



Vol. 1 Núm. 1 2025- ISSN: 3119-7132 (En línea)

Recibido: 08 de Junio de 2025 Aceptado: 29 de Agosto de 2025

ARTÍCULO ORIGINAL

<https://doi.org/10.58719/d589xy66>

EFFECTO DEL SISTEMA DE AIREACION SOBRE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y PRODUCTIVOS DE *Piaractus brachypomus* (PACO) EN UN CULTIVO INTENSIVO

EFFECT OF THE AERATION SYSTEM ON PHYSIOLOGICAL AND PRODUCTIVE PARAMETERS OF *Piaractus brachypomus* (PACO) IN AN INTENSIVE CULTURE

Carmen Reategui Acosta ¹  Daniel Paredes López ²  Ricardo Oliva Paredes ² 
 Rizal Robles Huaynate ¹ 

¹ Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú² Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia, Yarinacocha, Ucayali, Perú.**Autor de Correspondencia:**

Carmen Rosa Reategui Acosta

carmen.reategui@unas.edu.pe**Cómo citar este artículo:** Reategui, C., Paredes, D., Oliva, R., & Robles, R. (2025).

Efecto del sistema de aireación sobre parámetros fisiológicos y productivos de *Piaractus brachypomus* (paco) en un cultivo intensivo. *Revista de Investigación Intercultural Asampitakoyete*, 1(1), 138–149.

<https://doi.org/10.58719/d589xy66>**RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del sistema de aireación sobre los parámetros fisiológicos y productivos de *Piaractus 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 diseño completamente al azar (DCA), dos tratamientos (T1: aireador de turbina y T2: aireador de paleta) y tres repeticiones. Se colocaron 5000 juveniles por estanque de tierra, a una densidad de 3 peces/m². Los muestreos biométricos fueron mensuales y los fisiológicos, al inicio y final del estudio; para el análisis de parámetros sanguíneos, las muestras fueron obtenidas por punción de la arteria caudal. Los pesos y longitudes finales por tratamiento fueron: T1: 339 g y 26,51 cm; T2: 389,33 g y 27,74 cm, sin diferencia significativa ($p > 0.05$). No hubo variaciones en el consumo de alimento diario, ganancia de peso diario, tasa específica de crecimiento (TEC), biomasa, factor de conversión alimenticia, factor de condición (K) y sobrevivencia de la especie. Los parámetros hematológicos, no presentaron alteraciones en el cultivo, pero si niveles diferenciados en hemoglobina (Hb), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración hemoglobina corpuscular media (CHCM). El cortisol presentó niveles diferenciados, pero no mostró alteraciones en el comportamiento de la especie. El sistema de aireación tiene efecto positivo en los parámetros fisiológicos y productivos del cultivo de *Piaractus brachypomus* (paco).

Palabras clave: aireación, *Piaractus brachypomus*, parámetros fisiológicos

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of the aeration system on the physiological and productive parameters of *Piaractus brachypomus* (paco). 30,000



specimens were used, with initial weight and length of 44.63 to 45.50 g and 13.35 to 13.68 cm, respectively. A completely randomized design (CRD), two treatments (T1: turbine aerator and T2: paddle aerator) and three replications were applied. 5,000 juveniles were stocked per earthen pond at a density of 3 fish/m². Biometric sampling was performed monthly, and physiological sampling was performed at the beginning and end of the study. Blood parameters were analyzed by caudal artery puncture. Final weights and lengths per treatment were: T1: 339 g and 26.51 cm; T2: 389.33 g and 27.74 cm, with no significant difference ($p > 0.05$). There were no variations in daily feed intake, daily weight gain, specific growth rate (SGR), biomass, feed conversion ratio, condition factor (K) and species survival. The hematological parameters did not present alterations in the culture, but there were differentiated levels of hemoglobin (Hb), mean corpuscular hemoglobin (MCH) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC). Cortisol presented differentiated levels but did not show alterations in the behavior of the species. The aeration system has a positive effect on the physiological and productive parameters of *Piaractus brachypomus* (paco) culture.

Keywords: aeration, *Piaractus brachypomus*, physiological parameters.

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).

Con relación a la especie íctica, hace referencia a una tropical nativa, como es el “paco” (*Piaractus brachypomus*). Su producción exagerada 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

Martin 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 (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero [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 & Guerrero, 2007).

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

En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del sistema de aireación sobre los parámetros fisiológicos y productivos de *Piaractus brachipomus* (paco) en el Distrito de Nueva Requena.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Este estudio tuvo un diseño completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 2 x 2 (2 tratamientos con diferentes tipos de aireadores) x 2 edades (75 y 195 días).

Ubicación del estudio

Se realizó en la región Ucayali, provincia de Coronel Portillo y Distrito de Nueva Requena, en las instalaciones de la Empresa Acuícola Pukara, localizada 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.

Materiales y Equipos

En los estanques de tierra, se dispusieron seis aireadores, tres de paletas y tres de turbina cada uno con 2 HP de capacidad; para su instalación se utilizaron cable vulcanizados 2X 12" monofásico, tableros de distribución (50x50x20) para cada uno de los aireadores que salvaguardaron el sistema eléctrico; el cual constó de una llave térmica de 9 A, contactor eléctrico, relay térmico y temporizador de 24 tiempos.

El insumo fue un alimento balanceado (crecimiento de 4 mm de diámetro).

Material biológico

La población fue 30,000 peces de la especie *P. brachipomus* en fase de engorde, de las cuales se distribuyeron 5000 peces en cada uno de los seis estanques del área de cultivos intensivos.

Tratamientos

Se evaluaron dos tratamientos cada uno con tres repeticiones, para un total de 6 unidades experimentales de la siguiente manera (Tabla 1).

TABLA 1

Tratamientos

T1	T2
T1R1= AP	T2R1=AT
T1R2=AP	T2R2=AT
T1R3=AP	T2R3=AT

Procedimiento

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, en un ángulo de 45° respecto a la línea del cuerpo hasta alcanzar la columna vertebral, localizada paralelamente 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 etilendiaminotetraacético), como anticoagulante. Posteriormente, para el ensayo propiamente dicho se emplearon un total de 24 peces, 6 peces al inicio y 18 peces al final del estudio.

Parámetros hematológicos

Las muestras con EDTA se analizaron no más de 5 h después de su extracción, tiempo en el cual, estuvieron debidamente conservadas en un refrigerador a 4°C, donde se analizaron los valores hematológicos:

Hemoglobina (g/dL): se utilizó el método de cianometahemoglobina y se registró la lectura en el espectrofotómetro UV marca "DiaLab" modelo DTN-450, con una longitud de onda de 546 nm y un factor 36,3 (Muñoz & Montoya, 2001).

Hematocrito (%): la determinación del porcentaje de hematocrito se realizó a través del método

del microhematocrito y se llevó a cabo la lectura utilizando una tabla de microescala graduada de 0 a 100 (Muñoz & Montoya, 2001).

Eritrocitos ($10^6/\text{mm}^3$): 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 mm^3 de sangre (Muñoz & Montoya, 2001).

Volumen corpuscular medio (fL)

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

Hemoglobina corpuscular media (pg)

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

Concentración de hemoglobina corpuscular media (g/dL)

$$\text{CHCM} = \frac{\text{Hb (g/dL)}}{\text{hematocrito (\%)}} \times 100$$

Leucocitos ($10^3/\text{mm}^3$): se determinaron con un objetivo de 10x, el resultado se multiplicó por 50, obteniendo el total de glóbulos blancos por mm^3 de sangre (Muñoz & Montoya, 2001).

Análisis bioquímicos

Glucosa (mg/dL): se utilizó el método de la Glucosa oxidasa y se analizaron en un espectrofotómetro de marca DiaLab modelo DTN-450.

Cortisol a.m. (ug/dL): Las muestras de sangre para la determinación 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 y se enviadas al laboratorio UNILABS-PERU situado en Lima. Se utilizó un analizador automático de Inmunoensayos TOSOH - AIA 360, basado en quimioluminiscencia.

Parámetros Productivos

Las evaluaciones biométricas de *P. brachypomus*

se realizaron mensualmente y se registraron peso y la longitud total de una muestra de 360 entre los dos tratamientos. Se determinaron los siguientes índices zootécnicos y productivos:

Crecimiento en peso (g) y longitud (cm): Para determinar el peso, se utilizó una balanza de 5 g con sensibilidad de 0,1 g y la longitud total (Lt) se midió con un ictiómetro. De igual manera se estimaron parámetros de crecimiento:

Ganancia en peso (GP): $\text{Pf} - \text{Pi}$.

Ganancia diaria de peso (GDP) es la diferencia de pesos promedios obtenidos en las evaluaciones biométricas y se expresan en gramos; se empleó la siguiente fórmula: Ganancia de peso diaria (GDP = $\text{Pf} - \text{Pi}$ / días de cultivo; donde Pf es peso final y Pi peso inicial).

Tasa específica

de crecimiento en peso (TEC): es el porcentaje de crecimiento del pez diariamente.

se estimó mediante la ecuación $\text{TEC} = [(\text{Ln Pf} - \text{Ln Pi}) / \text{días de cultivo}] * 100$; donde Ln es el logaritmo natural; pi es el peso inicial, pf es el peso final.

Factor de condición (K) empleado para evaluar la salud de un pez; se obtuvo mediante la fórmula $K: (\text{W}/\text{L}^b) * 100$; se halló b mediante la ecuación $\text{W} = a\text{L}^b$ estableciendo la relación entre el peso (W) y la talla (L) de todos los peces obtenidos en cada muestreo.

Para estimar el rendimiento del biocultivo se calcularon los siguientes parámetros:

Biomasa (B): $\text{N}^\circ. \text{ de peces} * \text{peso promedio}$.

Factor de conversión alimenticio (FCA) se calculó como la relación entre el alimento consumido (AC) y la ganancia en biomasa ($\text{Bf} - \text{Bi}$), *Sobrevivencia:* es la disminución de la abundancia en un grupo

de individuos (cohorte) con el paso del tiempo; se obtuvo mediante la formula (Número de peces finales /Número de peces iniciales) *100.

Análisis Estadístico

A las variables evaluadas se les realizó la prueba de normalidad Kolmogorov-Smirnov. A los parámetros fisiológicos (hematológicas y bioquímicas) y productivos se les aplicó ANOVA. El análisis de los datos se realizó con el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2008) y los promedios fueron comparados por la prueba de Student Newman Keuls, con un nivel de significancia estadístico $p < 0,05$.

Los niveles de VCM de *P. brachypomus* no reportan diferencia significativa en los tratamientos de las edades de muestreo; mientras que, los valores de HCM (g/dL) de *P. brachypomus* muestran diferencia significativa en los tratamientos en los dos tiempos de muestreo.

Se observaron valores mínimos de 38,36 pg y máximos de 236,71 pg de HCM; mientras que, las cifras de CHCM de *P. brachypomus* reportan diferencia significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos y las dos edades de muestreo.

RESULTADOS

La Tabla 2 muestra los parámetros hematológicos en *P. brachypomus* bajo el efecto del sistema de aireación. Con respecto a las edades dentro de la crianza de la especie, se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables hemoglobina (Hb), hemoglobina corpuscular media (HCM) y concentración hemoglobina corpuscular media (CHCM). Cabe mencionar que en la interacción de los factores (aireadores x edades) mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la variable eritrocito.

Los valores de Hb con la interacción del sistema de aireación según las edades de muestreo en la crianza de *P. brachypomus*, no mostraron diferencia significativa en ambos tratamientos.

Los niveles de 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.

Los valores de eritrocitos encontrados en el presente estudio están dentro del rango mínimos $1,85 \times 10^3/\text{mm}^3$ y máximo de $2,70 \times 10^3/\text{mm}^3$. Las cifras de leucocitos fueron menores a los 195 días.

TABLA 2

Perfiles hematológicos de *Piaractus brachypomus* bajo el efecto del sistema de aireación

Factores	Hb	Hto	Eritrocitos	Leucocitos	VCM	HCM	CHCM
	(g/dL)	(%)	(106 μL^{-1})	(10 ³ /mm ³)	(fL)	(pg)	(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
<i>Aireadores</i>							
Turbina	19.61 ^a	29.56 ^a	1.55 ^a	2.27 ^a	203.23 ^a	137.49 ^a	66.82 ^a
Paleta	20.95 ^a	31.39 ^a	1.64 ^a	2.37 ^a	197.24 ^a	118.96 ^a	63.30 ^a
<i>Edad (días)</i>							
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
<i>Aireador x Edad</i>							
Aireador	Edad						
Turbina	75 días	33.33 ^a	29.33 ^a	1.43 ^a	2.70 ^a	213.95 ^a	236.71 ^a
Paleta	75 días	35.67 ^a	34.00 ^a	1.88 ^a	2.57 ^a	184.36 ^a	192.35 ^a
Turbina	195 días	5.89 ^b	29.78 ^a	1.67 ^a	1.85 ^a	192.51 ^a	38.26 ^b
Paleta	195 días	6.22 ^b	28.78 ^a	1.40 ^a	2.18 ^a	210.13 ^a	45.56 ^b

Nota: Promedios con letras diferentes son significativamente diferentes ($p < 0,05$); Hb: Hemoglobina; Hto: hematocrito; VCM: Volumen corpuscular medio, HCM: Hemoólobina corpuscular media, CHCM: Concentración de hemoglobina corpuscular media.

Parámetros bioquímicos de *Piaractus brachypomus* sobre el efecto del sistema de aireación La Tabla 3 muestra los parámetros bioquímicos de *Piaractus brachypomus* sobre el efecto del sistema de aireación. La prueba de comparación de medias para estos parámetros con respecto a la interacción de los factores (aireador x edad) hace evidenciar la diferencia significativa ($p < 0,05$) en el cortisol entre los tratamientos y las edades de muestreo.

Los niveles de glucosa de *P. brachypomus* fueron similares en los dos tratamientos, sin observarse efecto alguno en las dos edades de muestreo; asimismo no reportan diferencia significativa ($p > 0,05$). Los niveles promedios de cortisol de *P. brachypomus* reportan diferencia significativa ($p < 0,05$) en los tratamientos en las dos edades de muestreo.

TABLA 3

Perfiles bioquímicos de P. brachypomus sobre el efecto del sistema de aireación

Factores		Glucosa mg/dL	Cortisol (a.m.) (ug/dL)
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

Parámetros productivos del cultivo intensivo de *Piaractus brachypomus*

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 TEC no reporta diferencia significativa, según la prueba t-student.

El crecimiento en longitud de juveniles de *P. brachypomus* es similar para los dos tratamientos, donde no presentaron diferencia significativa entre los mismos. El T2 registró mayor longitud a los 195 días.

En lo que respecta al consumo diario de alimento de juveniles de *P. brachypomus*, no se reporta

diferencia significativa; de igual manera, se observa que el mayor consumo de alimento se registró en el T2. El factor de conversión alimenticio (FCA) no reveló variaciones significativas entre ambos tratamientos, aunque el T1 presentó mayor valor.

En la biomasa final (kg) no se observó diferencias significativas ($p>0.05$) en los dos tratamientos del estudio; aunque el T2 tuvo mayor cifra. Los valores del factor de condición (K) son similares en ambos tratamientos. Los valores del porcentaje de sobrevivencia son casi similares; por lo que, no hubo diferencias significativas entre ambos tratamientos.

TABLA 4

*Parámetros productivos del cultivo de *P. brachypomus* en un sistema de Aireación*

Parámetros	Tratamientos		p-Valor
	Aireador de Turbina (T1)	Aireador de Paleta (T2)	
Peso 75 días (g)	44,63	45,5	0,307
Longitud 75 días (cm)	13,35	13,6	0,484
Peso 195 días (g)	339	389,33	0,157
Longitud 195 días (cm)	26,51	27,74	0,163
GDP (g)	2,45	2,86	0,171
GDL (cm)	0,11	0,11	0,667
TECP (%/d)	1,69	1,79	0,252
TECL (%/d)	0,57	0,59	0,584
CDA (g)	3,46	3,75	0,177
FCA	1,41	1,32	0,177
Biomasa inicial (Kg)	227,63	232,05	0,307
Biomasa final (Kg)	1654,29	1896,89	0,163
Factor de condición (K)	1,82	1,82	0,918
Sobrevivencia (%)	2,4	2,57	0,537

Nota: GDP: ganancia diaria de peso; GDL: ganancia diaria de longitud; TECP: tasa específica de crecimiento en peso; TECL: tasa específica de crecimiento en longitud; CDA: consumo diario de alimento; FCA: factor de conversión alimenticio

DISCUSIÓN

La investigación actual en la industria pesquera se centra en mejorar las tasas de crecimiento y el entorno acuícola (Dai et al., 2025).

Los hallazgos de los parámetros hematológicos en esta investigación mostraron valores de Hb más elevados que los reportados por Paredes, (2023) quien evidenció cifras de 16, 8 g/dL y 17,9 g/dL en estas especies de peces; para Soberón et al., (2011) la hemoglobina es uno de los parámetros indicador de anemia. Los resultados de la Hb reportada en el estudio no repercutieron en el desarrollo fisiológico y productivo del cultivo intensivo de los peces.

En la investigación se determinaron valores

mínimos de Hto de 28,78 % y máximo de 34 %, resultados casi similares a lo reportado por Paredes et al., (2013) quien informó de valores de 27,1 % de este parámetro en juveniles de paiche en selva alta; así mismo, Oliva, (2019) evidenció cifras de 31,0 y 33,0 % en juveniles de paiche, y Paredes, (2023) reportó 29,7% en juveniles de paco. Martins et al. (2008) evidenció valores menores de 15,5 % de Hto en tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus* L.).

Los resultados de los glóbulos rojos o eritrocitos del estudio fueron menores a los reportados en el estudio de Reategui, (2016), los cuales fueron $2,65 \times 10^6/\text{mm}^3$ y $3,05 \times 10^6/\text{mm}^3$ en juveniles de paco criados en jaulas flotantes y fueron superiores a los encontrados en el estudio de Martins et al. (2008),

realizado con tilapias donde reportaron valores de $0,74 \times 106/\mu\text{L}$.

En cuanto a los resultados de leucocitos en esta investigación, se observan que, fueron menores a los mostrados en el estudio de Martins et al. (2008) cuyo valor fue $15,0 \text{ mm}^3$.

Los valores de VCM de este estudio fueron superiores a los evidenciados por Paredes, (2023) los cuales resultaron ser 176.2, 204.34 y 195.2 fL y menores al encontrado en el estudio de Minaya, (2018) realizado en juveniles de gamitana que fue 316,17 fL.

Los valores de HCM del estudio fueron mayores al encontrado por Minaya, (2018) quien mostró cifra de 112,95 pg en juveniles de gamitana.

En lo referente al parámetro bioquímico glucosa, Márquez, (2022) muestra un valor menor de glucosa que en este estudio $74,78 \text{ mg/dL}$; mientras que, Gómez et al. (2022) reportaron valores de 79,00, 84,20 y $82,34 \text{ mg/dL}$, en la última quincena de su investigación para los T1.T2 Y T3, respectivamente en juveniles de paco; estos resultados no influyeron en el rendimiento productivo final de los peces cultivados. Asimismo, Martins et al. (2018) reportó valores casi similares de $80,5 \text{ mg/dL}$ en tilapias.

Aunque los niveles de cortisol fueron diferentes al inicio y final de este estudio, sin diferencia significativa en este parámetro, no se reportó ninguna anomalía en la parte productiva de la especie. Rodríguez & Ladines, (2018) reportan niveles mayores de cortisol que este estudio de 20.56 y 20.76 ug/dL . en cultivo de paco sometidos a restricción alimentaria. Un pez con estrés puede posponer su desarrollo (Rodríguez, 2017). El cortisol medido por la mañana, en combinación con marcadores metabólicos como la urea, puede servir como un biomarcador funcional, para evaluar el estado fisiológico de *P. brachypomus* en sistemas

de acuicultura intensiva. Esto contribuye a mejorar las prácticas de manejo enfocadas en el bienestar animal y la sostenibilidad productiva. Además, la consistencia de los niveles de cortisol a lo largo del día podría indicar una adaptación endocrina a las condiciones de cultivo, sugiriendo una menor influencia del fotoperiodo como regulador endocrino (Aguayo et al., 2025).

Parámetros productivos del cultivo intensivo de *Piaractus brachypomus*

Poleo et al., (2011) reportaron datos casi similares a este estudio, quienes cultivaron juveniles de Paco con peso inicial 47,92 g y 40,65 g en tanques de concreto con recirculación de agua ($31,25 \text{ peces/m}^3$) durante 190 días, y pesos finales mayores de 449,5 y 446,5 g. Los sistemas de recirculación que utilizan biofloc incluyen procesos de fotosíntesis y la formación de bacterias. En estos sistemas, los sustratos de carbono y nitrógeno se encuentran suspendidos en el agua de cultivo, junto con fitoplancton y bacterias heterotróficas. Estas bacterias fijan el nitrógeno que es liberado por los peces, utilizándolo para su crecimiento y, al mismo tiempo, eliminan la toxicidad de los nitritos en el tanque de cultivo (Gómez et al., 2022).

Al comparar los valores del peso final del estudio con la investigación de Bru et al. (2017), se observa que estos autores evidenciaron valores menores del peso en la cachama (173,5-196,2 g), los cuales fueron entre dos y cuatro veces los obtenidos por la tilapia (43,0-87,9 g) cultivadas en biofloc con aireación permanente durante 120 días y alimentadas con dietas de origen vegetal.

La ganancia de peso diario (GPD) obtenida en esta investigación fue mayor a la reportados por Bru et al. (2017) 1,2 g y 0,3 g para la cachama blanca y tilapia, respectivamente y en el estudio de Duran et al. (2020) con 0,80 g y 0,76 g, para las cachamas híbridas y 0,49 g y 0,67 g, para los bocachicos en sistemas de agro acuicultura integrada con

y sin sustrato para perifiton, elemento de las comunidades bióticas en ambientes acuáticos, compuesto principalmente por un complejo de microbiota que se adhiere a un sustrato, el cual puede ser orgánico o inorgánico, y puede estar vivo o muerto, representando un alimento natural significativa, debido a que se caracteriza por una rápida renovación de su biomasa (Duran et al., 2020).

En cuanto a la longitud, otros autores tuvieron un incremento de longitud diferente a este estudio, Gómez et al. (2022) reporta 4,4 cm, 4,11 cm y 4,55 cm en juveniles de paco cultivados en 60 días; también, Paredes, (2023) evidenció 3,7 cm en un cultivo de paco realizado en 45 días.

Los resultados de la TECP del estudio fueron menores a los obtenidos por Chaverra et al. (2017) en juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*, cultivada por 60 días en sistema con recambio de agua (T1) y sistema biofloc (T2), con 7,6 % y 7,3 % en T1 y T2, respectivamente; los cuales, en ambos tratamientos, recibieron un alimento balanceado con 24 % de proteína de origen vegetal, suministrado hasta saciedad aparente cuatro veces al día.

La TECL obtenidos en la investigación son mejores que los reportado por Reategui (2016) 5,32 %/d, 5,46 %/d y 5,23 %/d; por otro lado, Gámez (2018) expone datos similares a este estudio en rangos de 0,49 a 0,53 %/d.

Con relación a la ganancia de diaria de longitud, Capuñay, (2019) reporta datos inferiores al estudio 0,05 y 0,06 cm/d, realizado en alevinos de paco. Este mismo autor 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. Los resultados de este estudio son cercanos a los obtenidos para juveniles de paco, cultivados en tanques reportados por Vásquez et al. (2011)

que determinaron un FCA de 1,2; 1,3 y 1,4; por otro lado, Poleo et al. (2011) mostraron un FCA de 1,5 a 1,6.

La biomasa final fue mayor a la mostrada en los estudios de Poleo et al. (2011) con valores de 187,97 kg y 176,02 kg, y Chaverra et al. (2017) con 227,10 kg y 197,06 kg, realizado en un sistema biofloc por 60 días.

Soberón et al. (2007) reportan resultados del factor de condición similares y menores a este estudio 1,81; 1,74 y 1,65 en ensayos realizados con juveniles de gamitana. Por otro lado, Gámez, (2018) mostró cifras mayores en rango de 2,55 a 2,74, siendo que en ambos casos los peces exhibieron buena condición corporal.

En cuanto al porcentaje de supervivencia, 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.

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 (HCM y concentración hemoglobina corpuscular medio (CHCM).

El cortisol de *Piaractus brachypomus* bajo un sistema de aireación tuvo 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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguayo, A., Rivadeneyra, V., Villamarín, K., & Yáñez, D. (2025). Evaluación endocrina y marcadores de estrés en cachama roja (*Piaractus brachypomus*): implicaciones para el bienestar animal en acuicultura Amazónica. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 7(4), 327–340. <https://doi.org/10.59169/pentacencias.v7i4.1593>.
- 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. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 64(1), 44-60. [10.15446/rfmvz.v64n1.65824](https://doi.org/10.15446/rfmvz.v64n1.65824).
- 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 de Maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ed53d311-1323-4be4-a93b-3733bf533b3b/content>.
- Chaverra, S., García, J., & Pardo, S. (2017). Efectos del biofloc sobre los parámetros de crecimiento de juveniles de cachama blanca *Piaractus brachypomus*. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 12 (3), 170-180. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.12.3.1>.
- Chen, C., Wooster, G., & Bowser, P. (2004). Comparative blood chemistry and histopathology of tilapia infected with *Vibrio vulnificus* or *Streptococcus iniae* or exposed to carbon tetrachloride, gentamicin or copper sulfate. *Aquaculture*, 239, 421–443. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.05.033>.
- Dai, Y., Wang, Y., Dai, Y., Tang, J., Xu, Q., & Xie, N. (2025). The influence of different aquaculture systems on growth performance, morphological characteristics, texture profile and nutritional components of Genetically Improved Farmed Tilapia (GIFT). *Aquaculture Reports*, 42, 102859. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2025.102859>.
- Durán, J., Mindiola, R., Wills, G., Pardo, S., & 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). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 67(3), 262-275. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v67n3.93933>.
- Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero–FONDEPES. (2004). Subproyecto programa de transferencia de tecnología en acuicultura para pescadores artesanales y comunidades campesinas. Manual de cultivo de gamitana. Lima-Peru.
- Gómez, H., Lizaraso, F., Mahoma, C., & 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. *Ariotake-Revista de Investigación Veterinaria y Amazonia*, 1 (1), e160. <https://doi.org/10.55873/ariva.v1i1.160>.
- Heriyati, E., Rustadi, R., Isnansetyo, A., Triyatmo, B., Istiqomah, I., Deendarlianto, D., & Budhijanto, W. (2022). Microbubble Aeration in A Recirculating Aquaculture System (RAS) Increased Dissolved

- Oxygen, Fish Culture Performance, and Stress Resistance of Red Tilapia (*Oreochromis* sp.). *Trends in Sciences*, 19(20), 6251. <https://doi.org/10.48048/tis.2022.6251>.
- 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, 101862. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101862>.
- Jescovitch, N., Boyd, E., & Whitis, N. (2017). Effects of mechanical aeration in the waste-treatment cells of split-pond aquaculture systems on water quality. *Aquaculture*, 480 (1), 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.08.001>.
- Martins, M., Mouriño, J., Amaral, G., Vieira, F., Dotta, G., Jatobá, A., Pedrotti, F., Jerônimo, G., Buglione, C., & Pereira Jr, G. (2008). Haematological changes in Nile tilapia experimentally infected with *Enterococcus* sp. *Brazilian Journal of Biology*, 68(3), 657-661. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842008000300025>.
- Márquez, A. (2022). *Evaluación de los niveles de glucosa en sangre en juveniles de cachama blanca (Piaractus brachypomus) como respuesta al uso de diferentes fuentes de cereales en la dieta*. [Tesis de Pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander]. <https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/7554>.
- Minaya, L. (2018). Evaluación del perfil hematológico y bioquímico en gamitana (*Colossoma macropomum*) de la Amazonía Peruana. [Tesis de Maestría, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/3608/Evaluacion_MinayaIba%C3%B1ez_Ana.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Muñoz, K., & Montoya, E. (2001). Valores hemáticos del ronsoco (*Hydrochaeris hydrochaeris*) en cautiverio en la Amazonía Peruana. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 12(1), 63-70. DOI:10.15381/rivep.v12i1.7426.
- Oliva, R. (2019). Índices productivos, Sanguíneos y Económicos de Juveniles de *Arapaima Gigas* (paiche) alimentados con una dieta suplementada con probiótico. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2567>.
- 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. <https://revistas.unas.edu.pe/index.php/revia/article/view/87>.
- 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 de Pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://hdl.handle.net/20.500.14070/1124>.
- Poleo, G., Aranbarrio, J., Mendoza, L., & Romero, O. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 46 (4), 429-437. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>.
- Reategui, 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 de Pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia]. <https://hdl.handle>.

net/20.500.14646/370.

Rey, G., & Guerrero G. (2007). Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei: Perciformes). *Tissue and Cell*, 39, 151-160. <https://doi.org/10.1016/j.tice.2007.02.004>.

Rodríguez, E. (2017). *Respuesta Fisiológicas de peces sometidos a Estrés*. [Tesis de Pregrado, Universidad de La Laguna].

Rodríguez, L., & Landines, M. (2018). Desempeño productivo y fisiológico de juveniles de *Piaractus brachypomus* sometidos a restricción de alimento. *Orinoquia*, 22 (1), 57-67. <https://doi.org/10.22579/20112629.480>.

Soberón, L., Chu, F., & Panduro, D. (2007). Crecimiento y Parámetros Hematológicos de juveniles de Gamitana *Colossoma macropomum* (CUVIER, 1818) cultivados en tres densidades. *Folia Amazónica*, 16(1-2), 35-45. <https://doi.org/10.24841/fa.v16i1-2.286>.

Vásquez, W., Pereira, M., & Arias, J. (2011). Optimum dietary crude protein requirement for juvenile Cachama (*Piaractus brachypomus*). *Ciência Rural*, 41(12), 2183-2189. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200023>.

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, 102116. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102116>.