la siembra (04/06) y en la primera (20/06) evaluación. Concluimos que no se rechaza la  $H_0$ , lo cual presenta normalidad en los residuos del modelo. En la gráfica se comprueba que existen muchos puntos que se ajustan hacia recta de referencia, sin embargo, el valor de *p-valué* en la segunda (04/07) y la última (18/07) evaluación es menor al 0.05. Concluimos que se rechaza la  $H_0$ , ya que no presenta normalidad en los residuos del modelo.

### FASE I



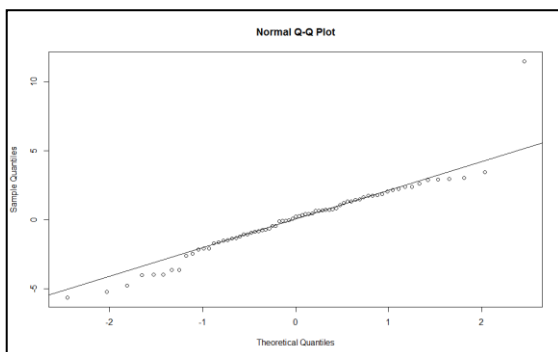
06/06



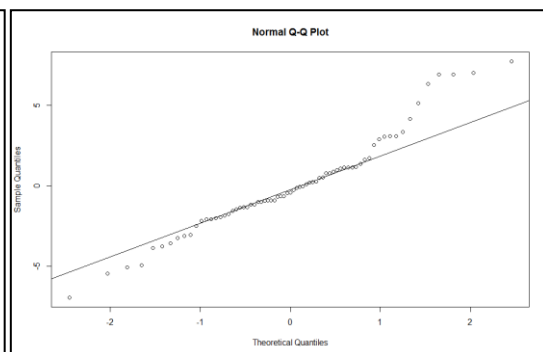
20/06

```
shapiro-wilk normality test
data: fmt$residuals
W = 0.9762, p-value = 0.1889
```

```
shapiro-wilk normality test
data: fmt$residuals
W = 0.98146, p-value = 0.368
```



04/07



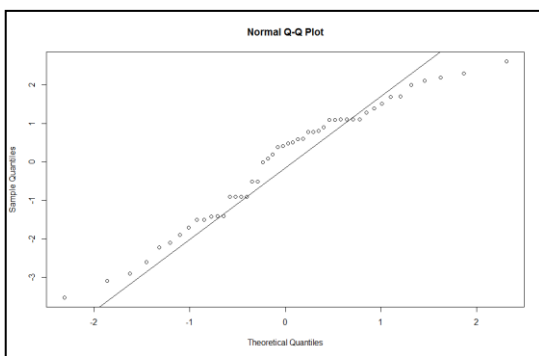
18/07

```
shapiro-wilk normality test
data: fmt$residuals
W = 0.91501, p-value = 0.0001438
```

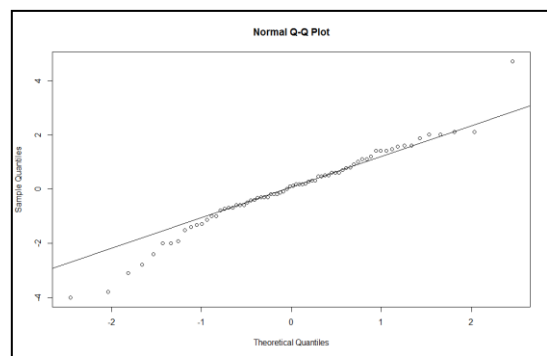
```
shapiro-wilk normality test
data: fmt$residuals
W = 0.95765, p-value = 0.01742
```

## FASE II

El valor *p-value* es mayor a 0.05 (no significativo) durante toda la fase II. Concluimos, entonces, que no se rechaza la  $H_0$ , lo cual presenta normalidad en los residuos del modelo. En la gráfica se comprueba que existen muchos puntos que se ajustan a la recta de referencia.



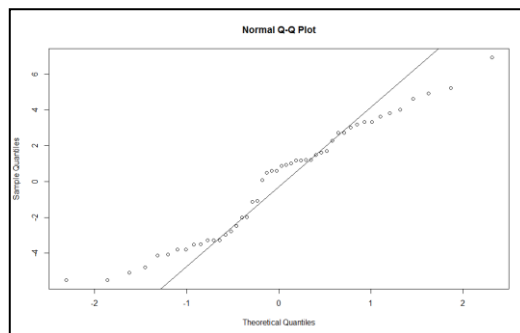
05/08



20/08

```
shapiro-wilk normality test
data: fmt$residuals
W = 0.95523, p-value = 0.06477
```

```
shapiro-wilk normality test
data: fmt$residuals
W = 0.96815, p-value = 0.06477
```



05/09

```

shapiro-wilk normality test
data: fmt$residuals
W = 0.95389, p-value = 0.0572

```

### 3.º Test de Homocedasticidad

#### FASE I

Vemos que el *p-value* es mayor que 0.05 (no significativo) en la siembra y en la primera evaluación, con lo cual no rechazamos la  $H_0$  y concluimos que existe homogeneidad de varianzas, donde están los grupos de diferentes densidades, son iguales según su longitud. En la segunda y última evaluación, el *p-value* es menor que 0.05, con lo cual rechazamos  $H_0$  y concluimos que no existe homogeneidad de varianzas, donde están los grupos de diferentes densidades no son iguales según su longitud.

<pre> Bartlett test of homogeneity of variances data: fmt\$residuals by f Bartlett's K-squared = 0.13464, df = 2, p-value = 0.9349 </pre>	<pre> Bartlett test of homogeneity of variances data: fmt\$residuals by f Bartlett's K-squared = 0.71649, df = 2, p-value = 0.6989 </pre>
---	---

06/06

20/06

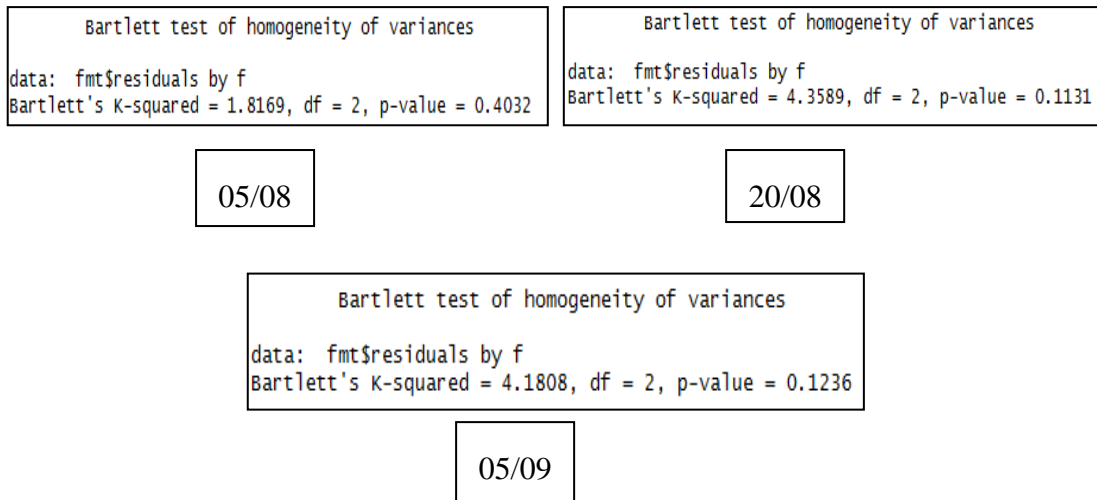
<pre> Bartlett test of homogeneity of variances data: fmt\$residuals by f Bartlett's K-squared = 8.3447, df = 2, p-value = 0.01542 </pre>	<pre> Bartlett test of homogeneity of variances data: fmt\$residuals by f Bartlett's K-squared = 13.246, df = 2, p-value = 0.00133 </pre>
---	---

04/07

18/07

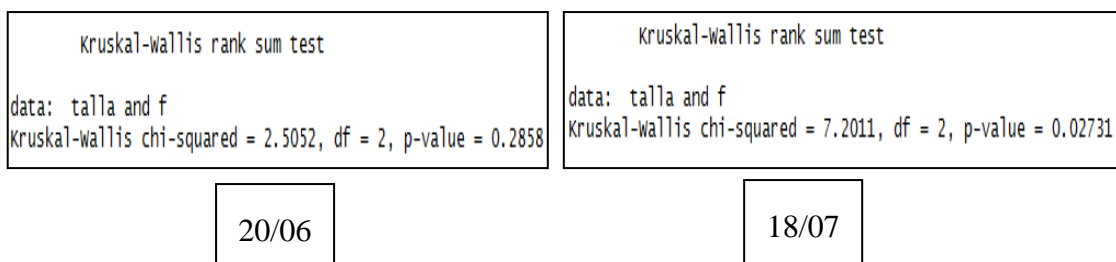
#### FASE II

Vemos que el *p-value* es mayor que 0.05 (no significativo) en toda la fase, con lo cual no rechazamos la  $H_0$  y concluimos que existe homogeneidad de varianzas, donde están los grupos de diferentes densidades, no afectan al crecimiento en longitud.



### Prueba de Kruskal Wallis

En este caso se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ) y se concluye que las muestras no son diferentes o presentan una misma distribución, es decir que las densidades no afectan al crecimiento en longitud para los alevines de paiche en la primera evaluación, Sin embargo, para la última evaluación de la primera fase, el *p- valué* es menor a 0.05, es decir que no se acepta la hipótesis nula  $H_0$  y se concluye que las muestras son diferentes o no presentan la misma distribución, es decir que las densidades afectan el crecimiento en longitud a los alevines de paiche, entonces, la comparación de densidades en la última evaluación da como resultado, la diferencia significativa radica entre las densidades del T2 y T3, la longitud del T3 es significativamente mayor al T2.



```
Pairwise comparisons using Tukey and Kramer (Nemenyi) test
with Tukey-Dist approximation for independent samples
data: talla and f
      dens1 dens2
dens2 0.935 -
dens3 0.128 0.035
P value adjustment method: none
```

así