

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS PECUARIAS**

**MENCIÓN EN ACUICULTURA**



**TESIS**

**EFFECTO DEL SISTEMA DE AIREACION SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS  
Y PRODUCTIVOS DE *Piaractus brachypomus* (PACO) EN EL DISTRITO DE NUEVA  
REQUENA**

**TESIS Para optar el grado académico de**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**PECUARIAS, MENCIÓN:**

**ACUICULTURA**

**REATEGUI ACOSTA, Carmen Rosa**

**Tingo María – Perú, 2025**



## **ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

### **Nro. 001-2025-UPG-FZ-UNAS**

En la ciudad universitaria, siendo las **06:00 p.m.**, del martes 01 de marzo de 2025, reunidos en el auditorio de la Facultad de Zootecnia, se instaló el jurado calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada: **"EFECTO DEL SISTEMA DE AIREACIÓN SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y PRODUCTIVOS DE *Piaractus Brachypomus* (PACO) EN EL DISTRITO DE NUEVA REQUENA"**. A cargo de la candidata al grado de Maestra en Ciencias Pecuarias, Mención: Acuicultura; **REATEGUI ACOSTA, CARMEN ROSA**. Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el jurado calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas **8:00 pm.** el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

Tingo María, 08 de mayo de 2025.

.....  
**Dr. Jorge Ríos Alvarado**  
Presidente del Jurado

.....  
**Ing. M. Sc. Marco A. Rojas Paredes**  
Miembro del Jurado

.....  
**Ing. M. Sc. Miguel A. Pérez Olano**  
Miembro del Jurado

.....  
**Dr. Daniel Marco Paredes López**  
Asesor



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 202 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

Administración

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EFFECTO DEL SISTEMA DE AIREACION SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y PRODUCTIVOS DE <i>Piaractus brachypomus</i> (PACO) EN EL DISTRITO DE NUEVA REQUENA	REATEGUI ACOSTA, Carmen Rosa	<b>22 %</b> <b>Veintidós</b>

Tingo María, 25 de junio de 2025

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Tomas Menacho Mallqui  
JEFE

C.C. Archivo

# ÍNDICE

	<b>Páginas</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1. Antecedentes.....	3
2.2. Bases Teóricas.....	5
2.2.1. Generalidades.....	5
2.2.2. Características Morfológicas.....	6
2.2.3. Comportamiento Alimenticio.....	6
2.2.4. Densidad de siembra en Estanques.....	6
2.2.5. Parámetros Hematológicos.....	7
2.2.6. Parámetros Bioquímicos.....	9
2.2.7. Requerimiento de Oxígeno disuelto para peces tropicales.....	9
2.2.8. Aireación en la Acuicultura.....	10
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	12
3.1. Lugar de ubicación.....	12
3.2. Materiales y Métodos.....	13
3.3. Operación de variables.....	22
3.4. Población y muestra.....	22
3.5. Tratamientos.....	23
3.6. Diseño Experimental.....	23
3.7. Recolección de los datos:.....	24
3.8. Procesamiento de los datos.....	24
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	25
4.1. Parámetros hematológicos de <i>P. brachypomus</i> sobre el efecto del sistema de aireación.....	25
4.2. Parámetros bioquímicos de <i>Piaractus brachypomus</i> sobre el efecto del sistema de	

aireación .....	30
4.3. Parámetros Productivos del cultivo intensivo de <i>Piaractus brachypomus</i> sobre el efecto del sistema de aireación.....	33
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	39
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	40
<b>VII.REFERENCIAS</b> .....	41
<b>VIII. ANEXO</b> .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Páginas</b>
1. Características Nutricionales de alimento balanceado “ACUAPRO”.....	15
2. Tasa de alimentación para paco y gamitana .....	15
3. Operación de variables de la investigación .....	22
4. Tratamientos .....	23
5. Perfiles hematológicos de <i>Piaractus brachypomus</i> bajo el efecto del sistema de Aireación.....	25
6. Perfiles bioquímicos de <i>P. brachypomus</i> sobre el efecto del sistema de Aireación.....	31
7. Comparación de medias muestrales para el crecimiento en peso de <i>P. brachypomus</i> por tratamiento .....	33
8. Comparación de medias muestrales para el crecimiento en peso de <i>P. brachypomus</i> por tratamiento .....	34
9. Comparación de medias muestrales para el consumo diario de alimento de <i>P. brachypomus</i> por tratamiento .....	35
10. Factor de Conversión Alimenticia de <i>P. brachypomus</i> bajo el efecto del sistema.....	36
11. Biomasa de <i>P. brachypomus</i> bajo el efecto del sistema de aireación.....	36
12. Comparación de medias muestrales para el Factor de Condición de <i>P. brachypomus</i> por tratamiento .....	37
13. Comparación de medias muestrales para la mortalidad de <i>P. brachypomus</i> por tratamiento .....	38

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Páginas</b>
1. Efecto de la concentración de Oxígeno disuelto sobre un cultivo de peces tropicales	10
2. Mapa de Ubicación del Estudio Investigación .....	12
3. Diseño Completamente al azar .....	24
4. Representación de media muestral de Hemoglobina de <i>P. brachypomus</i> .....	26
5. Representación de media muestral de Hematocrito de <i>P. brachypomus</i> .....	26
6. Representación de media muestral de Eritrocitos de <i>P. brachypomus</i> .....	27
7. Representación de media muestral de Leucocitos de <i>P. brachypomus</i> .....	28
8. Representación de media muestral de MCV de <i>P. brachypomus</i> .....	28
9. Representación de media muestral de MCH de <i>P. brachypomus</i> .....	29
10. Representación de media muestral MCHC de <i>P. brachypomus</i> .....	30
11. Representación de media muestral de glucosa de <i>P. brachypomus</i> .....	31
12. Representación de media muestral de Cortisol de <i>P. brachypomus</i> .....	32
13. Representación de media muestral en crecimiento en peso (P 75 días y P 195 días) de <i>P. brachypomus</i> .....	33
14. Representación de media muestral en crecimiento de Longitud (L75 días y L 195 días) de <i>P. brachypomus</i> .....	34
Figura 15. Representación de media muestral de Biomasa (BI y BF) <i>P. Brachypomus</i> .....	37

## RESUMEN

El estudio se realizó en las instalaciones de la empresa Acuícola “Pukara”, en el Distrito de Nueva Requena, Provincia de coronel Portillo, Departamento de Ucayali, el objetivo fue evaluar el efecto del sistema de Aireación sobre los parámetros fisiológicos y productivos de *P. brachypomus* (Paco). Se utilizaron 30,000 ejemplares, de peso y longitud inicial 44.63 a 45.50 g y 13.35 a 13.68 cm respectivamente. Se aplicó DCA, dos tratamientos y tres repeticiones T1 = aireador de turbina T2= aireador de Paleta. Se colocaron 5000 juveniles por estanque de tierra, a una densidad de 3 peces/m<sup>2</sup>. Los muestreos biométricos fueron mensuales y los fisiológicos fue al inicio y final de la investigación, para el análisis de parámetros sanguíneos, las muestras fueron obtenidas por punción de la arteria caudal. Durante los 120 días del estudio se obtuvieron los siguientes pesos y longitudes finales por tratamiento: T1= 339 g y 26.51 cm; T2= 389.33g y 27.74 cm, en ambos casos no presentaron diferencia significativa ( $p>0.05$ ). Asimismo, no presentaron variaciones ( $p>0.05$ ) en el consumo de alimento diario, ganancia de peso diario, Tasa de Crecimiento específico (TCE), Biomasa, Factor de conversión alimenticia, Factor de condición (K) y mortalidad de la especie Los parámetros hematológicos, no presentaron alteraciones en el cultivo, pero si niveles diferenciados en los parámetros como Hemoglobina (HB), Hemoglobina Corpuscular medio (MCH) y Concentración Hemoglobina Corpuscular medio (MCHC). El parámetro Bioquímico sanguíneo como el cortisol presentó niveles diferenciados, pero no demostraron alteraciones en el comportamiento de la especie.

**Palabras Claves:** Aireación, hematología, Bioquímica y Productivo

## I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura juega un papel importante en las necesidades diarias de las personas, ya que facilita la producción económica de alta calidad (Jescovitch et al., 2017). Sin embargo, los estanques mal manejados pueden causar la mortalidad y pérdida de peces debido a los cambios en la temperatura y oxígeno del agua, ya que son los parámetros más importantes para el desarrollo exitoso de la acuicultura (Jamroen, 2022)

En este contexto, se adopta la aireación artificial, que cumple la función de suministrar oxígeno al agua según el principio de gotas de agua o burbujas, para evitar la limitación de oxígeno disuelto en los estanques de acuicultura (Xiao *et al*, 2020). Asimismo, el efecto de los sistemas de aireación ayuda mejorar el rendimiento del cultivo de peces (Heriyati et al., 2022)

En relación a la especie íctica, hace referencia a una especie tropical nativa, como es el "Paco" *Piaractus brachypomus*. Su producción intensiva ha registrado un aumento significativo en los últimos diez años debido a investigaciones impulsadas por el Instituto de la Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP), Gobiernos Regionales e iniciativas particulares en las regiones de: Ucayali, San Martín y Puerto Maldonado, todos con resultados positivos. Además, "la piscicultura con especies autóctonas amazónicas puede convertirse en una actividad rentable, dado que Perú dispone de la tecnología para la crianza de gamitana, paco, boquichico, sábalo y ha hecho avances en algunas otras especies que requieren validación, como el paiche" (FONDEPES, 2004).

Los parámetros bioquímicos y hematológicos son de gran importancia para entender el estado fisiológico y de salud de los peces, siendo utilizados de manera constante para supervisar las reacciones de estos ante las modificaciones en su ambiente (Rey Vázquez y Guerrero, 2007).

En este contexto, los parámetros hematológicos y bioquímicos señalan la condición nutricional y salud de los peces en un cultivo intensivo. Adicionalmente, estos parámetros permiten reconocer condiciones de salud normales, identificar cambios fisiológicos y brindar información para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades (Chen et al., 2004). (Chen et al., 2004).

Por esas razones se planteó el problema del estudio de investigación: ¿Cuál será el efecto del sistema de aireación sobre los parámetros fisiológicos y productivos de *Piaractus*

*brachypomus* (paco) en el Distrito de Nueva Requena?

En consecuencia, la hipótesis científica de la investigación es: El efecto del sistema de aireación del cultivo de *Piaractus brachypomus* (paco) en el Distrito de Nueva Requena modifica positivamente los parámetros productivos y fisiológicos de la especie cultivada.

Para ello se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo General:

Evaluar el efecto del sistema de aireación sobre los parámetros fisiológicos y productivos de *Piaractus brachypomus* (paco) en el Distrito de Nueva Requena.

Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros hematológicos (niveles de hematocrito, hemoglobina y leucocitos) de *Piaractus brachypomus* sobre el efecto del sistema de aireación.
- Determinar los parámetros bioquímicos sanguíneos (glucosa y cortisol) sobre el efecto del sistema de aireación.
- Evaluar los parámetros productivos (consumo de alimento diario, ganancia de peso diario, factor de conversión alimenticia, Factor de condición, incremento de peso y longitud y mortalidad) de *Piaractus brachypomus* sobre el efecto del sistema de aireación.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Antecedentes

Clavijo y Dueñas (2019) llevaron a cabo un estudio sobre el impacto del sistema de aireación en el desempeño de la tilapia roja en estanques de geomembranas en Garzón-Huila. El objetivo del trabajo fue de confirmar la reciente oferta tecnológica sobre la producción acuícola usando piscinas circulares. Se instauraron 3 estanques circulares de geomembrana con 7 metros de diámetro y 1,2 m de altura, que se entregó al mercado con diferentes grados de tecnología. Trabajaron con una densidad de siembra de cincuenta peces por m<sup>3</sup> en cada estanque y analizaron sus rendimientos en cada etapa. Los factores productivos establecidos en cada sistema fueron: peso de la biomasa, ingesta de alimentos, conversión de alimentos y porcentaje de supervivencia. Los hallazgos indicaron que la producción en los tres sistemas es técnica y económicamente factible para el cultivo de la tilapia hasta los 235 gramos. Esto se debe al incremento de los retos técnicos para gestionar las propiedades de la calidad del agua debido al incremento en la necesidad de oxígeno, que se intensifica con la alta concentración de amonio NH<sub>3</sub> y ácido carbónico H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, originados en el metabolismo de la misma biomasa.

Barba (2015), llevó a cabo un estudio sobre la aireación en las piscinas de reproducción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) y su impacto en la productividad. El objetivo de la investigación fue examinar el impacto de la aireación en la estratificación térmica, el nivel de oxígeno y el impacto de estos elementos en la talla comercial de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*), mediante el seguimiento de la temperatura y el volumen de oxígeno disuelto en las piscinas. Por lo tanto, se analizó la repercusión en los gastos de producción y el porcentaje de mortalidad por piscina. Concluyeron que el periodo de crecimiento de la tilapia en las piscinas de crianza tradicional con aireación forzada se disminuye en 3 semanas en comparación con las piscinas de crianza tradicional. Esto significa que llegó a su tamaño comercial previsto en 5 meses y 1 semana, lo que posibilitó un ahorro de 160 kg de alimento por cada piscina. Además, con este sistema de aireación se observó una distribución uniforme de nutrientes, temperatura y oxígeno. Como resultado, estos parámetros permitieron gestionar una mayor densidad de peces por m<sup>3</sup>.

García (2007), llevó a cabo un estudio sobre la hematología y química de la sangre de juveniles de rubio (*salminus affinis*) del río Sinú. El objetivo fue establecer los parámetros hematológicos y químicos, con el propósito de producir datos fundamentales para el desarrollo de tecnologías de producción de piscícolas. En resumen, los parámetros hematológicos de rubio

se encuentran dentro del rango documentado para peces neotropicales que parecen estar en buen estado.

Galeano (2010) ejecutó un estudio acerca de las características hematológicas de *porosissimus* en el estuario de bahía blanca, en Argentina. El objetivo fue identificar los factores hematológicos. Para concluir, el sedimento del estuario de Bahía Blanca abarca un entorno que está expuesto a una presión creciente de contaminación urbana e industrial. En la que se describió desde un enfoque hematológico a un pez que vive en los fondos de estuarios, se tomaron muestras de 32 ejemplares de *P. porosissimus*. Se examinaron rasgos hematológicos, los cuales se contrastaron con información de especies que comparten costumbres similares en diversos ecosistemas.

Minaya (2018), llevó a cabo un estudio de Evaluación del perfil hematológico y bioquímico en gamitana (*colossoma macropomum*) de la Amazonía Peruana. Evaluar el perfil hematológico y bioquímico de la Gamitana. Los resultados hematológicos muestran confiabilidad moderada con coeficiente de variación entre 10% y 20%, y obtenidos de los analitos creatin quinasa, fósforo y glucosa fueron de baja confiabilidad con un coeficiente de variación superior a 30%.

Riaño (2012), llevó a cabo un estudio sobre el impacto de la limitación alimentaria y la retroalimentación en las variables hematológicas, bioquímicas y de composición muscular de la “cachama blanca” *Piaractus brachypomus* durante la última etapa de engorde. El objetivo consistió en cuantificar la respuesta en la etapa final del sistema de producción comercial de *P. brachypomus* mediante diversos protocolos de limitación de alimentos y retroalimentación basándose en variables de sangre, glucógeno hepático y composición muscular blanca.

Campos y Matos (2018), realizaron un estudio basado en la morfológica de las células sanguíneas de *Piaractus brachypomus*. El propósito de la investigación fue valorar la forma de las células encontradas en el conteo cualitativo de la especie *Piaractus brachypomus*. Se examinaron células de 43 peces con un peso medio de 1,34 kg y una longitud total de 39,23 cm, abarcando un total de 43.000 células examinadas. Así, fue posible verificar la presencia de eritrocitos, trombocitos y seis tipos de leucocitos: basófilos, eosinófilos, neutrófilos, heterófilos y monocitos. Además, se observó la presencia de neutrófilos tóxicos, además de una pequeña cantidad de cambios morfológicos en el núcleo de las células, como micronúcleos e invaginaciones. En general, las células sanguíneas de *P. brachypomus* mostraron similitudes morfológicas en comparación con la morfología de las células óseas de peces.

Reátegui (2016) llevó a cabo una investigación sobre el "Impacto de la densidad de siembra en los parámetros hematológicos y productivos de los juveniles de *Piaractus brachypomus* (Paco) cultivados en jaulas flotantes en la laguna de Yarinacocha". Se utilizaron 540 peces, que presentaban un peso inicial medio T1  $0.032\pm 0.009$  kg, T2  $0.033\pm 0.010$  kg, T3  $0.032\pm 0.009$  kg y una longitud inicial promedio T1  $9\pm 0.866$  cm, T2  $10.57\pm 1.589$  cm, T3  $10.47\pm 1.1501$  cm. No hubo variaciones relevantes ( $p < 0.05$ ) en los siguientes indicadores de rendimiento productivo: crecimiento absoluto (CA), tasa de crecimiento absoluto (TCA), crecimiento relativo (CR), tasa de crecimiento relativo (TCR), factor de conversión alimenticia (FCA) y sobrevivencia. Se observó una variación notable ( $p > 0.05$ ) en el desempeño, destacando el T3-60 peces/m<sup>3</sup> con un valor de 8.33 kg/m<sup>3</sup>. No evidenció variaciones relevantes ( $p < 0.05$ ) en los siguientes indicadores hematológicos: hemoglobina (HB), hematocritos (HTO) y eritrocitos (ERI). Se determinó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en el parámetro hematológico leucocitos (LEU) en el valor final en el T1 con un mayor número de leucocitos (Leu  $1.376 \text{ cel} \cdot 10^3/\text{mm}^3$ ).

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Generalidades

El *Piaractus brachypomus*, conocido con el nombre común pacu en Perú, posee diversas denominaciones que difieren según el país. Por ejemplo, en Brasil se le denomina pirapitanga y caranha, en Venezuela como cachama u morocoto y en Colombia como cachama blanca. Se encuentra distribuido por toda la cuenca amazónica y Orinoco en Sudamérica Cajo et al., (2022).

Es un pez tropical, que puede vivir a temperatura del agua que varían entre 28-31°C, tiene características altamente flexibles a cualquier variación sin alterar su crecimiento y desarrollo. Una de sus características más destacadas es la rusticidad, su adaptabilidad a cualquier cambio sin perjudicar su crecimiento y desarrollo. Además, tolera bajos niveles de oxígeno durante periodos breves de tiempo Chaverra et al., (2017). Debido a la diversidad de su alimentación en su entorno natural, en cultivo acepta una variedad de alimento procesado, incluso el alimento balanceado. Bajo condiciones de cultivo, puede llegar a 0.8 kg o más en 10 meses de crianza.

Por su reproducción eficaz en condiciones de cautividad y su adaptación sencilla al consumo de alimentos concentrados, se le reconoce como la especie autóctona con mayor potencial productivo y comercial para la piscicultura en aguas cálidas continentales de América Latina (Peñuela, 2007).

### **2.2.2. Características Morfológicas**

Según González (2001) menciona que la especie *P. brachypomus* tiende a presentar coloración grisácea a azul brillante en el dorso y en los flancos, el abdomen es blanquecino con leves manchas anaranjadas. Cuando se encuentran en etapa de juveniles suelen tener un color mas claro con tonalidad rojo intensa en la parte inferior del abdomen, en la aleta caudal y anal, asimismo se caracteriza por tener una baja capacidad de filtración por el numero de branquiespinas. Logra alcanzar un peso máximo de 20 kg y una longitud de 85 cm. Posee una boca terminal con dientes mandibulares, que sirven para triturar las diferentes frutas y semillas que son su alimento en el medio natural, por lo cual su intestino esta adecuado fisiológicamente para tal fin.

### **2.2.3. Comportamiento Alimenticio**

De acuerdo con Castañeda (2012), esta especie omnívora predomina la alimentación herbívora en su etapa adulta. Durante las primeras etapas larvales, las especies se nutren de especies planctónicas, mientras que la alimentación de los juveniles y adultos se fundamenta en frutas como la baya o la drupa. No obstante, en las épocas secas, cuando los peces dejan los bosques inundables y regresan a los ríos y lagos, se incrementa la ingesta de insectos acuáticos, larvas, invertebrados bentónicos, crustáceos planctónicos y otras fuentes de procedencia animales. Por esta razón, se le considera un pez oportunista que modifica sus patrones de alimentación, dependiendo de la presencia de estos en el entorno.

### **2.2.4. Densidad de siembra en Estanques**

Cuando la densidad de siembra de los peces en un estanque es mayor a su capacidad, crecen muy lentamente. Al haber demasiados peces, éstos entran en estado de estrés por competencia de oxígeno y dejan de alimentarse. Se sugiere sembrar un individuo por cada m<sup>2</sup> en cuestión de las especies de *P. brachypomus*, *C. macropomun* y *P. nigricans*, por ejemplo: para las especies anteriormente mencionadas, en un estanque de tierra de mil m<sup>2</sup> se debe sembrar mil alevinos para su cultivo definitivo (IBC, 2008).

### **2.2.5. Parámetros Hematológicos**

Las variables hematológicas son indicadores efectivas y valiosas para establecer la condición nutricional y de salud de las especies acuáticas cultivadas. Estos parámetros posibilitan definir estados de salud normales, identificar alteraciones fisiológicas y proporcionar datos para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades originadas por elementos nutricionales, ambientales y de salud. La hemoglobina, los hematocritos, la glucosa, los leucocitos, entre otros, son variables hematológicas.

En términos prácticos, la ictiohematología analiza la sangre de los peces desde una perspectiva morfológica, fisiológica y bioquímica, además de los órganos hematopoyéticos, las enfermedades asociadas a estos y cualquier fenómeno o patología que tenga relación con las células y/o sus órganos de producción (Chu et al., 2009). Los parámetros hematológicos y la química sanguínea suelen ser instrumentos útiles para detectar con rapidez cualquier cambio fisiológico que pueda impactar la salud de los peces; especialmente hoy en día, con el cultivo intensivo, que incrementa la propensión a infecciones, enfermedades nutricionales y diferentes reacciones al entorno (Sadnes et al., 1988).

#### **2.2.5.1 Eritrocitos**

Los eritrocitos son las células de mayor presencia en la sangre de los peces. Su fundamental papel es de conducir el oxígeno ( $O_2$ ) a las branquias y tejidos, con la intervención de la hemoglobina y cantidades menores de  $CO_2$ , esa interacción de componentes forma la oxihemoglobina (Tavares, 2009).

Desde el punto de vista morfológico, los eritrocitos de los peces poseen un núcleo y son elípticos, comparable a otras especies. Los trombocitos cambian su forma en función del nivel de maduración o reactividad, son elípticos, aunque algunos pueden ser alargados y fusiformes, mientras que, en el caso de los neutrófilos, estos muestran núcleos excéntricos alargados, segmentados y alargados (Campo y Matos 2018).

#### **2.2.5.2 Hematocrito**

Jaramillo et al., (2005) mencionan que los hematocritos se expresan en valores que especifican el porcentaje de células transportadoras de oxígeno que concierne al volumen total de sangre. El hematocrito se interpreta en porcentaje (%), conforme con la técnica metodología de micro-hematocrito en tubos capilares (Tavares et al., 1999).

Sáenz et al., (2007), señalan en su estudio que los peces de la cuenca amazónica (aguas con escasez de oxígeno), como la anguila, poseen un hematocrito superior (28.5%), en contraposición a peces de aguas con alta turbulencia (mayor intercambio de agua, lo que resulta en un aumento del oxígeno simultáneamente), como la "trucha" *O. mykiss* (hematocrito de 26.4%). Esta singularidad de los peces amazónicos se debe a la necesidad de utilizar de manera más eficaz el nivel reducido de oxígeno disuelto, lo que se ve compensado por la habilidad para obtener dicho nivel de oxígeno disuelto.

En entornos con escasez y disponibilidad de oxígeno. Tavares et al., (1999) indican que se lleva a cabo la lectura utilizando una tabla de microescala para el hematocrito. Fonseca et al., (2010) realizaron una evaluación de alevinos de *A. gigas* en un cultivo semi-intensivo, encontrando valores de hematocrito (%) de  $33.8 \pm 2.8$ . De igual forma, Tavares et al., (2007), examinaron juveniles de *P. brachypomus*, hallando valores estimados de hematocrito del 34.4%. Centeno et al., (2007) examinaron los rasgos hematológicos de alevines de *C. macropomum*, hallando valores de hematocrito del 29.87%.

### 2.2.5.3 Hemoglobina

La medición de la cantidad de hemoglobina por unidad de volumen, expresada como g/L. Se conoce que la hemoglobina es una proteína compatibilizada, únicamente se les ubica dentro de los eritrocitos. Está constituida por cuatro grupos heme (porfirinas), unidos a una sola cadena polipeptídica.

Los grupos hemes tienen la capacidad de enlazar reversiblemente el oxígeno o dióxido de carbono. La hemoglobina es una hemoproteína conjugada que se une a los eritrocitos, con una coloración roja, responsable de llevar el oxígeno de las branquias a diversos tejidos del organismo, eliminar el dióxido de carbono y contribuir a la regulación del pH (Paredes, 2023).

La hemoglobina tiene una tendencia de aumento en el transcurso del primer año de existencia, a causa que el metabolismo del pez es ascendente en su desarrollo. Por lo tanto, puede esperarse la variación de los niveles en los parámetros sanguíneos a consecuencia del crecimiento de los tejidos hematopoyéticos, los que continúan conforme se convierten en juveniles.

La Hemoglobinometría señala la habilidad de la sangre para transportar oxígeno, así como la capacidad de un organismo para determinar las necesidades de oxígeno metabólico. Los indicadores resultantes son: la hemoglobina corpuscular media (HCM), que señala la dinámica del corazón y el estado osmótico, el

volumen corpuscular medio (VCM), que señala la función respiratoria, y la concentración corpuscular media de la hemoglobina (CCMH), que señala el porcentaje de hemoglobina en un eritrocito promedio (Alvis, 2006).

## **2.2.6. Parámetros Bioquímicos**

### **2.2.6.1. Glucosa**

García et al., (2007), mencionan que los valores de la glucosa pueden exponer cambios intraespecíficos, como repercusión en la talla, peso, edad, temperatura, estado nutricional, estado reproductivo y estrés. Asimismo, Tavares et al., (2007), mencionan que los cambios de los rangos de glucosa en plasma están disuadidos por los componentes ambientales, hábitos alimentarios y la forma de vida de los peces, principalmente los que están vinculados con su locomotriz. Los niveles más inferiores de glucosa se encuentran en peces con comportamiento lentos (Tavares et al., 2007).

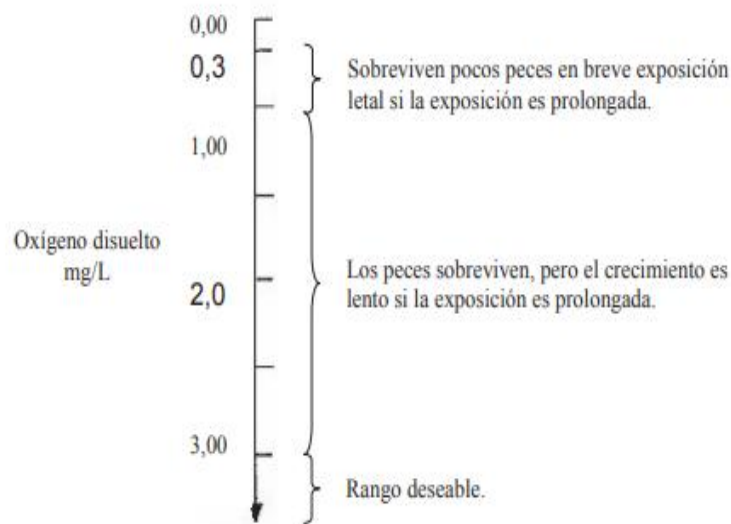
### **2.2.6.2. Cortisol**

La liberación de cortisol se provoca en respuesta a diversas fuentes de estrés, lo que provoca que la corticotropina se desplace a través de la circulación periférica hasta el tejido interrenal. Este efecto primario provoca respuestas secundarias que, como primer resultado, se expresan en la disminución de los niveles de proteína muscular (catabolismo) y de glicógeno hepático (gluconeogénesis), manteniendo la hiperglicemia para poder distribuir energía; incrementan los niveles sanguíneos de glucosa y lactatos, además de incrementar la frecuencia cardíaca y el flujo sanguíneo a las células y cambios en los niveles plasmáticos (Robertson et al., 1999).

## **2.2.7. Requerimiento de Oxígeno disuelto para peces tropicales**

Para los peces de aguas tropicales, se considera que la concentración de oxígeno disuelto debe situarse en un rango no menor 5 ppm, es indeseable (secretaría Pro tempore, 2000)

La cantidad de oxígeno disuelto requeridos por los peces de aguas continentales cambia y se precisa de acuerdo a la especie, alimento, dinastía, tamaño, temperatura y concentración de O<sub>2</sub> (Guzmán, 2001).



**Figura 1.** Efecto de la concentración de Oxígeno disuelto sobre un cultivo de peces tropicales

### 2.2.8. Aireación en la Acuicultura

La aireación del agua es uno de los procesos más trascendentales en el desarrollo de actividades intensivas de la acuicultura, ya que la difusión natural de oxígeno con la superficie del agua y la producción de oxígeno por parte de plantas que se encuentra en el agua, en el proceso de fotosíntesis, no es suficiente para contrarrestar el consumo intenso de oxígeno en el agua (Kumar et al., 2013).

#### 2.2.7. Tipos de sistemas de Aireación

Boyd y Watten (1989) sustentan que los tipos de sistemas de aireación en la acuicultura son similares a los que se aplican en la aireación de las aguas residuales; de igual modo, mencionan que todos los tipos elementales de aireadores mecánicos se han empleado en acuicultura, tanto como los difusores de aire, bombas sumergibles y el aireador con paletas son los más comunes en la actividad.

**A. Difusores de Aire.** Este modelo de aireador se emplea cuando se tiene una presión baja. Utilizándose múltiples difusores, incorporando los de cerámica, cerámica porosa, papel poroso y las piedras del aire carbonado. Este aparato tiene una eficacia excesivamente alta para la inyección del oxígeno en el agua transmitida por forma de burbujas. (Boyd, 1995).

**B. Bombas Sumergibles.** El uso de bombas sumergibles cerca del fondo del estanque, dependiendo del tamaño del aparato, proporciona alguna forma de circulación y combinación del agua, al mismo modo que los difusores de aire que funcionan mejor en escenarios en que las que se requieren en pequeñas proporciones de oxígeno (Boyd, 1995)

**C. Aireadores de Paletas.** los aireadores de paletas son los aparatos con mayor extensión en uso de la aireación y se han demostrado ser efectivas y convenientes para la manipulación de cultivos superintensivos. Como resultado, el aireador de paletas es altamente efectivo, los estanques maduran rápidamente con una fuerte circulación del agua e inyectando aire, lo que hace que el frotamiento de aire con agua cree grandes áreas superficiales con una interfaz de agua de aire que permite un intercambio de gases eficiente (oxígeno adentro y gas dañoso hacia fuera) (Boyd, 1995)

**D. Splash.** Mantiene la circulación del agua entre la capa inferior y la capa superior, agua mixta en estanques, lagunas, lagos, jaulas, depósitos y aguas residuales, estabilizando las poblaciones de algas y el aumento del apetito y el crecimiento de los peces (Sino-Aqua Corporation, 2006).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ubicación

La investigación se realizó en la región Ucayali, provincia de coronel Portillo y Distrito de Nueva Requena, en las instalaciones de la Empresa Acuícola Pukara, que se halla ubicada en el km. 24 de la Carretera Federico Basadre, interior 14 km Margen derecha, con coordenadas UTM –WGS 84 Zona 18 sur, este 0521649, Norte 9078317, latitud Sur a una altura de 159 m.s.n.m.

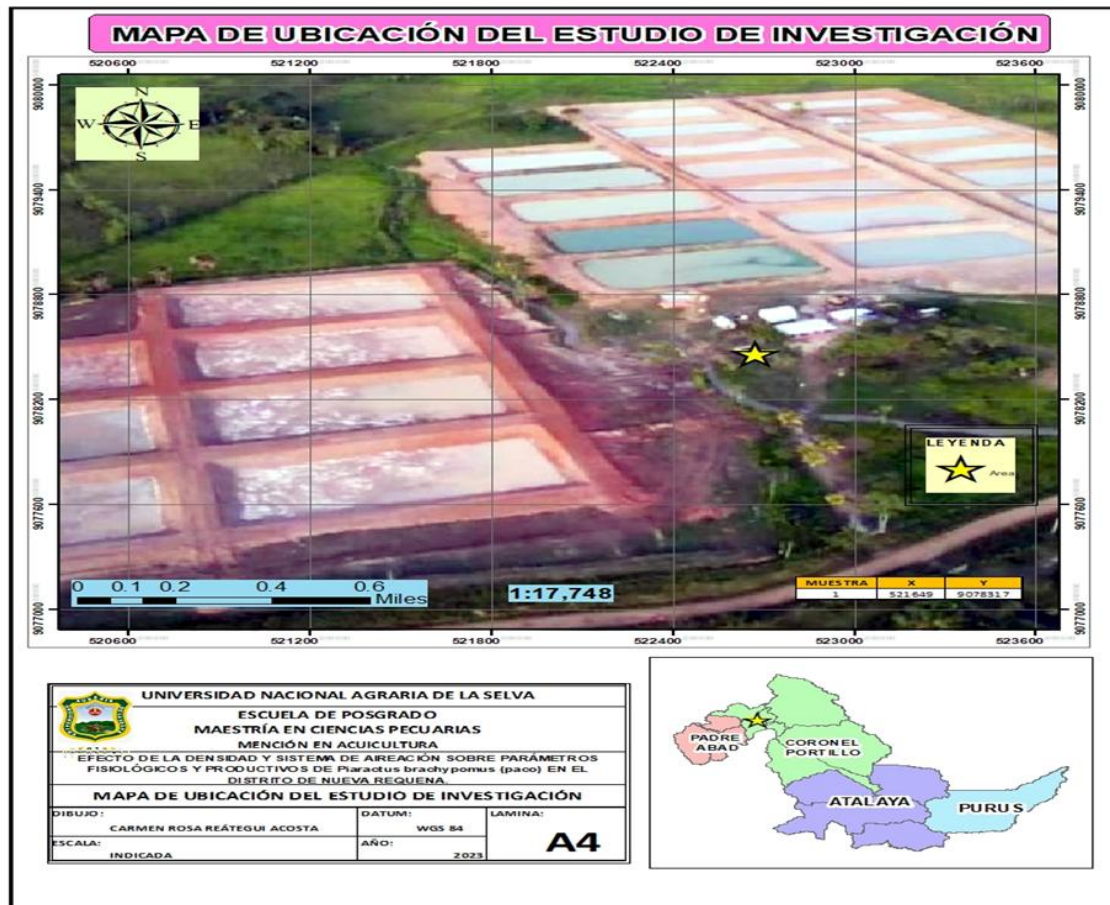


Figura 2. Mapa de Ubicación del Estudio Investigación

El Distrito de Nueva Requena se distingue por su clima de bosques tropicales, transicional o casi siempre verde, lo que significa calor constante y lluvias intensas. El clima en la zona se asemeja a un comportamiento dinámico, la planicie amazónica, las variables climáticas de temperatura, lluvia, humedad relativa, evaporación, evapotranspiración y velocidad del viento, son evaluadas de manera constante (Municipalidad de Nueva Requena).

El promedio mensual de temperatura es de 28 ° C, con un mínimo de 14 ° C (en la estación de frío, que se presenta de abril a septiembre de manera ocasional); y un máximo de

34 ° C. La repartición mensual de las precipitaciones señala que existen dos ciclos lluviosos:

- Primer ciclo lluvioso : Enero, Febrero y Marzo.  
 Ciclo seco : Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto  
 Ciclo Semi Seco : Setiembre y Octubre  
 Segundo Ciclo Lluvioso : Noviembre y Diciembre.

### 3.1.1. Periodo de estudio

La investigación se desarrolló en un periodo de 120 días, en periodo seco (Agosto a Octubre ), se tomaron los datos desde el día de la distribución de los peces a los estanques del área de engorde.

## 3.2. Materiales y Métodos

### 3.2.1. Materiales y equipos

#### a). Materiales

- Ficha de registro
- 1 ictiómetro 60 cm
- 1 balanza gramera
- Jeringas Hipotérmicas 5ml
- Jeringas Hipotérmicas 3ml
- Tubos de ensayo descartables de 2 ml
- 1 caja térmica
- bolsas de hielo en gel

#### b). Equipos

- 3 Aireador de paleta de 2 HP
- 3 Aireador de rueda de paleta 2 HP
- Oxímetro Marca HANNA 547
- PHmetro Marca HANNA
- Kit de análisis de agua LAMOTTE

#### c). insumos

- Alimento Balanceado (crecimiento de 4 mm de diámetro).

#### d). Material Biológico

Se contó con una población de 30,000 peces de la especie *P. brachypomus* paco en fase de engorde, de las cuales se distribuyó 5000 peces en cada uno de los 6 estaques del área de cultivos intensivos.

### **3.2.2. Metodología del Proceso Productivo**

#### **3.2.2.1. Acondicionamiento de los estanques**

Se utilizaron 6 estanques de 1800 m<sup>2</sup>, donde se realizó la fertilización del agua 5 días antes de la distribución de los peces a la fase de engorde.

Durante el tiempo de crianza de los peces, no se realizaron recambios de agua por la poca disponibilidad de ella en la zona de la empresa.

#### **3.2.2.2. Adquisición de alevinos de *P. brachypomus***

Se adquirieron treinta millares de alevinos de *P. brachypomus* de 3 cm de talla y 1.5 g. peso, de las instalaciones de la empresa Inversiones Quiñones.

#### **3.2.2.3. Fase de pre-cría**

Esta etapa tuvo lugar en un estanque de 1800 m<sup>2</sup> de espejo de agua en las instalaciones del centro acuícola Pukara, por un periodo de 45 días, logrando un peso promedio de 44.63 g. y una longitud promedia de 13.45 cm.

Los alevinos recibieron una alimentación con una dieta comercial, del tipo inicio con 28% de proteína y de 2 mm de diámetro, la ración diaria de alimento se dividió en dos dosis, la primera a las 6 de la mañana y la segunda por la tarde a las 5 de la tarde.

#### **3.2.2.4. Siembra de *P. brachypomus***

Los 30,000 juveniles de *P. brachypomus* fueron trasladados por medio de baldes, a 6 estanques de 1800 m<sup>2</sup> cada uno, en cada estanque se pusieron 5000 peces correspondientemente. Los peces tuvieron un peso promedio 44.63 g. y longitud promedio de 13.45 cm

Se trabajó con una densidad de siembra de 3 peces por m<sup>2</sup>, se considera a partir de la densidad establecida para el cultivo convencional de la especie de 1 pez/ m<sup>2</sup>.

#### **3.2.2.5. Instalación de los aireadores**

Se instaló 6 aireadores de las cuales 3 fueron aireadores de tipo paleta de 2 hp y los otros 3 de tipo turbina de 2 hp, fueron colocados en la parte céntrica de los estanques de tierras.

### 3.2.3. Alimentación

#### 3.2.3.1. Tipo de alimento y horario de alimentación

Se empleó alimento balanceado de la marca “AQUAPRO” de tipo crecimiento con 25% de proteína, de 4 mm de diámetro como indica la Tabla 1, la frecuencia de la alimentación fue diaria en el horario de 6:00 a.m. y 5:00 p.m.

**Tabla 1.** Características Nutricionales de alimento balanceado “ACUAPRO”

Nutrientes	PACO 28 (INICIO)	PACO 25 (CRECIMIENTO)	PACO 22 (ENGORDE)
Proteína (MIN.)	28	25	22
Grasa (MIN.)	5	5	3
Fibra (MAX.)	8	8	8
Ceniza (MAX.)	12	10	10
Humedad (MAX.)	10	12	12

Fuente: Ficha Técnica Acuapro

#### 3.2.3.2. Tasa de Alimentación del *P. brachypomus*

La aplicación de la tasa de alimentación (%), para los juveniles de *P. brachypomus* se estableció según peso promedio obtenidos por las evaluaciones biométricos mensuales (Ver Tabla 2). Durante el primer mes se empleó una tasa del 5% de la biomasa y se finalizó con el 3% de la biomasa.

**Tabla 2.** Tasa de alimentación para paco y gamitana

Fase	Peso promedio (g)	Tasa de alimentación (%)
<b>Inicio</b>	0.5-5	15
	5 - 50	10
<b>Crecimiento</b>	50-100	5
	100-200	3
<b>Engorde</b>	200-500	1.8-2
	500-1000	1-1.5

**Fuente:** Ficha técnica Aquapro

Para calcular la ración, se determinó la biomasa, que resulta del peso promedio obtenido mediante muestreos mensuales, multiplicada por la población. La ración se calculó de la biomasa multiplicada por la tasa de alimentación correspondiente. La ración se modificó cada 30 días según nuevo peso promedio.

Se aplicaron las siguientes fórmulas para calcular la ración:

- **Biomasa**

$$B = N^{\circ}P \times P_p$$

Donde:

B= Biomasa

N°P= Número de peces

P<sub>p</sub>= Peso promedio

- **Ración (R)**

$$R = \frac{TA \times B(Kg)}{100}$$

Donde:

R= Ración

TA = Tasa alimentaria

B<sub>(kg)</sub>= Biomasa en kg

### 3.2.3.3. Índices Productivos de juveniles de *P. brachypomus*

Las evaluaciones biométricas de *P. brachypomus* se realizaron mensualmente (cada 30 días), registrando el peso y la longitud total de una muestra de 360 entre los dos tratamientos. La actividad de captura de los peces del estanque se utilizó una red de arrastre (malla anchovetera) de medidas de 60 m x 4 m.

Para recolectar las muestras, utilizó un carcal cuadrado con una bolsa de paño de 20 x 20 cm de dimensión, un ictiómetro graduado de 60 cm para determinar la longitud, y para determinar el peso de los jóvenes, se utilizó una balanza digital de 25 kg de capacidad y 0.1 g de sensibilidad. La información recabada se documentó en la ficha de control de crecimiento.

Se determinaron los siguientes índices Zootécnicos y productivos:

#### a. Crecimiento en Peso y Longitud

Las variables de crecimiento de peso y talla, se determinaron cada 30 días, aplicando los siguientes indicadores de crecimiento.

- **Ganancia de Peso**

Es la diferencia de pesos promedios obtenidos en las evaluaciones biométricas y se expresan en gramos. Se aplica la siguiente formula:

$$GP = Ppf - Ppi$$

Donde:

GP = Ganancia de Peso

Ppf= peso promedio final

Ppi= peso promedio inicial

- **Ganancia de Peso Diario**

También se le conoce como la velocidad de aumento de peso. Establece el peso (g) que incrementa la especie por cada unidad de tiempo (día). Para determinar el incremento de peso diario (g/día), se utiliza la fórmula siguiente:

$$GPD = \frac{GP}{t \text{ (dias)}}$$

Donde:

GPD = Ganancia de Peso Diario

GP = Ganancia de Peso

t= tiempo que duro el estudio (días)

- **Tasa de Crecimiento específico (TCE)**

Es el porcentaje de crecimiento del pez diariamente; y se aplica la siguiente formula:

$$TCE = \frac{(\ln(pf) - \ln(pi))}{t \text{ (dias)}} \times 100$$

Donde:

TCE = Tasa de Crecimiento Especifico

ln = Logaritmo natural

pf = peso inicial

pi = peso final

t= tiempo que duro el estudio (días)

### **b. Factor de Conversión alimenticia (FCA)**

Se calcula como la relación entre el alimento consumido (AC) y la ganancia de peso de (GP), expresada por kilogramos por peso consumido por kilogramo por peso encontrado:

$$FCA = \frac{AC}{GP}$$

Donde:

FCA = Factor de Conversión alimenticia

AC = Alimento consumido

GP = Ganancia de peso

### **c. Factor de condición (K)**

El factor de condición, empleado para evaluar la salud de un pez, se estableció a partir de los datos de peso y longitud adquiridos, multiplicándolo por 100 para optimizar su visualización, a través de la fórmula siguiente:

$$K = \frac{PT}{L^3} \times 100$$

Donde:

K = Factor de condición

PT = peso total (g)

L = Longitud total (cm)

### **d. Mortalidad**

La mortalidad es la disminución de la abundancia en un grupo de individuos (cohorte) con el paso del tiempo.

$$M = \frac{(Nt - N0)}{N0} \times 100$$

Donde:

M= Mortalidad

N0= Número total de peces sembrados

Nt= Numero de peces en un periodo de tiempo

### **3.2.4. Metodología para determinar los parámetros fisiológicos de *P. brachypomus***

#### **3.2.4.1. Captura y muestreo de peces**

Los peces fueron capturados de los estanques de tierra al azar, en el primer muestreo (inicio del estudio) se utilizaron 6 peces de 44 gr. En el segundo muestreo (final del estudio) se utilizaron 9 peces por tratamiento, es decir se utilizaron 18 peces de 250 a 300 gr. En todo el estudio se muestrearon un total de 24 peces.

Los peces fueron trasladados al laboratorio del centro Acuícola Pucara, donde fueron colocados en una bandeja de plástico en 20 l de agua (se utilizarán 6 bandejas, con la finalidad de separar por tratamientos y repeticiones), donde se agregaron 2 gotas de lidocaína al 2 % por cada litro de agua, con la finalidad de inmovilizar a los peces y reducir el stress de la especie.

Las tomas de muestras de sangre de los peces se realizaron a tempranas horas del día, antes del consumo de alimento, para reducir el stress, el total de individuos que se emplearon para obtener las muestras para los parámetros fisiológicos, fueron 24 peces entre los dos tratamientos durante todo el proceso de la investigación.

Las muestras de sangre recolectadas fueron rotuladas y almacenadas en una caja de conservación térmica (caja de Tecnopor), con el objetivo de conservar las muestras a una temperatura de 4 a 8 °C. Luego, se las enviaron de inmediato al Laboratorio Natura Analítica (ciudad de Pucallpa) y al Laboratorio de Sanidad Animal de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – UNAS, con el fin de evitar la pérdida de las muestras de sangre debido al deterioro

#### **3.2.4.2. Perfiles fisiológicos sanguíneos**

Para recolectar la sangre, se utilizó el método de punción del péndulo caudal mediante la introducción de una aguja de una jeringa (3 ml) previamente heparinizada (anticoagulante), en un ángulo de 45° respecto a la línea del cuerpo hasta alcanzar la columna vertebral, que se encuentra paralela a la arteria caudal. Se recolectaron de 1-2 ml de sangre, los cuales fueron colocados de inmediato en tubos de prueba de 2 ml con tapa, previamente esterilizados, con EDTA (ácido etilendiaminotetracético), como anticoagulante.

##### **a. Análisis hematológicos**

Las muestras con EDTA se analizaron no más de 5 horas después de su extracción, tiempo en el cual, estuvieron debidamente conservadas en un refrigerador a

4°C, donde se analizaron los valores hematológicos como: Hematocritos (%), concentración de hemoglobina (g/dL), recuento de glóbulos rojos ( $\times 10^6/\text{mm}^3$ ) entre otras variables.

- **Hematocrito (%)**

La determinación del porcentaje de hematocrito se realizó a través del método del microhematocrito, que se fundamenta en llenar la sangre con anticoagulante alrededor de tres cuartos de los tubos capilares lisos (1,0 mm x 75 mm), inclinándolo para simplificar su administración. Después se procedió a usar una centrifuga digital regulable para microhematocrito, modelo DTN-450, de la marca "Hettich EBA20. Se centrifugó a 10000 revoluciones por minuto durante 5 minutos. Finalmente se llevó a cabo la lectura utilizando una tabla de microescala graduada de 0 a 100 (Muñoz, 2000).

- **Hemoglobina (g/dL)**

Los niveles de hemoglobina fueron evaluados mediante el método de cianometahemoglobina, en el que se incorporó el reactivo Drabkin. Lo primero que hizo fue poner cero en la escala de densidad óptica mediante el uso de un blanco de solución. Después, se empleó 20 ul de sangre total con anticoagulante, obtenida mediante la micropipeta y 5 ml de Drabkin, combinados en un tubo de ensayo. Luego se dejó reposar durante 10 minutos, para posteriormente registrar la lectura en el espectrofotómetro UV marca "DiaLab" modelo DTN-450, con una longitud de onda de 546nm y un factor 36,3 (Muñoz, 2000).

- **Glóbulos Rojos ( $10^6/\text{mm}^3$ )**

Para los glóbulos rojos, se utilizó una pipeta Thomas, aspirando la sangre hasta llegar a la línea 0,5 y diluyéndola a la marca 101 con el dilutor Gower (diluyente de glóbulos rojos), lo que derivó en una dilución de 1:200. Luego, se sacaron cuatro gotas de la pipeta para llenar el recipiente de Neubauer. Se autorizó la sedimentación de los glóbulos rojos durante un minuto. Los glóbulos rojos fueron analizados con un objetivo de 40x, después se multiplicó por 10 000 para determinar la cantidad total de glóbulos rojos por  $\text{mm}^3$  de sangre. (Muñoz, 2000).

- **Volumen corpuscular medio (fL)**

Se determino con la siguiente fórmula:

$$MCV = \frac{\text{Hematocrito (\%)}}{\text{Globulos rojos } (10^6/\text{mm}^3)} \times 10$$

- **Hemoglobina corpuscular media (pg)**

Se determinó con la siguiente fórmula:

$$MCH = \frac{\text{Hemoglobina (g/dL)}}{\text{Globulos rojos (10}^6\text{/mm}^3)} \times 10$$

- **Concentración de hemoglobina corpuscular media (g/dL)**

Se determinó con la siguiente fórmula:

$$MCHC = \frac{\text{Hemoglobina (g/dL)}}{\text{Hematocritos (\%)}} \times 100$$

- **Glóbulos Blancos (10<sup>3</sup>/mm<sup>3</sup>)**

Para los glóbulos blancos, se utilizó una pipeta Thomas, aspirando la sangre hasta llegar a la marca 0,5 y diluyéndola hasta llegar a la marca 11 con el dilutor de glóbulos blancos (solución Turk), lo que derivó en una dilución de 1:20. Luego, entre 3 y 4 gotas fueron extraídas de la pipeta para llenar la cámara de Neubauer. Se autorizó la sedimentación de los glóbulos blancos durante dos minutos. Se realizaron pruebas de los glóbulos blancos con un objetivo de 10x, el resultado se multiplicó por 50, logrando así la cantidad total de glóbulos blancos por mm<sup>3</sup> de sangre (Muñoz, 2000).

**b. Análisis bioquímicos**

La extracción del suero de las muestras sanguíneas sin anticoagulante se llevó a cabo a través de una centrifugación a 3500 rpm durante 10 minutos, con el objetivo de estudiar las variables bioquímicas de manera posterior.

- **Concentración de glucosa (mg/dL)**

Se aplicó la metodología de la Glucosa oxidasa utilizando reactivos del Laboratorio Valtek, para ser analizados en un espectrofotómetro de marca DiaLab modelo DTN-450.

- **Cortisol a.m. (ug/dL)**

Las muestras de cortisol a.m. se recolectaron en las primeras horas del día (5 a.m. hasta 8 a.m.), se utilizó 1 ml de sangre por cada muestra. Las muestras fueron enviadas al laboratorio UNILABS-PERU situado en Lima. El estudio de los niveles de cortisol en el suero sanguíneo de *Piaractus brachypomus* (paco) se llevó a cabo utilizando un Analizador Automático de Inmunoensayos TOSOH - AIA 360, cuyo inmunoensayo se

fundamenta en la Quimioluminiscencia. El procedimiento fue ágil, gracias a la tecnología avanzada del equipo. Se colocaron los recipientes con 0.5 ml de suero (muestras) en el carrusel del analizador, luego se presionó el botón START, se aguardó cerca de 20 minutos y se consiguieron los resultados en  $\mu\text{g/dL}$ .

### 3.3. Operación de variables

**Tabla 3.** Operación de variables de la investigación

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL		
	Conceptual	Indicador	Método / Instrumento
Dependiente	Para determinar los parámetros productivos y fisiológicos, se realizó una comparación entre los resultados de los parámetros	Fisiológico: niveles de hematocrito y hemoglobina, glucosa y Cortisol  Productivo: consumo de alimento diario, ganancia de peso diario, conversión alimenticia e incremento de talla acumulado, TCE, Factor de condición y mortalidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Métodos de extracción de muestras de sangre</li> <li>Evaluaciones biométricas</li> </ul>
	Independiente	Sistema de aireación, se realizó una evaluación	Densidad de siembra Horas de funcionamiento del aireador <ul style="list-style-type: none"> <li>Peces</li> <li>Numero de aireadores</li> </ul>

**Fuente:** Elaboración Propia.

### 3.4. Población y muestra

- Población**

La población fue constituida por 30,000 juveniles de *P. brachypumus* provenientes de las instalaciones de la empresa de inversiones Quiñonez.

- **Muestra**

Las muestras que se utilizaron para las evaluaciones biométricas, durante el estudio fue de 360 peces, del total de la población, R. Robles (Comunicación personal, 15 de setiembre del 2021).

Las muestras que se utilizaron para determinar los parámetros fisiológicos (hematológico y bioquímico) durante el proceso de la investigación fue de 24 peces, del total de la población, R. Robles (Comunicación personal, 15 de setiembre del 2021)

### 3.5. Tratamientos

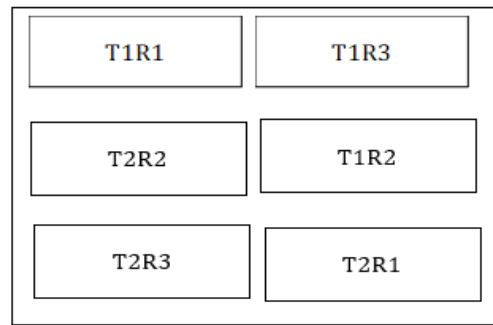
Se utilizaron 30,000 peces de la especie de *P. brachypomus*; para los tratamientos T1 y T2 respectivamente. Estos peces fueron distribuidos en dos tratamientos; T1 = crianza con aireador de paleta y T2 = crianza con aireador de Turbina, con 3 repeticiones distribuidas en 6 estanques de tierras.

**Tabla 4.** Tratamientos

<b>Tratamiento 1</b>	<b>Tratamiento 2</b>
T1R1= AP	T2R1=AT
T1R2=AP	T2R2=AT
T1R3=AP	T2R3=AT

### 3.6. Diseño Experimental

Para los parámetros fisiológicos (hematológicas y bioquímicas), se evaluaron con el diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2 x 2 (2 tratamientos con diferentes tipos de aireadores) x 2 edades (75 y 195 días). Los análisis de variancia se realizaron con el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2008) y los promedios fueron comparados por la prueba de Student Newman Keuls (5%), cuyo modelo aditivo lineal es:



**Figura 3.** Diseño Completamente al azar

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + E_j + (A \times E)_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = i-ésimo concentración de la j-ésima edad  
 $\mu$  = Media general o media de población  
 $C_i$  = Efecto de la i-ésima sistema de Aireación  
 $E_j$  = Efecto de la j-ésima edad (75 y 195 días)  
 $(C \times E)_{ij}$  = Efecto de la interacción del i-ésima aireación y de la j-ésima edad.  
 $e_{ijk}$  = Error experimental

### 3.7. Recolección de los datos:

- **Fuentes de información**

En la investigación se utilizaron fuentes secundarias de información, tales como libros, folletos, publicaciones diarias, informes, tesis, ponencias y recursos digitales disponibles en internet.

- **Técnicas para la recolección de los datos**

Durante el estudio, se utilizó la metodológica directa, la cual implicó en la medición de peso y longitud de juveniles de *P. brachypomus* utilizando un ictiómetro graduado en centímetros y una balanza digital. Como herramienta, se utilizaron fichas de registro de las evaluaciones efectuadas.

### 3.8. Procesamiento de los datos

Los datos que se recogieron, fueron analizados en el Programa de Excel y presentados en formas de tablas y figuras; La parte estadística fue a través del programa InfoStat, para las pruebas T para muestra independientes y ANNOVA.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Parámetros hematológicos de *P. brachypomus* sobre el efecto del sistema de aireación

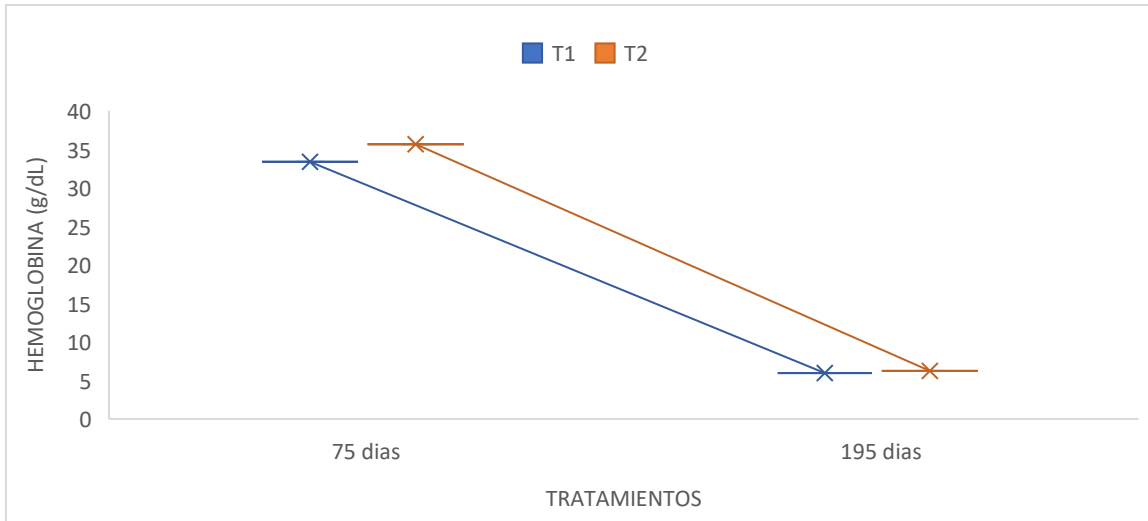
La tabla 5. nos muestra la prueba de comparación de medias para los parámetros hematológicos sanguíneos en *P. brachypomus* nos muestra que al respecto a las edades dentro de la crianza de *P. brachypomus*, se evidencian diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en las variables Hemoglobina (Hb), Hemoglobina Corpuscular Media (MCH) y Concentración Hemoglobina Corpuscular Media (MCHC). Cabe mencionar que en la interacción de los factores (aireadores x Edades) mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en la variable eritrocito.

La figura 4. muestra la comparación de medias para los niveles de Hemoglobina (HB) con la interacción del sistema de aireación con respecto a las edades de muestreo en la crianza de *P. brachypomus*. Donde no se reporta diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en ambos tratamientos, sin mostrar repercusiones en el desarrollo fisiológico y productivo del cultivo intensivo de los peces.

**Tabla 5.** Perfiles hematológicos de *Piaractus brachypomus* bajo el efecto del sistema de Aireación

Factores	HB (g/dL)	HTO (%)	ERI (10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup> )	LEU (10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup> )	MCV (fL)	MCH (pg)	MCHC (g/dL)	
Aireador (A)	0.608	0.3849	0.5794	0.8585	0.7910	0.2983	0.5823	
Edad (E)	< 0.0001	0.265	0.4445	0.2781	0.9235	< 0.0001	< 0.0001	
Aireador x Edad	0.6993	0.1926	0.0394	0.676	0.3115	0.1597	0.3907	
Aireadores								
A. Turbina	19.61 a	29.56 a	1.55 a	2.27 a	203.23 a	137.49 a	66.82 a	
A. Paleta	20.95 a	31.39 a	1.64 a	2.37 a	197.24 a	118.96 a	63.30 a	
Edad (días)								
75 días	43.50 a	29.28 a	1.65 a	2.63 a	199.16 a	214.53 a	109.46 a	
195 días	6.06 b	31.67 a	1.54 a	2.01 a	201.32 a	41.53 b	20.66 b	
Aireador x Edad								
Aireador	Edad							
A. Turbina	75 días	33.33 a	29.33 a	1.43 a	2.70 a	213.95 a	236.71 a	114.00 a
A. Paleta	75 días	35.67 a	34.00 a	1.88 a	2.57 a	184.36 a	192.35 a	104.96 a
A. Turbina	195 días	5.89 b	29.78 a	1.67 a	1.85 a	192.51 a	38.26 b	19.63 b
A. Paleta	195 días	6.22 b	28.78 a	1.40 a	2.18 a	210.13 a	45.56 b	21.68 b

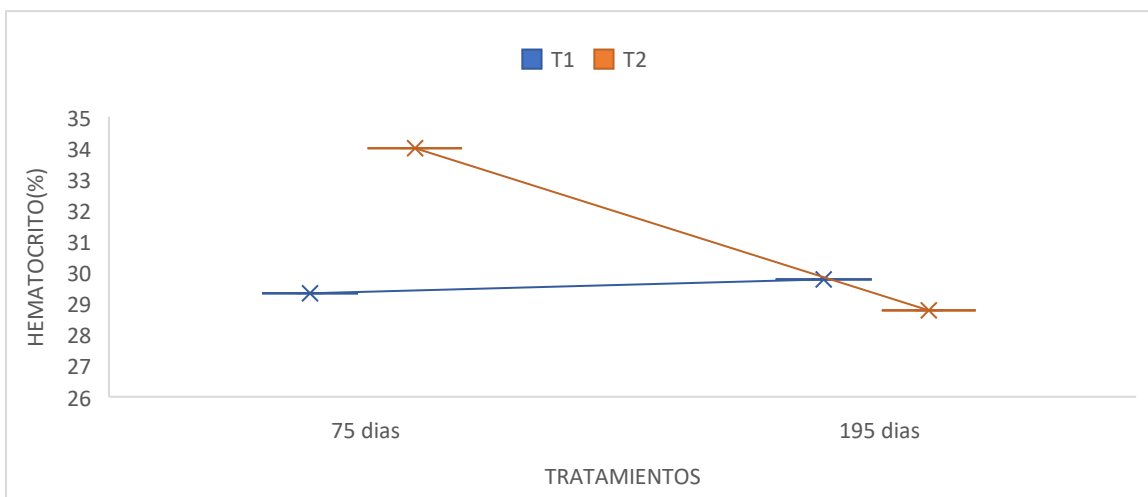
Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), CV: AX E: Interacción de factores (Aireador x Edad) HB: Hemoglobina, HTO: Hematocrito, ERI: Eritrocito, LEU: Leucocito, MCV: Volumen corpuscular medio, MCH: Hemoglobina corpuscular media, MCHC: Concentración de hemoglobina corpuscular media.



**Figura 4.** Representación de media muestral de Hemoglobina de *P. brachypomus*

Los valores de hemoglobina de muestreo final, reportados en el presente estudio fueron similares a Garay (2010) con 6.7 g/dL alevinos y con 8 g/dL juveniles de paco. Por otro lado, Paredes (2023) reporta datos diferentes de 16, 8 g/dL y 17.9 g/dL en juveniles de paco. Soberón et al., (2011) mencionan que la hemoglobina es uno de los parámetros indicador de anemia, asimismo García et al., 2007 anuncia que las variaciones hematológicas en peces teleósteos dependen del espacio que lo rodea, por lo que los valores hematológicos son correlacionales a las actividades que realizan los peces y al tipo de alimentación.

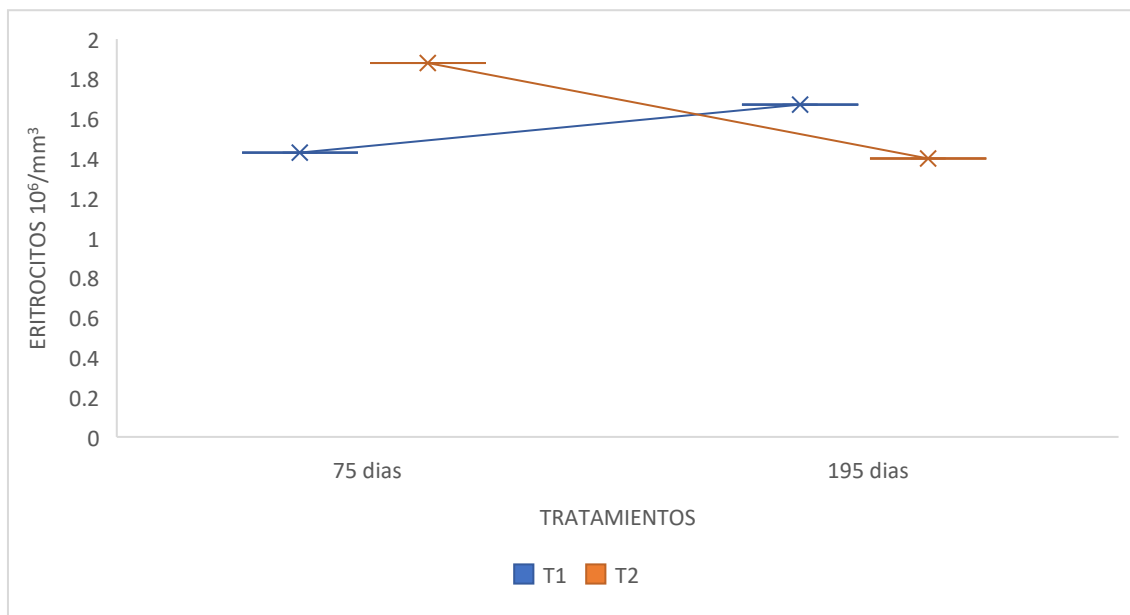
La figura 5. muestra la comparación de medias para los niveles de Hematocrito (HTO) con la interacción del sistema de aireación con respecto a las edades de muestreo en la crianza de *P. brachypomus*, donde no se reporta diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) en ambos tratamientos.



**Figura 5.** Representación de media muestral de Hematocrito de *P. brachypomus*

Los niveles de hematocrito son afines con las actividades y el hábitat de los peces; los peces de aguas continentales tienen los valores más altos de hematocrito que los peces marinos, así como tienen mayor recuento de glóbulos rojos y un tamaño más pequeño (Alaye, 2013). En la investigación se determinó valores mínimos 28.78 % y el valor máximo 34%. similar a lo reportado por Oliva (2019) de 31.0 y 33.0 % en juveniles de paiche, Paredes et al., (2013) de 27.1 % en juveniles de paiche en selva alta y Paredes (2023) fue 29.7% en juveniles de paco.

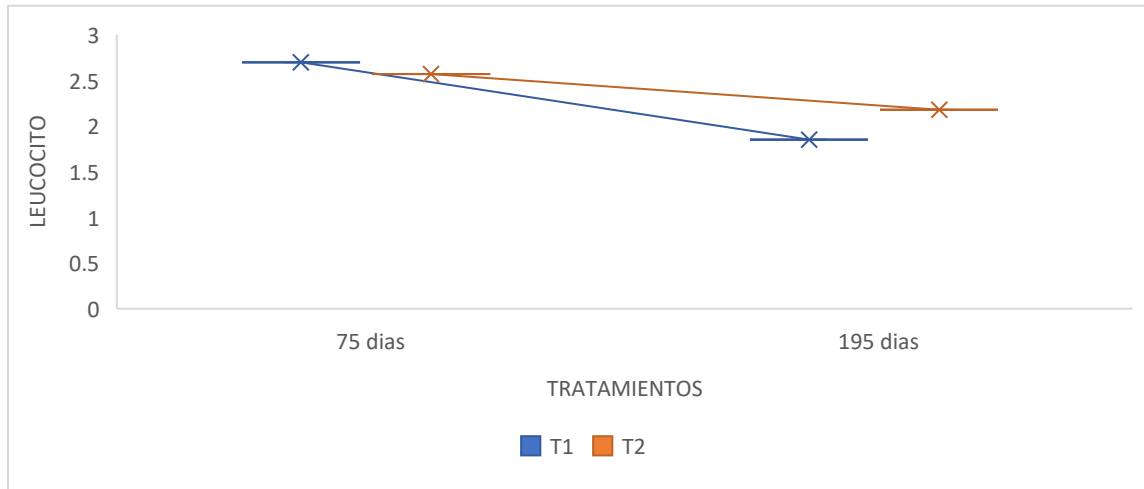
La figura 6, muestra la comparación de medias para los niveles de Eritrocitos (ERI) con la interacción del sistema de aireación con respecto a las edades de muestreo en la crianza de *P. brachypomus*, donde no se reporta diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre tratamientos.



**Figura 6.** Representación de media muestral de Eritrocitos de *P. brachypomus*

Jaramillo y Valdebenito (2005), señalan que la cantidad de eritrocitos fluctúa dependiendo de la especie y su concentración, las cuales pueden verse influenciadas por el estrés y la temperatura. Además, indican que los teleósteos presentan una concentración media de  $1.0$  a  $3.0 \times 10^6$  cel/ $\text{mm}^3$ . Los valores de eritrocitos encontrados en el presente estudio están dentro del rango que manifiestan los autores, datos similares a Garay (2010) fue  $1.65 \times 10^6/\text{mm}^3$  en juveniles de *P. brachypomus*. Por otro lado, Reategui (2016) muestra datos mayores de  $2.65 \times 10^6/\text{mm}^3$  y  $3.05 \times 10^6/\text{mm}^3$  en juveniles de paco criados en jaulas flotantes.

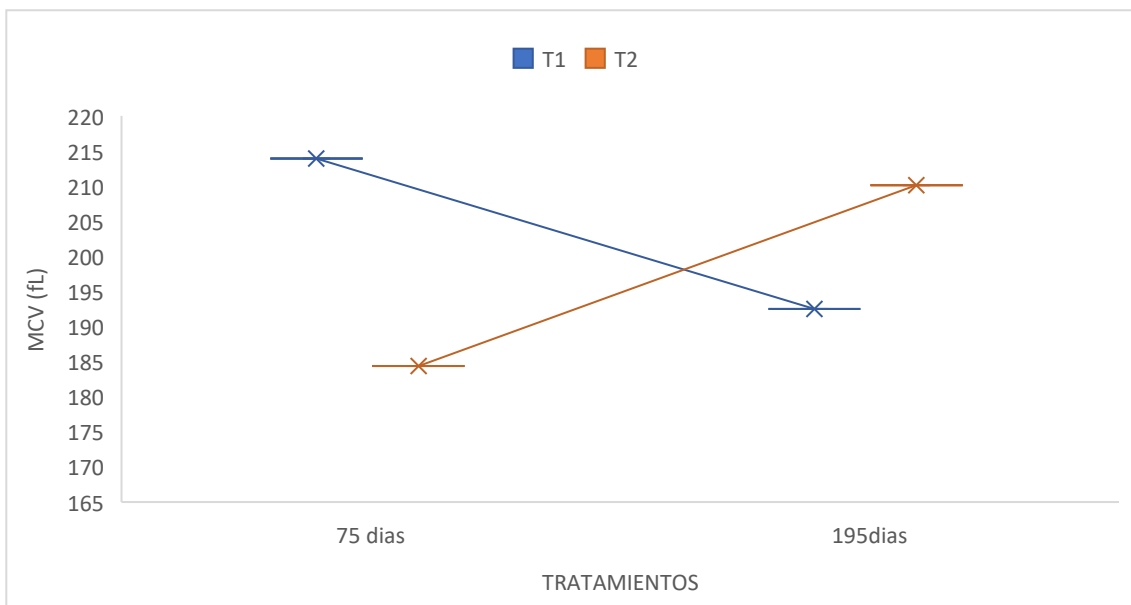
La figura 7, muestra la comparación de medias para los niveles de Leucocitos (LEU) con la interacción del sistema de aireación con respecto a las edades de muestreo en la crianza de *P. brachypomus*, donde no se reporta diferencia significativa ( $P>0.05$ ) entre tratamientos.



**Figura 7.** Representación de media muestral de Leucocitos de *P. brachypomus*

Soberón et al., (2011) menciona que los niveles de leucocitos son indicadores de defensa inmunológico, reportando en este estudio datos mínimos  $1.85 \cdot 10^3/\text{mm}^3$  y máximo de  $2.70 \cdot 10^3/\text{mm}^3$  cifras similares reporto Garay (2010) fue  $1.95 \cdot 10^3/\text{mm}^3$  en juveniles de paco, estos reportes no influyeron en el crecimiento y estado fisiológico de los peces.

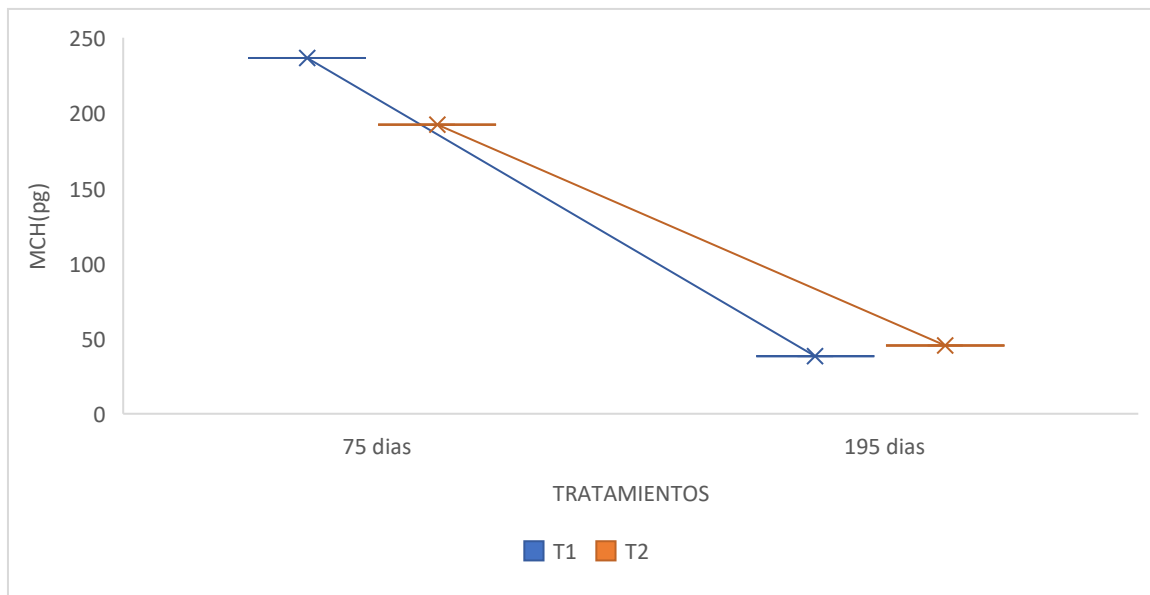
Como indica la figura 8, los niveles de MCV (fL) de *P. brachypomus* no reportan diferencia significativa ( $P>0.05$ ) en los tratamientos de las edades de muestreo.



**Figura 8.** Representación de media muestral de MCV de *P. brachypomus*

Los Valores de Volumen corpuscular medio (MCV) del estudio de investigación son similares a Garay (2010) 197.32 fL y Paredes (2023) 176.2, 204.34 y 195.2 fL. Por otro lado, los datos reportado Minaya (2018) son mayores 316.17 fL en juveniles de Gamitana.

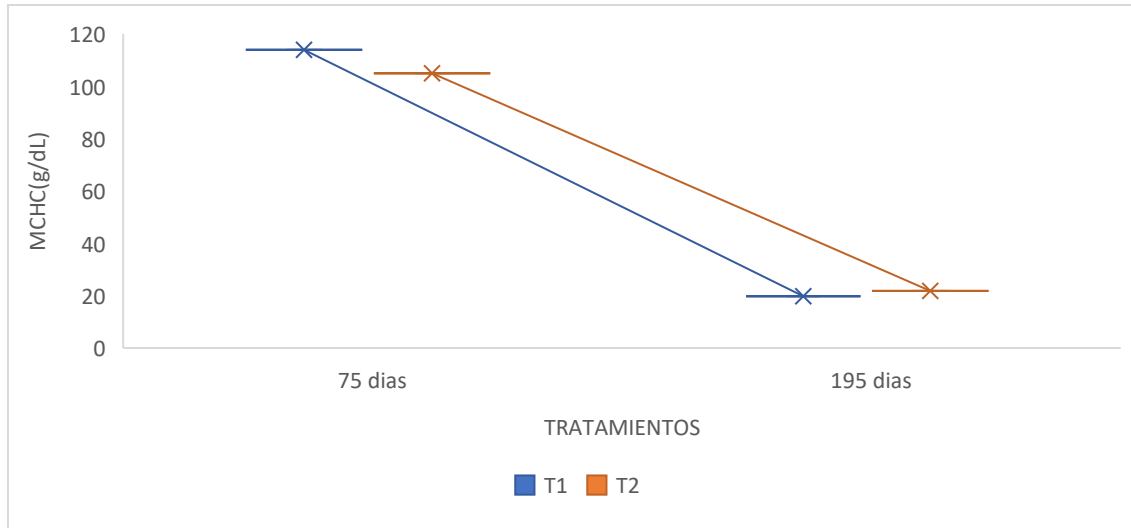
Como indica la figura 9. Los niveles de MCH (g/dL) de *P. brachypomus* reportan diferencia significativa ( $P<0.05$ ) en los tratamientos en los dos tiempos de muestreo, pero no se reportó dificultad en el comportamiento fisiológico de la especie.



**Figura 9.** Representación de media muestral de MCH de *P. brachypomus*

Los niveles de Hemoglobina corpuscular media (MCH) del estudio de investigación se reportan valores mínimos de 38.36 pg y valores máximos de 236.71 pg, otros autores son similares como Garay (2010) 48.82 pg y Minaya (2018) 112.95 pg en juveniles de Gamitana.

Como indica la figura 10. Los niveles de MCHC (g/dL) de *P. brachypomus* reportan diferencia significativa ( $P<0.05$ ) en los tratamientos en las dos edades de muestreo, pero no se reportó dificultad en el comportamiento fisiológico de la especie.



**Figura 10.** Representación de media muestral MCHC de *P. brachypomus*

Los Niveles de Concentración de Hemoglobina corpuscular media (MCHC) del estudio de investigación basados en datos finales, son similares a Garay (2010) 24.83 g/dL y Minaya (2018) 36.18 g/dL en juveniles de Gamitana.

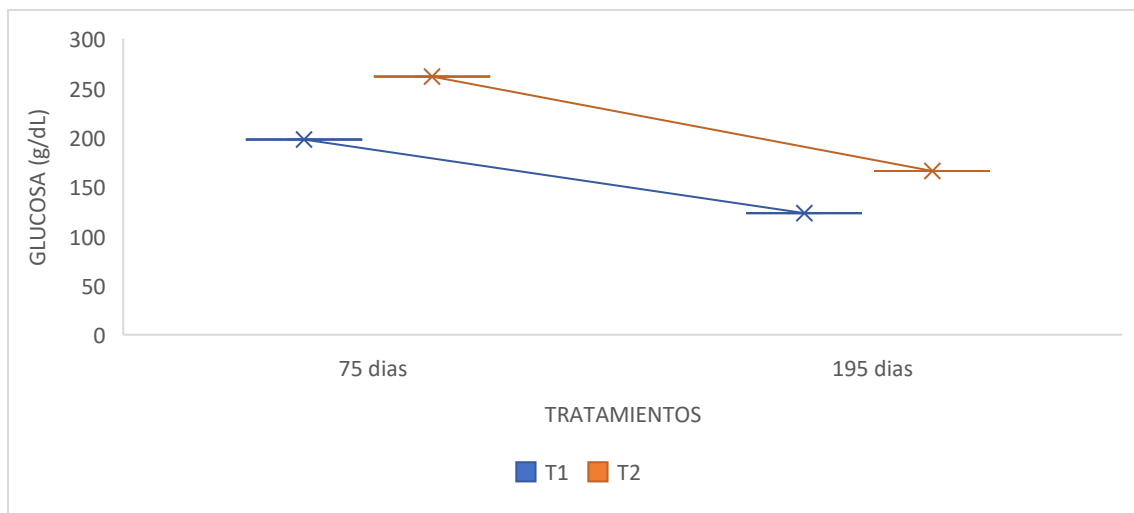
#### **4.2. Parámetros bioquímicos de *Piaractus brachypomus* sobre el efecto del sistema de aireación**

En la tabla 6. Nos indica que la prueba de comparación de medias para los parámetros bioquímicos sanguíneos de *P. brachypomus* con respecto a la interacción de los factores (Aireador x Edad) se hace evidenciar la diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en el parámetro bioquímico de cortisol entre los tratamientos y las edades de muestreos.

**Tabla 6.** Perfiles bioquímicos de *P. brachypomus* sobre el efecto del sistema de Aireación

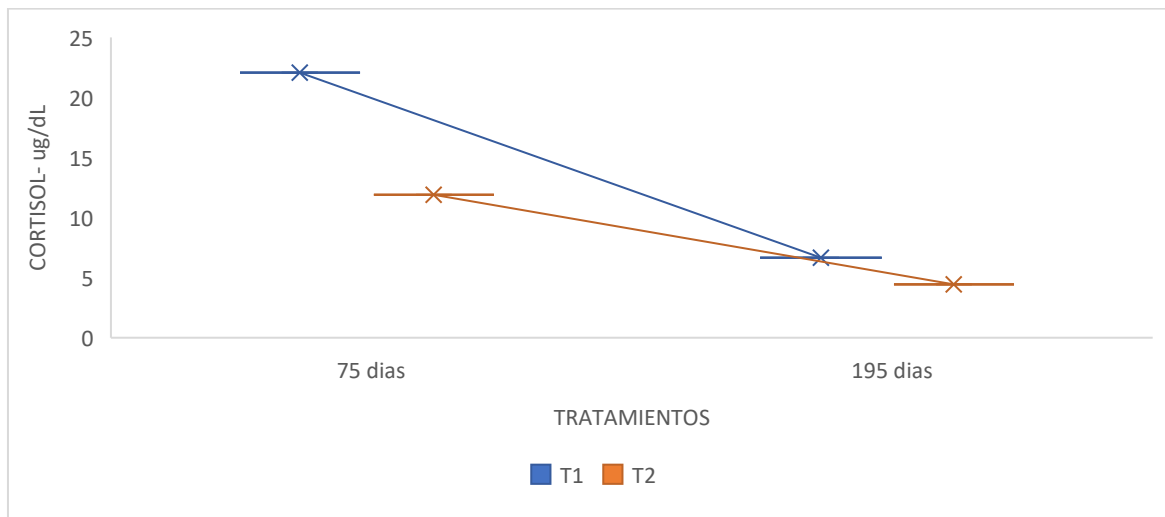
Factores		GLU	CORTI -AM
Aireador (A)		0.1612	0.0971
Edad (E)		0.0390	0.0086
Aireador x Edad		0.7640	0.2608
Aireadores			
A. Turbina		160.50 a	14.37 a
A. Paleta		213.78 a	8.16 a
Edad (días)			
65 días		229.67 a	16.99 a
185 días		144.61 b	5.55 b
Aireador x Edad			
Aireador	Edad		
A. Turbina	75 días	197.67 a	22.09 a
A. Paleta	75 días	261.67 a	11.88 ab
A. Turbina	195 días	123.33 a	6.65 b
A. Paleta	195 días	165.89 a	4.44 b

Como indica la figura 11, Los niveles de Glucosa de *P. brachypomus* fue homogéneo en los dos tratamientos, sin observarse efecto alguno en las dos edades de muestreo; asimismo no reportan diferencia significativa, según la prueba de T para muestras independientes ( $P > 0.05$ ) (Tabla 6)

**Figura 11.** Representación de media muestral de glucosa de *P. brachypomus*

La glucosa tiene la función de suministrar energía, un aumento en los niveles de glucosa podría ser un indicador significativo en la generación de hormonas como cortisol y adrenalina asociadas al estrés por cautividad (Gustavenson et al., 1991). El estrés puede incrementar las concentraciones de glucosa y disminuir las reservas de glucógeno, donde la glucosa se rompe y se libera en la sangre (s (Rotlant et al., 2000). Otros autores como Márquez (2022) muestra un valor menor que muestra investigación 74.78 mg/ dl. y Gómez et al., (2022) 40.75 mg/ dl, 67.80 mg/ dl y 68.50 mg/ dl, estos resultados han sido reportados sin presentar diferencias en el rendimiento productivo final de los peces cultivados.

Como indica la figura 12. Los niveles de cortisol de *P. brachypomus* reportan diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) en los tratamientos en las dos edades de muestreo, pero no se reportó ninguna anomalía en la parte productiva de la especie (Tabla 6).



**Figura 12.** Representación de media muestral de Cortisol de *P. brachypomus*

El cortisol, es el corticosteroide predominante en los teleósteos y sus niveles se incrementan significativamente en circunstancias de estrés. Además, es responsable de la reducción de la inmunidad detectada en peces estresados. Un pez con estrés puede posponer su desarrollo (Rodríguez 2017). Rodríguez y Ladines (2018) reportan niveles altos de cortisol que nuestro estudio de 20.56 y 20.76 ug/dl. en cultivo de paco sometidos a restricción alimenticio.

### 4.3. Parámetros Productivos del cultivo intensivo de *Piaractus brachypomus* sobre el efecto del sistema de aireación

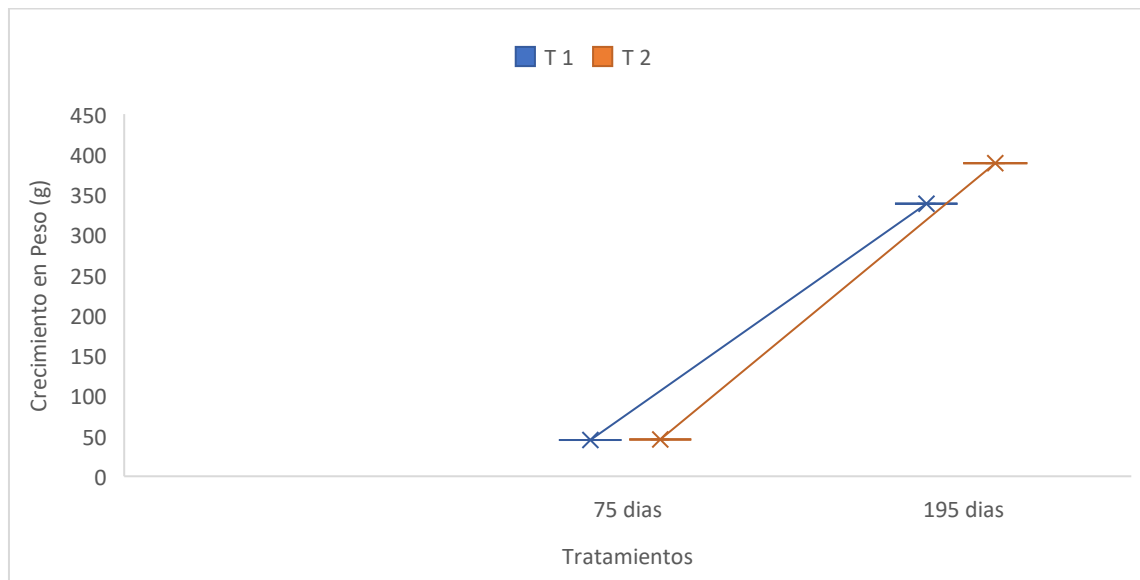
#### 4.3.1. Parámetros Biométricos

##### 4.3.1.1. Crecimiento en peso (g) de *P. brachypomus*

Como indica la tabla 7. El crecimiento en peso de *P. brachypomus* fue homogéneo en los dos tratamientos, sin observarse efecto alguno en el peso final (195 días) y ganancia diaria de peso; asimismo, la TCE no reportan diferencia significativa, según la prueba de T para muestras independientes ( $P > 0.05$ )

**Tabla 7.** Comparación de medias muestrales para el crecimiento en peso de *P. brachypomus* por tratamiento

Tratamientos	Peso (g) 75 días	Peso (g) 195 días	GDP (g)	TCEP (%/día)
A. Turbina	44.63	339.00	2.45	1.69
A. Paleta	45.50	389.33	2.86	1.79
P-Valor	0.3066	0.1573	0.1712	0.252



**Figura 13.** Representación de media muestral en crecimiento en peso (P 75 días y P 195 días) de *P. brachypomus*

El crecimiento de *P. brachypomus* en peso observado en el presente estudio fue

superior al obtenido por Reátegui (2016) quien cultivo juveniles de paco con pesos iniciales promedio de 32 g en jaulas flotantes (20, 40 y 60 peces/m<sup>3</sup>) durante 96 días y reporta pesos finales 149, 166 y 162 g correspondientemente. Por otro lado, Poleo et al., (2011) reportaron datos similares a muestra investigación, quienes cultivaron juveniles de Paco con peso inicial 47,92 g y 40.65 g en tanques de concreto con recirculación de agua (31.25 peces/m<sup>3</sup>) durante 190 días y reporta pesos finales 449.5 y 446.5 g.

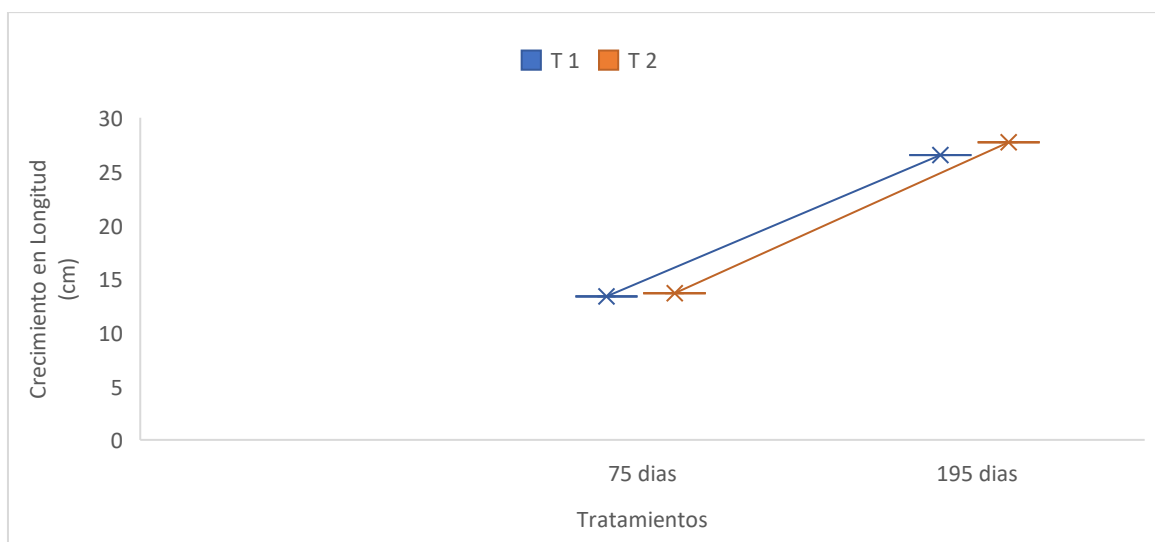
La ganancia de peso Diario (GPD) y TCRP obtenidos en la investigación son mejores que los reportados Bru et al., (2016) y Duran et al., (2020).

#### 4.3.1.2. Crecimiento en longitud (cm) de cultivo de *P. Brachypomus*

Como indica la tabla 8. El crecimiento en longitud de *P. brachypomus* fue similar en los dos tratamientos, sin mostrarse efecto alguno en longitud a los 195 días y ganancia diaria de Longitud; asimismo, la TCE no reportan diferencia significativa, según la prueba de T para muestras independientes ( $P>0.05$ ).

**Tabla 8.** comparación de medias muestrales para el crecimiento en peso de *P. brachypomus* por tratamiento

Tratamientos	Longitud (cm) 75 días	Longitud (cm) 195 días	GDL (cm)	TCEL (%/día)
A. Turbina	13.35	26.51	0.11	0.57
A. Paleta	13.68	27.74	0.11	0.59
P-Valor	0.4841	0.1628	0.6667	0.5844



**Figura 14.** Representación de media muestral en crecimiento de Longitud (L75 días y L 195 días) de *P. brachypomus*

El crecimiento en Longitud de juveniles de *P. brachypomus* es similar para los dos tratamientos, donde no presentaron diferencia significativa ( $p>0.05$ ) entre los mismos. El Tratamiento 2 registro mayor longitud 27.74 cm como se puede ver en la Tabla 08 y figura 13, y el incremento en longitud fue de 14.06 cm. Otros autores tuvieron un incremento de longitud diferente a nuestro ensayo Gómez et al., (2022) 4.4 cm, 4.11 cm y 4.55 cm cultivados en 60 días, Paredes (2023) 3.7 cm cultivo realizado en 45 días y Mercado et al., (2009) 12.88 cm cultivo realizado en 100 días.

La TCEL obtenidos en la investigación son mejores que los reportado por Reategui (2016) 5.32%/día, 5.46%/día y 5.23%/día, por otro lado, Gámez (2018) expone datos similares a nuestro ensayo en rangos 0.49 a 0.53 %/día. En respecto a la ganancia de diaria de longitud Capuñay (2019) reporta datos inferiores a nuestro ensayo 0.05 y 0.06 cm/diario, estudio realizado en alevinos de paco.

#### 4.3.2. Consumo Diario de Alimento- CDA (g)

Como indica la tabla 9. El consumo diario de alimento de *P. brachypomus* fue similar en los dos tratamientos, por lo tanto, no existe diferencia significativa, según la prueba de T para muestras independientes ( $p>0.05$ ).

**Tabla 9.** Comparación de medias muestrales para el consumo diario de alimento de *P. brachypomus* por tratamiento

Tratamientos	Consumo Diario de Alimento (g)
A. Turbina	3.46
A. Paleta	3.75
P-Valor	0.1769

En los 2 tratamientos de muestra investigación, en lo que respecta al en consumo diario de alimento de juveniles de *P. brachypomus*, no se reporta diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). En la Tabla 9 se observa, mayor consumo de alimento en el Tratamiento 2 de 3.75 g. Capuñay (2019) nos indica que el tratamiento control de cultivo de alevinos de paco, consumió 0.08 g de consumo diario de alimento, en un estudio de 60 días.

#### 4.3.3. Factor de Conversión Alimenticia

La tabla 10. Muestra los valores del factor de conversión alimenticia (FCA), del cultivo de *P. brachypomus* reportando que el aireador 2 tiene la menor cifra en FCA 1.32, pero, asimismo, no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos.

**Tabla 10.** Factor de Conversión Alimenticia de *P. brachypomus* bajo el efecto del sistema

Tratamientos	Factor de Conversión Alimenticia - FCA
A. Turbina	1.41
A. Paleta	1.32
P-Valor	0.1769

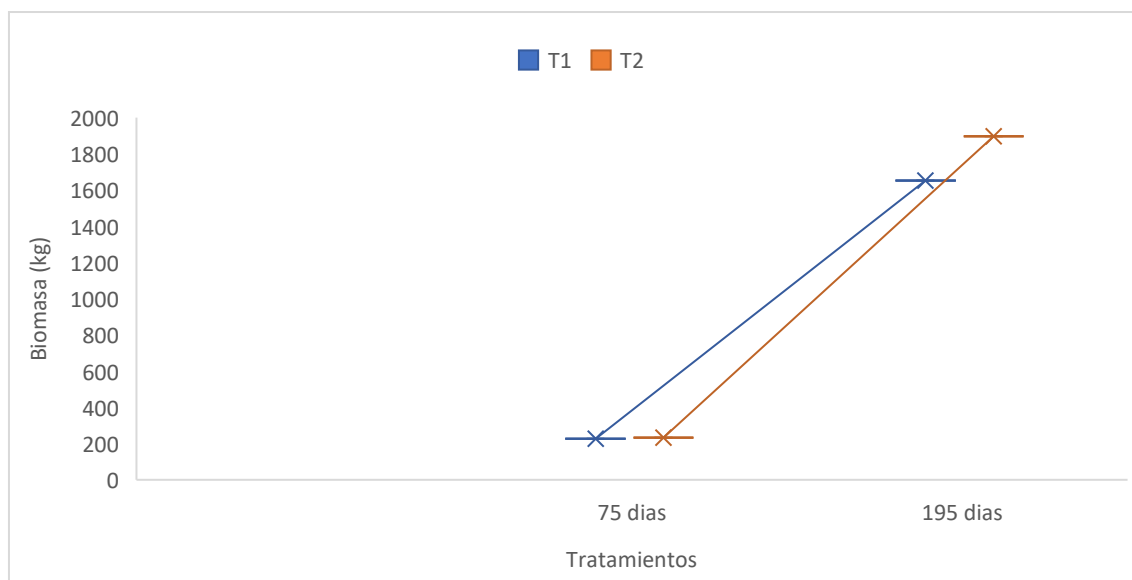
Los resultados del factor de conversión alimenticia (FCA) no revelaron variaciones significativas ( $p>0.05$ ) entre los distintos tratamientos. En el tratamiento T2, la media de FCA mostró una disminución de 1.32. Los resultados son cercanos a los obtenidos para juveniles de paco cultivados en tanques reportados por otros autores, como Vásquez et al., (2011) que determinaron un FCA de 1.2, 1.3 y 1.4; por otro lado, Poleo et al., (2011) reportaron un FCA de 1.5 a 1.6.

#### 4.3.4. Biomasa (Kg)

La tabla 11, muestra los valores de Biomasa (kg), del cultivo de *P. brachypomus* reportando que el aireador 2 tiene mayor BF 1896.89 Kg, pero, asimismo, no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los tratamientos.

**Tabla 11.** Biomasa de *P. brachypomus* bajo el efecto del sistema de aireación

Tratamientos	Biomasa Inicial (Kg)	Biomasa Final (kg)
A. Turbina	227.63	1654.29
A. Paleta	232.05	1896.89
P-Valor	0.3066	0.1632



**Figura 15.** Representación de media muestral de Biomasa (BI y BF) *P. brachypomus*

La biomasa final (kg) no presenta diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en los dos tratamientos del estudio. El tratamiento 2 es quien presenta mayor cifra en Biomasa 1896.89. Autores como Poleo et al., (2011) muestran cifras menores 187.97 kg y 176.02 kg, y Chaverra et al., (2017) 227.10 kg y 197.06 kg, estudio realizado en un sistema biofloc por 60 días.

#### 4.3.5. Factor de Condición (K)

La tabla 12. muestra la comparación de medias muestrales para el Factor de Condición (K) de *P. brachypomus* por tratamiento (Aireador 1= Turbina, Aireador 2 = Rueda de Paleta)

**Tabla 12.** Comparación de medias muestrales para el Factor de Condición de *P. brachypomus* por tratamiento

Tratamientos	Factor de Condición (K)
A. Turbina	1.82
A. Paleta	1.82
P-Valor	0.9182

Los valores del factor de Condición (K) que se muestran en la Tabla 12, son similares y no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Soberón et al., (2011) muestra datos similares a nuestro ensayo como 1.81, 1.74 y 1.65, estudios realizados con

juveniles de Gamitana. Por otro lado, Gámez (2018) muestra cifras diferentes en rango de 2.55 a 2.74, ambos casos los peces exhibieron buena condición corporal. Carrera & Valbuena (2015) señalan que el factor de condición refleja el nivel de bienestar de un organismo en comparación con el entorno en el que habita y está vinculado con la tasa de crecimiento y el nivel de confort de los peces.

#### 4.3.6. Mortalidad

La tabla 13. muestra la comparación de medias muestrales para la mortalidad de *P. brachypomus* por tratamiento (Aireador 1= Turbina, Aireador 2 = Rueda de Paleta)

**Tabla 13.** Comparación de medias muestrales para la mortalidad de *P. brachypomus* por tratamiento

Tratamientos	Mortalidad (%)
A. Turbina	2.40
A. Paleta	2.57
p-Valor	0.5371

Los valores de mortalidad (%) que se muestran en la Tabla 13, son similares y no presentaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los tratamientos. Chaverra et al., (2017) reportan datos menores 0,2 % y 1.3% de mortalidad en un sistema biofloc. Estos hallazgos evidencian que la especie de *P. brachypomus*, se ajusta a su entorno y soporta altas densidades de cultivo.

## V. CONCLUSIONES

- En el estudio se determinó que el sistema de aireación tiene efecto positivo en los parámetros fisiológicos y productivos del cultivo de *Piaractus brachypomus* “paco”.
- Los parámetros hematológicos de *Piaractus brachypomus* bajo un sistema de aireación, no presentaron alteraciones en el cultivo, pero si niveles diferenciados en los parámetros como Hemoglobina (HB), Hemoglobina Corpuscular medio (MCH) y Concentración Hemoglobina Corpuscular medio (MCHC).
- El parámetro Bioquímico sanguíneo de *Piaractus brachypomus* bajo un sistema de aireación como el cortisol presentó niveles diferenciados, pero no demostraron alteraciones en el comportamiento de la especie.
- Los parámetros productivos de *Piaractus brachypomus* bajo un sistema de aireación, no presentaron variaciones en el consumo de alimento diario, ganancia de peso diario, incremento de peso y longitud, Tasa de Crecimiento específico (TCE), Biomasa, Factor de conversión alimenticia, Factor de condición (K) y mortalidad de la especie.

## VI. RECOMENDACIONES

- Continuar con esta línea de investigación a diferentes condiciones climáticas y situación geográfica tomando como valores de referencia los obtenidos en el presente estudio.
- Evaluar el efecto de los sistemas de aireación en *P. brachypomus*, en mayores densidades de siembra de la especie.

## VII. REFERENCIAS

- Alaye, N; Morales, J. (2013). Parámetros hematológicos y células sanguíneas de organismos juveniles de pescado blanco (*Chirostoma estor estor*) cultivados en Pátzcuaro, Michoacán. México. *Hidrobiológica* 23 (3): 340- 347.
- Alvis, G. (2006). La Hematología como herramienta indicadora de la salud en los peces. Universidad de Nariño. *Revista Electrónica de Ingeniería en Producción Acuícola* Vol. 2 Núm. 2.
- Barba, C. (2015). Aireación de las Piscinas de cultivo de Tilapia Roja (*Oreochromis sp.*) y su influencia en la productividad. Facultad de Ingeniería química y Agroindustria, de la Escuela Politécnica Nacional Campus José Rubén Orellana (Tesis para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial)  
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10324/3/CD-6152.pdf>
- Boyd, C. and Watten, John. (1989). Aeration systems in aquaculture. *CRC Critical Reviews in Aquatic Sciences*, 1989. p.425.
- Boyd, C.(1995). Deep water installation of a diffused-air aeration system in a shallow pond. *Journal of Applied Aquaculture*. Vol. 5. No.1. 1995. p.23.
- Brú, S; Pertúz, V; Ayazo, J; Atencio, V; Pardo, S. (2017). Bicultivo en biofloc de cachama blanca *Piaractus brachypomus* y tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* alimentadas con dietas de origen vegetal. *Rev. Med. Vet. Zoot.* 64(1):44-60.  
10.15446/rfmvz.v64n1.65824
- Bueñaño, M. (2010). Hemograma de “trucha arco iris” *Oncorhynchus mykiss* en tres etapas de producción en la cuenca alta de la provincia de Napo, Ecuador. Facultad de Biología Marina. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 14 p.
- Cajo-Pinche MI, Diaz-Viteri JE, Vilchez-Navarro Y, Montalvan-Apolaya PS. (2022). Obtencion de colageno a partir de subproductos de Paco (*Piaractus brachypomus*). *Rev Biodivers Amaz* 2022;1(1):e148.
- Campos, A y Matos, F. (2018). Estudio morfologico de celulas sanguineas de *Piaractus brachypomus* (Cuvier ,1817). *Pubvet* 2018;1–6.
- Capuñay, L. (2019). “Inclusión de harina de levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en dietas de alevinos de paco (*Piaractus brachypomus*) criados bajo condiciones

- controladas en Pucallpa”. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Pecuarias- Con mención en Acuicultura. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Perú. 64 p.
- Carrera y Valbuena. (2015). Desempeño Productivo del Capaz (*Pimelodus Grosskopfii*, Steindachner, 1879) bajo diferentes densidades de siembra y de contenido de Proteína en la dieta. *Rev. Intropica*. ISSN 1794-161X. 20-27. Santa Marta, Colombia.
- Castañeda, D. (2012). Descripción de las vías olfativas (Roseta – Bulbo olfativo) y evaluación de los efectos histopatológicos causados por el Roundup activo sobre el sistema olfativo de alevinos de “cachama blanca” *Piaractus brachyomus*). Trabajo de grado para optar el título de Biólogo. Bogotá, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. 1-75 p. consultado el 18 de marzo de 2023. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co:8080/bitstream/10654/7386/1/CastanedaCortesDianaCarolina2012.pdf>
- Centeno, L. (2007). Características hematológicas de la “cachama” *Colossoma macropomum* en tres etapas de crecimiento cultivadas en el estado Delta Amacuro, Venezuela. *Zootecnia tropical*. 237 – 243 p. [En línea]: (<http://www.bioline.org.br/pdf>. 19 de febrero 2023).
- Chu, F. Bernuy, A. y Navas M. (2009). Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP). Efecto de cuatro dietas comerciales de inicio en la hematología de alevinos de “gamitana” *Colossoma macropomum* (resultados parciales). Memoria institucional 2009. Iquitos – Perú. 213 pág.
- Chaverra Garcés SC, García González JJ, Pardo Carrasco SC. (2017). Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachyomus*. *Rev. CES Med. Vet. Zoot*. Vol 12 (3): 170-180.
- Chen, C., Wooster, G. y Bowser, P. (2004). Comparative blood chemistry and histopathology of tilapia infected with *Vibrio vulnificus* or *Streptococcus iniae* or exposed to carbon tetrachloride, gentamicin of copper sulfate. *Aquaculture*. 239:421–443.
- Clavijo, N. E., & Morales, Á. D. (2019). Efecto del sistema de aireación sobre el rendimiento de tilapia roja en estanques de geomembranas en Garzón-Huila. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 6.
- Duran, J; Mindiola, R., Wills, G., Pardo, S y Muñoz, A. (2020). Uso de perifiton en un sistema

- de policultivo en agro acuicultura integrada en la comunidad indígena de Jimaín, Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Rev Med Zoot.* 67(3): 262-275.
- Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero – FONDEPES.(2004). Sub-proyecto programa de transferencia de tecnología en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas. Manual de cultivo de gamítana. Lima-Peru.106 pag.
- Fonseca, D. (2010). Características bioquímicas e hematológicas do pirarucú *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (*Arapaimidae*) de cultivo semi-intensivo na Amazônia. [En línea]: (<http://www.SciELO Brasil>. Documento pdf. 03 de agosto 2013).
- Galeno N. (2010). Características hematológicas de *Porichthys porosissimus* (pisces: *batrachoidiformes*) en el estuario de bahía blanca, Argentina. Universidad Nacional del Sur. Argentina. 11Pág.
- Gamez, Y. (2018). Desempeño bioeconómico del paco (*Piaractus brachipomus*, Cuvier 1818) en fase de crecimiento, alimentados con dietas con inclusión de torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Tesis de Ingeniero Zootecnista, Facultad de Zootecnia, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Huánuco – Perú. p. 71.
- Garay, M. y Paredes, L. (2010). Caracterización hematológica del paco (*Piaractus brachipomus*, *characidae*) en tres etapas de crecimiento (alevinos, juveniles y adultos) bajo condiciones de cultivo en el distrito de José Crespo y Castillo. Tesis, Universidad Nacional Agraria de la selva – Tingo María. 9 pag.
- García, V. (2007). Hematología y química sanguínea de juveniles de Rubio (*Salminus affinis*, *Pisces: CHARACIDAE*) del río Sinú. 1Centro de Investigación Piscícola, Universidad de Córdoba, CINPIC,Montería, Córdoba, Colombia. Acta biológica volumen 12. Colombia. volumen 12.14pag.
- Gómez, H; Lizaraso, F; Mahoma, Cl y Delgado, V. (2022). Uso de polvillo de hoja de coca en la respuesta al estrés en juveniles de paco (*Piaractus brachipomus*) bajo un sistema de recirculación con biofloc. *Rev. Vet. Amaz.* Vol. 1Núm. 1: e160
- Gustavenson AW, Widoski RS, Wedemeyer, GA. 1991. Physiological- response of largemouth bass to angling stress. *Tras. Amer. Fisher. Soc.*,120 (5): 629-636.

- Guzman, A. (2001). Proyecto para el establecimiento de un centro de cultivo de Tilapia Roja, en la provincia de Esmeralda, Canton San Lorenzi, recinto La Florida, Quito-Ecuador. 4-34 pp.
- Heriyati, E. Rustadi, R. Isnansetyo, A. Triyatmo, B. Istiqomah, I. Deendarlianto, D. y Budhijanto, W. (2022). Microbubble Aeration in A Recirculating Aquaculture System (RAS) Increased Dissolved Oxygen, Fish Culture Performance, and Stress
- Instituto del Bien Común (IBC). (2008). Manual del piscicultor. ed 1. Lima –Perú. 125 p.
- Instituto de investigación de la amazonia peruana (IIAP). (2000). Cultivo y procesamiento de peces nativos. Una propuesta productiva para la amazonia peruana. Iquitos-Perú. 86 p.
- Jamroen, C. (2022). Optimal techno-economic sizing of a standalone floating photovoltaic/battery energy storage system to power an aquaculture aeration and monitoring system. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 50(October 2021), 101862. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101862>.
- Jaramillo, N. y Valdebenito, I. (2005). Estudio hematológico básico del puye (*Galaxias maculatus*) en estado post larval y adulto. Facultad de recursos naturales y Escuela de acuicultura. Universidad Católica de Temuco. México. 1 – 86. [En línea]: ([http://www.unne.edu.mx/cyt/2005/4\\_veterinaria/Vpdf/v\\_068.pdf](http://www.unne.edu.mx/cyt/2005/4_veterinaria/Vpdf/v_068.pdf). Documento. 03 de enero del 2023).
- Jescovitch, N. Boyd, E. y Whitis, N. (2017). Effects of mechanical aeration in the waste-treatment cells of split-pond aquaculture systems on water quality. *Aquaculture*, 480(July), 32–41.
- Kumar, A., Moulick, S., Singh, B. K., & Mal, B. C. (2013). Design characteristics of pooled circular stepped cascade aeration system. *Aquacultural Engineering*, 56, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.04.004>.
- Márquez, A. (2022). Evaluación de los niveles de glucosa en sangre en juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*) como respuesta al uso de diferentes fuentes de cereales en la dieta.

- Minaya, L. (2018). Evaluación del perfil hematológico y bioquímico en gamitana (*colossoma macropomum*) de la Amazonía Peruana. Tesis para obtener el grado de Maestro en Sanidad Acuicola. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima-Peru. 74 p.
- Municipalidad Distrital de Nueva Requena. (2016). Plan de contingencia por temporada de lluvias 2015 – 2016. Departamento de Ucayali-Perú. 33p.
- Muñoz, K. (2000). Valores hemáticos del ronsoco (*Hydrochaeris hydrochaeris*) en cautiverio en la Amazonía peruana. Tesis Médico Veterinario. Lima. Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 80 p.
- Oliva, R. (2019). Índices productivos, Sanguíneos y Económicos de Juveniles de *Arapaima Gigas* (Paiche) alimentados con una dieta suplementada con Probiótico. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias Pecuarías- Con mención en Acuicultura. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo Maria-Peru. 109 p.
- Paredes, D; Álvarez, C; Valencia, T. (2013). Caracterización hematológica y bioquímica de juveniles de *Arapaima gigas* “paiches” bajo condiciones de cultivo en selva alta. *Investigación y Amazonia*; 3 (2): 67-70
- Paredes, M. (2023). Efecto de la alimentación suplementada con nanopartículas cargadas de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) sobre los parámetros hematológicos de paco (*Piaractus brachypomus*) en Madre de Dios”. Tesis para obtener el Título profesional de Médico Veterinario-Zootecnista. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Peru. 67 p.
- Peñuela, Z. (2007). Consumo de oxígeno en “cachama blanca” *Piaractus brachypomus*, durante diferentes etapas de desarrollo corporal. Universidad de los Llanos. Volmen 11. Colombia. 8 p.
- Poleo, G; Aranbarrio, J; Mendoza, L y Romero, O. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesq. Agropec. Bras, Brasilia*, .46, n 4, p. 429-437, abr.2011.
- Reátegui, C. (2016). Efecto de la densidad de siembra sobre los Parámetros productivos y hematológicos de juveniles de *Piaractus brachypomus* (Paco) cultivados en jaulas flotantes en la laguna de Yarinacocha. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agroforestal Acuicola, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia-Ucayali-

Perú. 81 p.

- Rey-Vásquez G: y Guerrero G. 2007. Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei: Perciformes). *Tissue Cell* 39: 151-160. doi: 10.1016/j.
- Riaño, F. (2012). Efecto de la restricción alimenticia y de realimentación sobre variables hematológicas, bioquímicas y de compensación muscular a cachama blanca *Piaractus brachyomus* durante la fase final de engorde. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia, Departamento de ciencias para la producción animal. Tesis para grado de bachiller. Bogotá, Colombia. 128 pág. Madre de Dios-Perú. 37 p.
- Robertson L., Thomas P., Arnold C. (1999). Cortisol plasmático y respuestas secundarias al estrés del corvinillo cultivado (*Sciaenopsocellatus*) a varios procedimientos de transporte. *Acuicultura* 1988;68:117-129 Pp.
- Rodriguez, E. (2017). Respuesta Fisiológicas de peces sometidos a Estrés. Facultad de Ciencias. Universidad de Lagunas. 33p.
- Rodríguez, L y Landines, M. (2018). Desempeño productivo y fisiológico de juveniles de *Piaractus brachyomus* sometidos a restricción de alimento. Laboratorio de Fisiología de Peces. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Rotllant, J., Arends, R. J., Mancera, J. M., Flik, G., Bonga, S. E. W. and Tort, L. (2000) Inhibition of HPI axis response to stress in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) with physiological plasma levels of cortisol. *Fish Physiol. Biochem.* 23, 13-22.
- Sadnes K, Lie O, Waaybo R. 1988. Normal ranges of some blood chemistry parameters in adulated farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *J. Fish. Biol.* 129-136.
- Sanz, A. Alvarez, M. Hidalgo, M. Domezain, J. Morales, A. García, G. (2007). Constantes eritrocitarias en peces de cultivo intensivo en agua dulce. Estudio comparado. Departamento de biología animal y ecología. Universidad de Granada. [En línea]: (<http://www.fundacionoesa.es> › Ciencia - Sector. Documento pdf. 01 de marzo del 2023).
- Secretaria Pro Tempore. (2000). Piscicultura amazónica con especies nativas, tratado de cooperación. Lima-Perú, 34p.

- SINO – AQUA CORPORATION. (2006). Sistemas de Aireación. Taiwán. 2006. (Disponible en Internet, URL: [www.sino-aqua.com](http://www.sino-aqua.com)).
- Soberón, L; Chu, F y Panduro, D. (2011). Crecimiento y Parámetros Hematológicos de juveniles de Gamitana *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) cultivados bajo tres densidades. III Coloquio de la Red de Investigación sobre la Ictiología Amazonica-RIIA.Leticia-Colombia. 6 p.
- Sulca, P. (2008). Crianza de paco en la Comunidad Nativa Santa Rosa de Huacaria (Cuenca Alta de Madre de Dios. Documento de trabajo serie: Diseño e implementación de planes de manejo de cochas y piscigranjas
- Tavares, D; Frascá, S; Moraes, F; Campos, F. (1999).Características hematológicas de teleósteos brasileiros. IV. Parâmetros eritroleucométricos,trombométricos glicemia do matrinxã *Brycon cephalus* Günther, 1869. *Ars Veterinaria*, 15:149-153.
- TAVARES, D. MELO, J. MORAES, G. RUAS, F. (2002). Características hematológicas de teleósteos brasileiros. IV. Variaveis do jundia *Rhamdia que/en*. *Ciencia rural*. 2- 16 p. Brasil. [en línea]: <http://www.scielo.br/scielo.php?lng=en>">
- Tavares, D. (2009). Hematologia: ferramenta para o monitoramento do estado de saúde de peixesem cultivo. [En línea]: ([http//.www.scielo.br/scielo](http://www.scielo.br/scielo). Documento pdf. 14 febrero del 2023).
- Torres, W. (2012). Efecto del nivel de **proteína** dietaría sobre el crecimiento y parámetros séricos en cachama blanca. (*Piaractus brachypomus*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 12 p.
- Vásquez-Torres, W., M. Pereira-FilhoI and J. A.Arias-Castellanos. ( 2011). Optimum dietary crude protein requirement for juvenile Cachama*Piaractus brachypomus*. *Ciência Rural*, dez; 41(12): 2183-2189.
- Xiao, G., Cheng, X., Xie, J., & Zhu, D. (2020). Assessment of aeration plug-flow devices used with recirculating aquaculture systems on the growth of tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquacultural Engineering*, 91(May), 102116. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102116>

## VIII. ANEXO

### 8.1. Parámetros Hematológicos

#### 8.1.1. Análisis de la varianza de Hemoglobina-HB (g/dl)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
HB (g/dl)	12	0.94	0.92	21.33

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2435.40	3	811.80	43.38	<0.0001
Aireador	5.33	1	5.33	0.29	0.6080
Edad	2427.07	1	2427.07	129.70	<0.0001
Aireador*Edad	3.00	1	3.00	0.16	0.6993
Error	149.71	8	18.71		
Total	2585.11	11			

Test:SNK Alfa=0.05

Error: 18.7132 gl: 8

Aireador	Medias	n	E.E.
Aireador1	19.61	6	1.77 A
Aireador2	20.95	6	1.77 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:SNK Alfa=0.05

Error: 18.7132 gl: 8

Edad	Medias	n	E.E.
195	6.06	6	1.77 A
75	34.50	6	1.77 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:SNK Alfa=0.05

Error: 18.7132 gl: 8

Aireador	Edad	Medias	n	E.E.
Aireador1	195	5.89	3	2.50 A
Aireador2	195	6.22	3	2.50 A
Aireador1	75	33.33	3	2.50 B
Aireador2	75	35.67	3	2.50 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

### 8.1.2. Análisis de la varianza de Hematocrito (%)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ht (%)	12	0.35	0.11	11.33

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51.29	3	17.10	1.44	0.3028
Aireador	10.07	1	10.07	0.84	0.3849
Edad	17.11	1	17.11	1.44	0.2650
Aireador*Edad	24.11	1	24.11	2.02	0.1926
Error	95.30	8	11.91		
Total	146.59	11			

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 11.9120 gl: 8

Aireador	Medias	n	E.E.
Aireador1	29.56	6	1.41 A
Aireador2	31.39	6	1.41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 11.9120 gl: 8

Edad	Medias	n	E.E.
195	29.28	6	1.41 A
75	31.67	6	1.41 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 11.9120 gl: 8

Aireador	Edad	Medias	n	E.E.
Aireador2	195	28.78	3	1.99 A
Aireador1	75	29.33	3	1.99 A
Aireador1	195	29.78	3	1.99 A
Aireador2	75	34.00	3	1.99 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### 8.1.3. Análisis de la varianza de Eritrocitos

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Eri	12	0.47	0.27	15.99

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.46	3	0.15	2.34	0.1496
Aireador	0.02	1	0.02	0.33	0.5794
Edad	0.04	1	0.04	0.65	0.4445
Aireador*Edad	0.39	1	0.39	6.04	0.0394
Error	0.52	8	0.06		
Total	0.98	11			

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 0.0649 gl: 8

Aireador Medias n E.E.

Aireador1 1.55 6 0.10 A

Aireador2 1.64 6 0.10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 0.0649 gl: 8

Edad Medias n E.E.

195 1.54 6 0.10 A

75 1.65 6 0.10 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 0.0649 gl: 8

Aireador Edad Medias n E.E.

Aireador2 195 1.40 3 0.15 A

Aireador1 75 1.43 3 0.15 A

Aireador1 195 1.67 3 0.15 A

Aireador2 75 1.88 3 0.15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### 8.1.4. Análisis de la varianza de Leucocitos

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leu	12	0.16	0.00	39.84

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.35	3	0.45	0.53	0.6770
Aireador	0.03	1	0.03	0.03	0.8585
Edad	1.16	1	1.16	1.35	0.2781
Aireador*Edad	0.16	1	0.16	0.19	0.6760
Error	6.85	8	0.86		
Total	8.20	11			

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 0.8561 gl: 8

Aireador Medias n E.E.

Aireador1 2.27 6 0.38 A

Aireador2 2.37 6 0.38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 0.8561 gl: 8

Edad Medias n E.E.

195 2.01 6 0.38 A

75 2.63 6 0.38 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 0.8561 gl: 8

Aireador Edad Medias n E.E.

Aireador1 195 1.85 3 0.53 A

Aireador2 195 2.18 3 0.53 A

Aireador2 75 2.57 3 0.53 A

Aireador1 75 2.70 3 0.53 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### 8.1.5. Análisis de la varianza de MCV (fL)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MCV (fL)	12	0.14	0.00	18.90

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1792.76	3	597.59	0.42	0.7455
Aireador	107.58	1	107.58	0.08	0.7910
Edad	14.06	1	14.06	0.01	0.9235
Aireador*Edad	1671.12	1	1671.12	1.17	0.3115
Error	11455.63	8	1431.95		
Total	13248.39	11			

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 1431.9536 gl: 8

Aireador Medias n E.E.

Aireador2 197.24 6 15.45 A

Aireador1 203.23 6 15.45 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 1431.9536 gl: 8

Edad Medias n E.E.

75 199.16 6 15.45 A

195 201.32 6 15.45 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 1431.9536 gl: 8

Aireador Edad Medias n E.E.

Aireador2 75 184.36 3 21.85 A

Aireador1 195 192.51 3 21.85 A

Aireador2 195 210.13 3 21.85 A

Aireador1 75 213.95 3 21.85 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### 8.1.6. Análisis de la varianza de MCH (pg)

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MCH (pg)	12	0.93	0.91	22.50

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	92427.58	3	30809.19	37.01	<0.0001
Aireador	1030.08	1	1030.08	1.24	0.2983
Edad	89396.45	1	89396.45	107.38	<0.0001
Aireador*Edad	2001.05	1	2001.05	2.40	0.1597
Error	6660.16	8	832.52		
Total	99087.74	11			

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 832.5199 gl: 8

Aireador Medias n E.E.

Aireador2 118.96 6 11.78 A

Aireador1 137.49 6 11.78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 832.5199 gl: 8

Edad	Medias	n	E.E.	
195	41.91	6	11.78	A
75	214.53	6	11.78	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 832.5199 gl: 8

Aireador	Edad	Medias	n	E.E.	
Aireador1	195	38.26	3	16.66	A
Aireador2	195	45.56	3	16.66	A
Aireador2	75	192.35	3	16.66	B
Aireador1	75	236.71	3	16.66	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### 8.1.7. Análisis de la varianza de MCHC

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
MCHC	12	0.96	0.95	16.33

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		23786.38	3	7928.79	70.22	<0.0001
Aireador		37.10	1	37.10	0.33	0.5823
Edad		23656.32	1	23656.32	209.50	<0.0001
Aireador*Edad		92.96	1	92.96	0.82	0.3907
Error		903.33	8	112.92		
Total		24689.72	11			

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 112.9167 gl: 8

Aireador	Medias	n	E.E.	
Aireador2	63.30	6	4.34	A
Aireador1	66.82	6	4.34	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 112.9167 gl: 8

Edad	Medias	n	E.E.	
195	20.66	6	4.34	A
75	109.46	6	4.34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 112.9167 gl: 8

Aireador	Tiempo	Medias	n	E.E.	
Aireador1	Final	19.63	3	6.14	A
Aireador2	Final	21.68	3	6.14	A
Aireador2	Inicial	104.92	3	6.14	B
Aireador1	Inicial	114.00	3	6.14	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 8.2. Parámetros Bioquímicos

### 8.2.1. Análisis de la varianza de Glucosa

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Gluc	12	0.52	0.34	31.94

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30563.66	3	10187.89	2.85	0.1049
Aireador	8515.74	1	8515.74	2.38	0.1612
Edad	21703.06	1	21703.06	6.07	0.0390
Aireador*Edad	344.86	1	344.86	0.10	0.7640
Error	28587.55	8	3573.44		
Total	59151.21	11			

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 3573.4438 gl: 8

Aireador	Medias	n	E.E.
Aireador1	160.50	6	24.40 A
Aireador2	213.78	6	24.40 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 3573.4438 gl: 8

Edad	Medias	n	E.E.
195	144.61	6	24.40 A
75	229.67	6	24.40 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:SNK Alfa=0.05

Error: 3573.4438 gl: 8

Aireador	Edad	Medias	n	E.E.
Aireador1	195	123.33	3	34.51 A
Aireador2	195	165.89	3	34.51 A
Aireador1	75	197.67	3	34.51 A
Aireador2	75	261.67	3	34.51 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### 8.2.2. Análisis de la varianza de Cortisol

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Corti	12	0.68	0.56	50.82

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	556.08	3	185.36	5.65	0.0224
Aireador	115.69	1	115.69	3.53	0.0971
Edad	392.39	1	392.39	11.97	0.0086
Aireador*Edad	48.00	1	48.00	1.46	0.2608
Error	262.25	8	32.78		

Total 818.33 11

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 32.7807 gl: 8

Aireador	Medias	n	E.E.	
Aireador2	8.16	6	2.34	A
Aireador1	14.37	6	2.34	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 32.7807 gl: 8

Edad	Medias	n	E.E.	
195	5.55	6	2.34	A
75	16.99	6	2.34	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:SNK Alfa=0.05**

Error: 32.7807 gl: 8

Aireador	Tiempo	Medias	n	E.E.	
Aireador2	195	4.44	3	3.31	A
Aireador1	195	6.65	3	3.31	A
Aireador2	75	11.88	3	3.31	A B
Aireador1	75	22.09	3	3.31	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### 8.3. Parametros Productivos

#### 8.3.1. Prueba T para muestras Independientes de los parámetros productivos

Clasific prueba	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	pHomVar	T	p-valor
Trat Bilateral	PI	{1}	{2}	3	3	44.63	45.50	-0.87	-2.92	1.19	0.5233	-1.17	0.3066
Trat Bilateral	PF	{1}	{2}	3	3	339.00	389.33	-50.33	-130.76	30.09	0.3678	-1.74	0.1573
Trat Bilateral	LI	{1}	{2}	3	3	13.35	13.68	-0.32	-1.49	0.84	0.6485	-0.77	0.4841
Trat Bilateral	LF	{1}	{2}	3	3	26.51	27.74	-1.23	-3.23	0.77	0.2438	-1.71	0.1628
Trat Bilateral	GDP (g)	{1}	{2}	3	3	2.45	2.86	-0.41	-1.09	0.27	0.3787	-1.67	0.1712
Trat Bilateral	GDL (cm)	{1}	{2}	3	3	0.11	0.11	-3.3E-03	-0.03	0.03	<0.0001	-0.50	0.6667
Trat Bilateral	TCEP (%/dia)	{1}	{2}	3	3	1.69	1.79	-0.10	-0.31	0.11	0.5527	-1.34	0.2520
Trat Bilateral	TCEL (%/dia)	{1}	{2}	3	3	0.57	0.59	-0.02	-0.11	0.07	0.1765	-0.59	0.5844
Trat Bilateral	CDA, g	{1}	{2}	3	3	3.46	3.75	-0.30	-0.80	0.21	0.7766	-1.64	0.1769
Trat Bilateral	CA	{1}	{2}	3	3	1.41	1.32	0.09	-0.07	0.25	0.1429	1.57	0.1905
Trat Bilateral	BIO 1	{1}	{2}	3	3	227.63	232.05	-4.42	-14.90	6.06	0.5233	-1.17	0.3066
Trat Bilateral	BIO 2	{1}	{2}	3	3	1654.29	1896.89	-242.60	-637.37	152.17	0.3579	-1.71	0.1632
Trat Bilateral	FC	{1}	{2}	3	3	1.82	1.82	-0.01	-0.18	0.16	0.1851	-0.11	0.9182
Trat Bilateral	Mortalidad	{1}	{2}	3	3	2.40	2.57	-0.17	-0.85	0.52	0.1091	-0.67	0.5371