



Artículo original / Original article

Evaluación de tres densidades de cultivo de carachama negra (*Pterygoplichthys pardalis*) en fase de engorde

Evaluation of three stocking densities for black carachama (*Pterygoplichthys pardalis*) during the fattening phase

Segundino Benito Camones-Yanac ¹ ; Homero Josué Gómez-Matos ^{1*} ; Olger Jacinto Mochcco-Muñoz ¹

¹Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Madre de Dios, Perú

Recibido: 30/04/2025

Aceptado: 18/06/2025

Publicado: 25/07/2025

*Autor de correspondencia: hgomez@unamad.edu.pe

Resumen: La densidad de cultivo puede afectar el rendimiento productivo, la rentabilidad y las condiciones de crianza de los peces. El objetivo fue evaluar el efecto de tres densidades de cultivo sobre el desempeño productivo, económico y la calidad del agua durante el engorde de carachama negra (*Pterygoplichthys pardalis*). Se utilizaron 1800 peces con un peso promedio inicial de $60,82 \pm 5,00$ g y una longitud estándar de $14,88 \pm 5,00$ cm. Se aplicó un diseño completamente al azar con tres tratamientos: 10 (T1), 15 (T2) y 20 peces/m² (T3), con cuatro repeticiones por tratamiento. La densidad de 10 peces/m² presentó los mejores resultados, con una velocidad de crecimiento en peso de 0,64 g/día, una velocidad de crecimiento en longitud de 0,04 cm/día y una supervivencia del 100%. Este tratamiento también alcanzó un beneficio neto de S/ 5,16 por kilogramo y un mérito económico del 53%. Los parámetros fisicoquímicos del agua fueron similares entre las densidades evaluadas, excepto el pH. Se concluye que la densidad de 10 peces/m² favorece el desempeño productivo y económico de la carachama negra durante la fase de engorde, sin producir alteraciones importantes en la calidad del agua.

Palabras clave: acuicultura; calidad del agua; carachama negra; densidad de cultivo; rentabilidad económica

Abstract: Stocking density can affect productive performance, profitability, and rearing conditions for fish. The objective was to evaluate the effect of three stocking densities on productive and economic performance as well as water quality during the grow-out phase of the black *carachama* (*Pterygoplichthys pardalis*). A total of 1,800 fish were used, with an initial average weight of 60.82 ± 5.00 g and a standard length of 14.88 ± 5.00 cm. A completely randomized design was applied with three treatments: 10 (T1), 15 (T2), and 20 fish/m² (T3), with four replicates per treatment. The density of 10 fish/m² yielded the best results, with a weight growth rate of 0.64 g/day, a length growth rate of 0.04 cm/day, and 100% survival. This treatment also achieved a net profit of S/ 5.16 per kilogram and an economic merit of 53%. Physicochemical water parameters were similar across the evaluated densities, with the exception of pH. It is concluded that a density of 10 fish/m² favors the productive and economic performance of the black carachama during the grow-out phase without causing significant alterations to water quality.

Keywords: aquaculture; water quality; black carachama; stocking density; economic profitability

1. Introducción

La acuicultura constituye una alternativa para incrementar la disponibilidad de pescado, diversificar las actividades productivas y reducir la presión extractiva sobre las poblaciones naturales. En la Amazonía peruana, esta actividad posee especial relevancia debido a la diversidad de especies nativas con potencial para su aprovechamiento sostenible (García Dávila et al., 2018; Guerra Flores, 2006). Sin embargo, el desarrollo de sistemas acuícolas eficientes requiere establecer condiciones de manejo adaptadas a las características biológicas y productivas de cada especie.

Entre los peces presentes en los ecosistemas amazónicos se encuentra la carachama negra (*Pterygoplichthys pardalis*), perteneciente a la familia Loricariidae. Esta especie presenta hábitos asociados al fondo de los ambientes acuáticos y características biológicas que favorecen su adaptación a diferentes condiciones ambientales (Armbruster, 2004; Jimenez-Segura et al., 2014). Aunque en algunos países ha sido considerada una especie invasora debido a su expansión y abundancia (Barba, 2014; Castañeda et al., 2019; Mendoza et al., 2007), en la Amazonía peruana constituye un recurso pesquero utilizado para el consumo humano y con posibilidades de aprovechamiento productivo (García Dávila et al., 2018).

En Madre de Dios, la carachama negra procede principalmente de la pesca en ambientes naturales y, en menor medida, de unidades acuícolas en las que acompaña el cultivo de otras especies amazónicas. En Madre de Dios, la carachama negra procede principalmente de ambientes naturales y también se encuentra en unidades acuícolas donde acompaña el cultivo de otras especies amazónicas. No obstante, la información técnica disponible sobre su crianza especializada continúa siendo limitada, particularmente respecto a su producción en monocultivo durante la fase de engorde.

Las investigaciones sobre la crianza de carachamas se han concentrado principalmente en su reproducción, alimentación y crecimiento durante las primeras etapas de desarrollo. Saldaña Arévalo (2015) estudió la reproducción en cautiverio de la carachama negra, mientras que Balladares Merma y Lezama Cana (2017) evaluaron el suministro de alimento balanceado en juveniles criados en estanques. Asimismo, Vilca Carhuapoma (2019) analizó el rendimiento de alimentos balanceados comerciales sobre el crecimiento de esta especie y Fiestas Ríos (2016) evaluaron diferentes dietas durante sus primeras etapas de desarrollo. Estos antecedentes muestran el interés por su crianza, pero proporcionan información limitada sobre el manejo de la densidad durante la fase de engorde.

La densidad de cultivo es uno de los factores que puede modificar el crecimiento, la supervivencia, la producción de biomasa y el aprovechamiento del espacio disponible. Una densidad reducida puede limitar la productividad del sistema, mientras que una densidad elevada puede incrementar la competencia por alimento y espacio, afectar el crecimiento de los peces y deteriorar las condiciones ambientales de los estanques (Ellis et al., 2002; Nuñez Bustamante, 2017). Por ello, la selección de una densidad adecuada debe considerar conjuntamente el desempeño productivo y la rentabilidad económica del sistema.

El incremento de la densidad también puede generar cambios en la calidad del agua debido a una mayor demanda de oxígeno y a la acumulación de residuos orgánicos y compuestos nitrogenados. La temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, el dióxido de carbono, el amoníaco, los nitritos, la alcalinidad y la dureza son parámetros que influyen en el crecimiento y la supervivencia de los organismos acuáticos (Kubitza, 2003; Ríos Isern, 2021; Rodríguez & Anzola, 2001). En consecuencia, su seguimiento es necesario para determinar si una densidad permite aumentar la producción sin comprometer las condiciones del ambiente acuático.

A pesar de estos antecedentes, existe escasa información sobre el efecto simultáneo de la densidad de cultivo en el desempeño productivo, la rentabilidad y la calidad del agua durante el engorde de *P. pardalis*. Esta falta de información limita la formulación de recomendaciones técnicas para su producción en monocultivo bajo las condiciones de Madre de Dios. Por ello, el objetivo del

presente estudio fue evaluar el efecto de tres densidades de cultivo (10, 15 y 20 peces/m²) sobre el desempeño productivo y económico de la carachama negra durante la fase de engorde, así como sobre la calidad del agua de los estanques.

2. Materiales y Métodos

Diseño experimental y lugar del estudio

Se realizó una investigación experimental bajo un diseño completamente al azar. El ensayo se desarrolló entre junio y septiembre de 2020 en las instalaciones de la empresa Acuicultura Integral ROALCA E.I.R.L., ubicada en el kilómetro 6,5 de la carretera El Prado, comunidad El Prado, distrito y provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, Perú. El establecimiento se localiza en las coordenadas 12°30'33,05" S y 69°11'54,53" O, a una altitud aproximada de 175 m s. n. m. El periodo experimental tuvo una duración de 90 días.

Se utilizaron 1800 ejemplares de carachama negra (*Pterygoplichthys pardalis*) en fase de engorde, con un peso promedio inicial de $60,82 \pm 5,00$ g y una longitud estándar de $14,88 \pm 5,00$ cm. Los peces fueron distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos con cuatro repeticiones cada uno. Cada unidad experimental estuvo constituida por un estanque de tierra rectangular con 10 m² de espejo de agua.

Los tratamientos correspondieron a tres densidades de cultivo: 10 peces/m² (T1), 15 peces/m² (T2) y 20 peces/m² (T3). En cada repetición se sembraron 100, 150 y 200 peces, respectivamente. Por tanto, se utilizaron 400 peces en T1, 600 en T2 y 800 en T3.

Preparación de las unidades experimentales

Antes del inicio del ensayo se retiraron las plantas, ramas, piedras y otros materiales presentes en el fondo y las paredes de los estanques. Posteriormente, las unidades experimentales se llenaron mediante una motobomba con agua previamente filtrada para evitar el ingreso de peces u otros organismos que pudieran interferir con el experimento.

Los estanques fueron fertilizados siete días antes de la siembra para favorecer la formación de fitoplancton y detritos como fuentes complementarias de alimento. Para la fertilización inicial de cada estanque se utilizaron 1,8 kg de carbonato de calcio, 0,05 kg de fertilizante NPK 20-20-20 y 0,13 kg de guano de isla. Los componentes fueron mezclados en 20 L de agua y mantenidos en reposo durante 24 horas antes de su aplicación. Posteriormente, se efectuó una fertilización mensual de mantenimiento durante el periodo experimental, siguiendo las recomendaciones generales para el cultivo de peces amazónicos (FONDEPES, 2018; Guerra Flores, 2006).

Selección, aclimatación y siembra de los peces

Los ejemplares fueron obtenidos de los estanques de engorde de la empresa Acuicultura Integral ROALCA. La captura se realizó mediante una red de pesca tipo medio mundo con una abertura de malla de ½ pulgada. Después de la captura, los peces fueron colocados en recipientes con agua y seleccionados considerando su peso y longitud estándar.

Los ejemplares seleccionados fueron trasladados hasta las unidades experimentales en recipientes con agua. Antes de la siembra se realizó su aclimatación gradual a las condiciones de los estanques con la finalidad de reducir el estrés y prevenir la mortalidad ocasionada por cambios bruscos de temperatura.

Alimentación y manejo

Los peces recibieron alimento comercial peletizado para cerdos con 16,5% de proteína. La ración diaria correspondió al 1% de la biomasa total de cada unidad experimental y fue suministrada una vez al día, a las 08:00 horas. La cantidad ofrecida se ajustó cada 30 días de acuerdo con la biomasa estimada en las evaluaciones biométricas, considerando procedimientos empleados previamente en la crianza de carachamas y peces amazónicos (Balladares Merma & Lezama Cana, 2017; Barba, 2014; FONDEPES, 2018; Vilca Carhuapoma, 2019).

Evaluación del desempeño productivo

Las evaluaciones biométricas se realizaron al inicio del experimento y posteriormente cada 30 días, hasta completar los 90 días de cultivo. En cada evaluación se seleccionó aleatoriamente el 10% de los peces de cada unidad experimental, equivalente a 10 ejemplares por estanque en T1, 15 en T2 y 20 en T3. En total, se evaluaron 180 peces en cada muestreo.

Los muestreos se efectuaron a las 07:00 horas para reducir el estrés ocasionado por las temperaturas elevadas y la radiación solar. La longitud estándar se midió con un ictiómetro de 50 cm y el peso corporal se determinó con una balanza digital de 10 kg de capacidad y 1 g de precisión.

La velocidad de crecimiento en peso se calculó mediante la siguiente expresión:

$$VCP = \frac{PF - PI}{t}$$

donde VCP es la velocidad de crecimiento en peso (g/día), PF es el peso final (g), PI es el peso inicial (g) y t es el tiempo de cultivo (días).

La velocidad de crecimiento en longitud se calculó mediante:

$$VCL = \frac{LSF - LSI}{t}$$

donde VCL es la velocidad de crecimiento en longitud (cm/día), LSF es la longitud estándar final (cm), LSI es la longitud estándar inicial (cm) y t es el tiempo de cultivo (días).

La supervivencia se determinó al finalizar el experimento mediante:

$$S = \frac{NF}{NI} \times 100$$

donde S es la supervivencia (%), NF es el número final de peces vivos y NI es el número inicial de peces sembrados. Estos indicadores se calcularon siguiendo los procedimientos descritos para la evaluación del crecimiento de peces en cultivo (Nuñez Bustamante, 2017).

Evaluación de la calidad del agua

La calidad del agua se evaluó en los 12 estanques experimentales al inicio y a los 30, 60 y 90 días. Se determinaron la temperatura (°C), transparencia (cm), pH, oxígeno disuelto (mg/L), dióxido de carbono (mg/L), amoníaco (mg/L), nitritos (mg/L), alcalinidad (mg/L) y dureza (mg/L).

La temperatura se midió con un termómetro y la transparencia mediante un disco Secchi. Los parámetros químicos se determinaron con un kit limnológico para agua dulce LaMotte, modelo AQ-2. El pH se evaluó mediante un procedimiento colorimétrico, mientras que el oxígeno disuelto, dióxido de carbono, amoníaco, nitritos, alcalinidad y dureza se determinaron mediante procedimientos titulométricos. El monitoreo de estos parámetros permitió verificar las condiciones ambientales de los estanques durante el cultivo (Kubitza, 2003; Ríos Isern, 2021; Rodríguez & Anzola, 2001).

Evaluación económica

La evaluación económica se realizó al finalizar los 90 días de cultivo. Se consideraron como costos variables el alimento, los fertilizantes y la mano de obra, mientras que el costo de adquisición de los peces fue considerado como costo fijo. Los cálculos se realizaron para cada tratamiento y se expresaron por kilogramo de peso vivo producido.

El beneficio neto se calculó mediante:

$$BN_j = PxY_j - (CV_j + CF_j)$$

donde BN_j es el beneficio neto del tratamiento j , P es el precio de venta por kilogramo de pescado, Y_j es la producción obtenida, CV_j representa los costos variables y CF_j los costos fijos.

El mérito económico se estimó mediante:

$$ME = \frac{BN}{CT} \times 100$$

donde ME es el mérito económico (%), BN es el beneficio neto y CT es el costo total de producción. Estos indicadores se calcularon para cada tratamiento a partir de los ingresos obtenidos y los costos totales de producción.

Análisis estadístico

El estanque fue considerado la unidad experimental, con cuatro repeticiones para cada densidad de cultivo. Los datos correspondientes al desempeño productivo, los indicadores económicos y la calidad del agua fueron analizados mediante un análisis de varianza de una vía, considerando la densidad de cultivo como factor principal. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

donde Y_{ij} representa el valor observado en el estanque j sometido a la densidad i , μ es la media general, T_i es el efecto de la densidad de cultivo y ε_{ij} es el error experimental aleatorio.

Cuando el análisis de varianza mostró diferencias significativas, las medias fueron comparadas mediante la prueba de Tukey. Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ y los análisis se realizaron con IBM SPSS Statistics, versión 25.

3. Resultados y Discusión

Desempeño productivo

La velocidad de crecimiento en peso presentó diferencias significativas entre las densidades evaluadas durante todo el periodo experimental ($p < 0,001$). A los 30 días, T1 y T2 mostraron resultados estadísticamente similares y superiores a T3. En cambio, a los 60 y 90 días se identificaron diferencias entre los tres tratamientos. Al finalizar el ensayo, T1 alcanzó la mayor velocidad de crecimiento en peso, con $0,64 \pm 0,02$ g/día, mientras que T2 presentó el menor valor, con $0,21 \pm 0,02$ g/día (Tabla 1). La evolución de este indicador se presenta en la Figura 1.

La velocidad de crecimiento en longitud no presentó diferencias significativas entre los tratamientos a los 30 días ($p = 0,481$) ni a los 60 días ($p = 0,100$). Sin embargo, a los 90 días se encontraron diferencias significativas ($p < 0,001$), con un valor superior en T1, de $0,06 \pm 0,006$ cm/día, respecto de T2 y T3, que alcanzaron $0,02 \pm 0,007$ y $0,03 \pm 0,007$ cm/día, respectivamente. El comportamiento de esta variable durante el periodo experimental se muestra en la Figura 2.

No se encontraron diferencias significativas en la supervivencia entre las densidades de cultivo ($p = 0,542$). Hasta los 60 días, todos los tratamientos mantuvieron una supervivencia del 100%. Al finalizar los 90 días, T1 conservó el 100%, mientras que T2 y T3 alcanzaron 99,50 y 98,75%, respectivamente. La evolución de la supervivencia se presenta en la Figura 3.

Tabla 1. Desempeño productivo de la carachama negra (*Pterygoplichthys pardalis*) sometida a tres densidades de cultivo.

Variable	Periodo	T1: 10 peces/m ²	T2: 15 peces/m ²	T3: 20 peces/m ²	F	p
VCP (g/día)	30 días	$0,69 \pm 0,03^a$	$0,61 \pm 0,05^a$	$0,43 \pm 0,02^b$	43,124	<0,001
VCP (g/día)	60 días	$0,60 \pm 0,04^a$	$0,47 \pm 0,03^b$	$0,35 \pm 0,01^c$	71,786	<0,001
VCP (g/día)	90 días	$0,64 \pm 0,02^a$	$0,21 \pm 0,02^b$	$0,36 \pm 0,02^c$	540,902	<0,001
VCL (cm/día)	30 días	$0,04 \pm 0,001$	$0,03 \pm 0,014$	$0,03 \pm 0,006$	0,794	0,481
VCL (cm/día)	60 días	$0,03 \pm 0,011$	$0,03 \pm 0,007$	$0,02 \pm 0,006$	3,000	0,100
VCL (cm/día)	90 días	$0,06 \pm 0,006^a$	$0,02 \pm 0,007^b$	$0,03 \pm 0,007^b$	22,826	<0,001

Supervivencia final (%)	90 días	100,00	99,50	98,75	0,655	0,542
-------------------------	---------	--------	-------	-------	-------	-------

Nota. Los valores de VCP y VCL corresponden al promedio $\pm$ desviación estándar. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). VCP: velocidad de crecimiento en peso; VCL: velocidad de crecimiento en longitud.

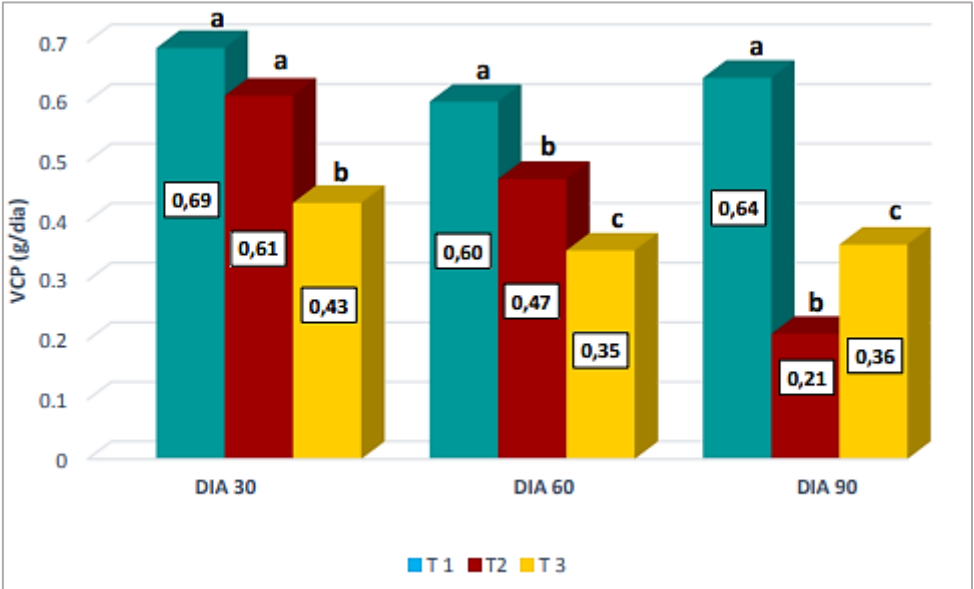


Figura 1. Velocidad de crecimiento en peso de la carachama negra durante los 90 días de evaluación según la densidad de cultivo.

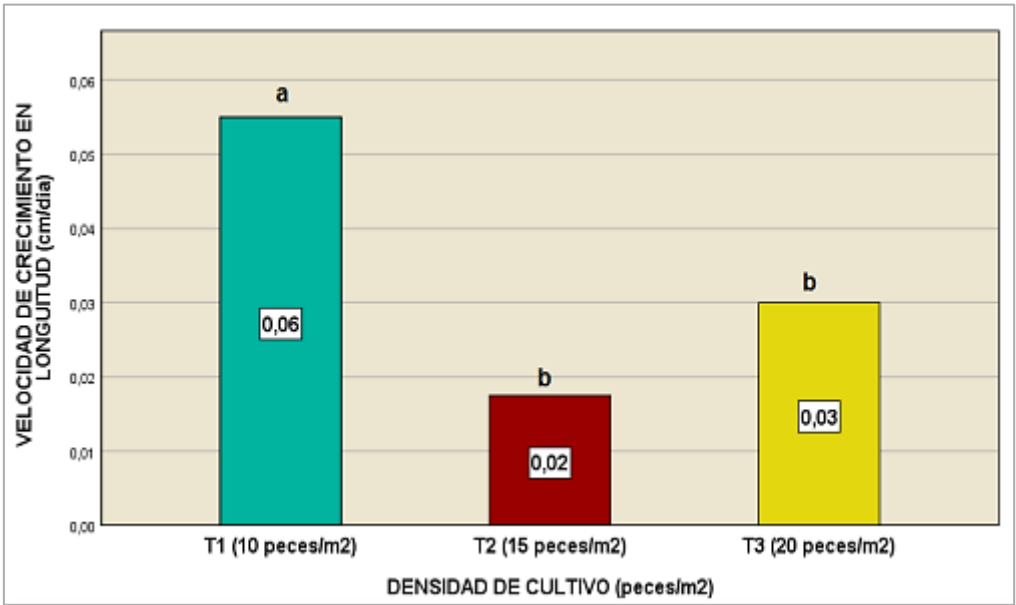


Figura 2. Velocidad de crecimiento en longitud de la carachama negra durante los 90 días de evaluación según la densidad de cultivo.

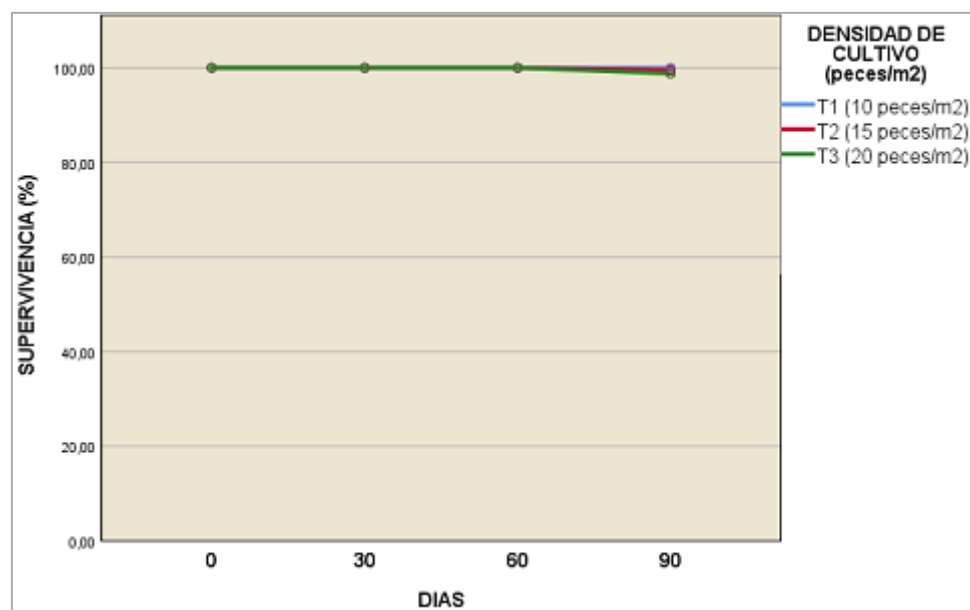


Figura 3. Supervivencia de la carachama negra durante los 90 días de evaluación según la densidad de cultivo.

Evaluación económica

El incremento de biomasa fue de 5,76 kg en T1, 5,75 kg en T2 y 6,57 kg en T3. Aunque T3 alcanzó el mayor incremento absoluto, también presentó el mayor costo total de producción, con S/ 97,79, y el mayor costo unitario, con S/ 14,88 por kilogramo. En contraste, T1 registró el menor costo total y unitario, con S/ 56,67 y S/ 9,84 por kilogramo, respectivamente (Tabla 2).

La densidad de cultivo produjo diferencias significativas en el beneficio neto ($p < 0,001$). T1 alcanzó el valor más elevado, con S/ $5,16 \pm 0,14$ por kilogramo, seguido de T2 con S/ $1,41 \pm 0,49$ y T3 con S/ $0,12 \pm 0,38$. Los tres tratamientos conformaron grupos estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey. La comparación del beneficio neto se presenta en la Figura 4.

También se encontraron diferencias significativas en el mérito económico ($p < 0,001$). T1 presentó el resultado más favorable, con $53 \pm 2\%$, mientras que T2 y T3 alcanzaron $10 \pm 4\%$ y $1 \pm 3\%$, respectivamente. La comparación entre tratamientos se muestra en la Figura 5.

Tabla 2. Producción de biomasa, costos e indicadores económicos del cultivo de carachama negra bajo tres densidades.

Indicador	T1: 10 peces/m ²	T2: 15 peces/m ²	T3: 20 peces/m ²
Biomasa inicial (kg)	6,08	9,17	12,10
Biomasa final (kg)	11,84	14,92	18,67
Incremento de biomasa (kg)	5,76	5,75	6,57
Costo total (S/)	56,67	78,06	97,79
Costo unitario (S//kg)	9,84	13,59	14,88
Beneficio neto (S//kg)	$5,16 \pm 0,14^a$	$1,41 \pm 0,49^b$	$0,12 \pm 0,38^c$
Mérito económico (%)	53 ± 2^a	10 ± 4^b	1 ± 3^c

Nota. Letras diferentes en una misma fila indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Para el beneficio neto: $F = 202,002$ y $p < 0,001$. Para el mérito económico: $F = 331,155$ y $p < 0,001$.

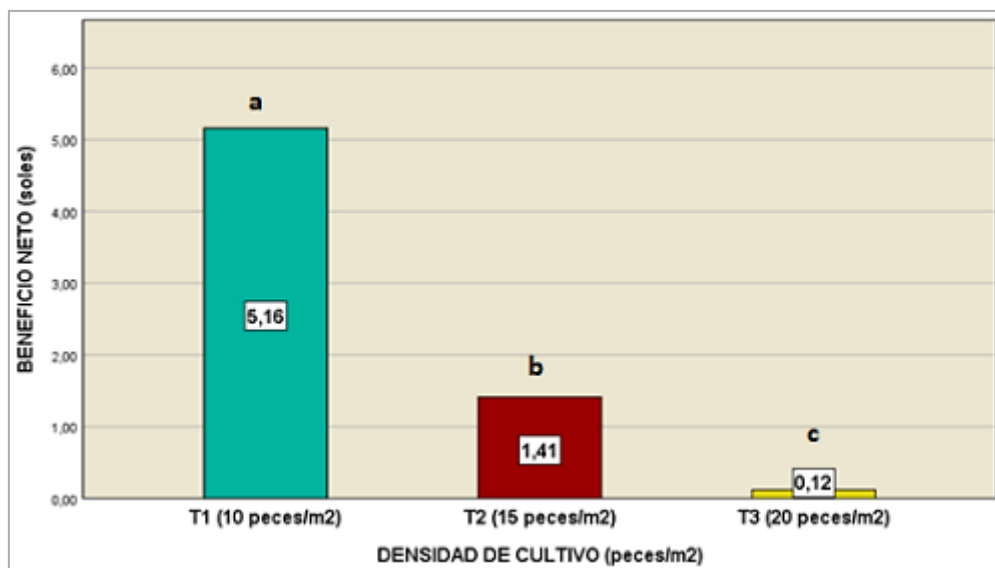


Figura 4. Beneficio neto obtenido en el cultivo de carachama negra según la densidad de cultivo.

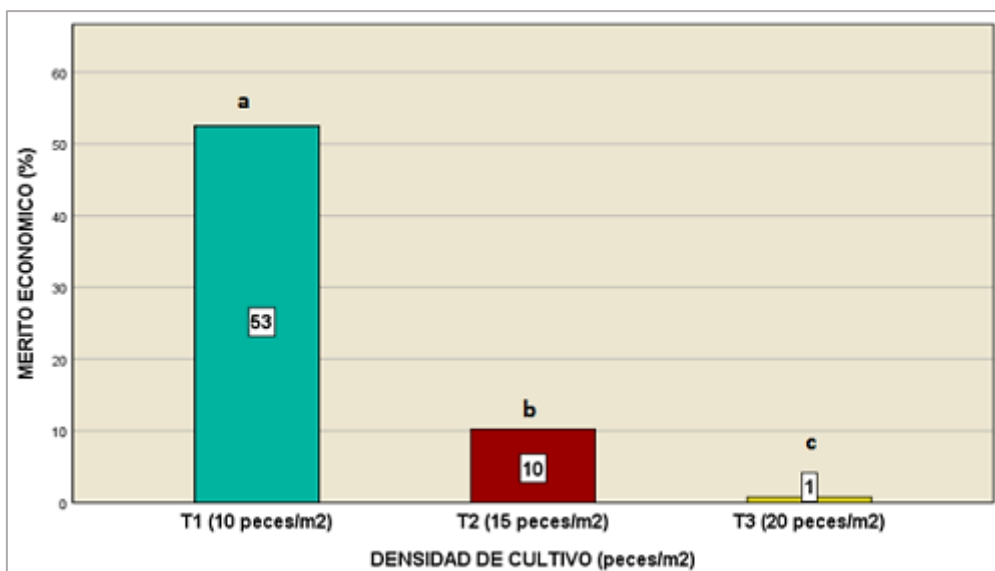


Figura 5. Mérito económico del cultivo de carachama negra según la densidad de cultivo.

Calidad del agua

La temperatura, transparencia, oxígeno disuelto, dióxido de carbono, amoníaco, nitritos, alcalinidad y dureza no presentaron diferencias significativas entre las densidades de cultivo ($p > 0,05$). La temperatura promedio se mantuvo entre 30,06 y 30,31 °C, mientras que la transparencia varió entre 6,38 y 7,81 cm (Tabla 3).

El oxígeno disuelto presentó promedios de $3,56 \pm 0,48$ mg/L en T1, $3,19 \pm 0,60$ mg/L en T2 y $3,38 \pm 0,52$ mg/L en T3. Aunque las diferencias no fueron significativas ($p = 0,754$), los valores disminuyeron durante el periodo experimental. Al día 90 se registraron concentraciones de 3,13 mg/L en T1, 2,63 mg/L en T2 y 2,75 mg/L en T3.

El pH fue el único parámetro de calidad del agua que presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,038$). T1 alcanzó el mayor promedio, con $7,7 \pm 0,26$, seguido de T2 con $7,3 \pm 0,16$ y T3 con $7,2 \pm 0,24$. La prueba de Tukey mostró diferencias entre T1 y T3, mientras que T2

presentó valores estadísticamente similares a ambos tratamientos. La evolución del pH durante los 90 días se muestra en la Figura 6.

Las concentraciones promedio de dióxido de carbono aumentaron numéricamente con la densidad, desde $25,44 \pm 16,09$ mg/L en T1 hasta $31,06 \pm 18,42$ mg/L en T3; sin embargo, las diferencias no fueron significativas ($p = 0,897$). Tampoco se encontraron diferencias en el amoníaco ($p = 0,561$) ni en los nitritos ($p = 0,794$).

La alcalinidad promedio fue de $187,13 \pm 34,71$ mg/L en T1, $226,63 \pm 52,55$ mg/L en T2 y $181,38 \pm 44,08$ mg/L en T3. La dureza presentó valores similares entre tratamientos, con promedios comprendidos entre 181,88 y 186,88 mg/L. Ninguno de estos parámetros mostró diferencias significativas relacionadas con la densidad de cultivo.

Tabla 3. Parámetros de calidad del agua durante el cultivo de carachama negra sometida a tres densidades.

Parámetro	T1: 10 peces/m ²	T2: 15 peces/m ²	T3: 20 peces/m ²	F	p
Temperatura (°C)	$30,09 \pm 0,63$	$30,06 \pm 0,46$	$30,31 \pm 0,60$	0,227	0,801
Transparencia (cm)	$7,81 \pm 1,97$	$7,50 \pm 2,47$	$6,38 \pm 1,89$	0,505	0,620
Oxígeno disuelto (mg/L)	$3,56 \pm 0,48$	$3,19 \pm 0,60$	$3,38 \pm 0,52$	0,291	0,754
pH	$7,7 \pm 0,26^a$	$7,3 \pm 0,16^{ab}$	$7,2 \pm 0,24^b$	4,829	0,038
Dióxido de carbono (mg/L)	$25,44 \pm 16,09$	$29,13 \pm 17,18$	$31,06 \pm 18,42$	0,110	0,897
Amoníaco (mg/L)	$0,90 \pm 0,56$	$0,81 \pm 0,48$	$1,26 \pm 0,76$	0,617	0,561
Nitritos (mg/L)	$0,30 \pm 0,12$	$0,25 \pm 0,04$	$0,27 \pm 0,08$	0,236	0,794
Alcalinidad (mg/L)	$187,13 \pm 34,71$	$226,63 \pm 52,55$	$181,38 \pm 44,08$	1,397	0,296
Dureza (mg/L)	$181,88 \pm 55,58$	$186,88 \pm 58,79$	$186,38 \pm 65,97$	0,008	0,992

Nota. Los resultados se expresan como promedio $\pm$ desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). El pH es una magnitud adimensional.

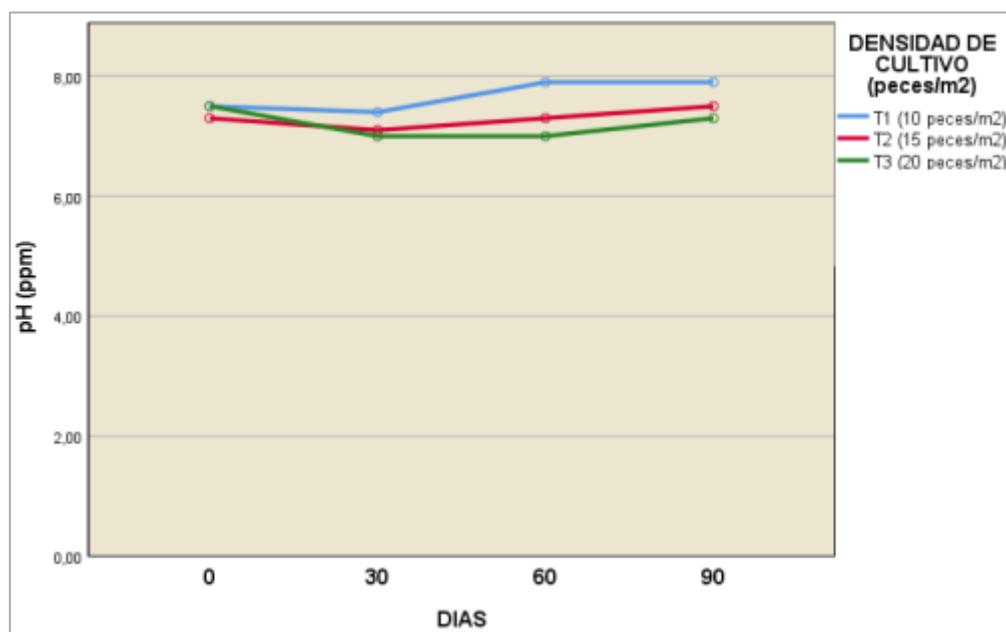


Figura 6. Comportamiento del pH del agua durante el cultivo de carachama negra según la densidad.

Discusión

Los resultados evidenciaron que la densidad de cultivo influyó en el crecimiento y la rentabilidad de la carachama negra durante la fase de engorde. La densidad de 10 peces/m² presentó el mejor

desempeño productivo, mientras que el aumento del número de peces no produjo una mejora proporcional del crecimiento. La velocidad de crecimiento en peso de T1 fue superior a los 0,44 g/días reportados por Vilca Carhuapoma (2019), pero inferior a los 1,88 g/días registrados por Balladares Merma y Lezama Cana (2017). Este comportamiento es consistente con lo observado por Barros et al. (2024) en otro loricárido amazónico, *Hypancistrus zebra*, donde la menor densidad de cultivo favoreció el crecimiento, mientras que el incremento del número de individuos estuvo asociado con una menor tasa de crecimiento. Estas diferencias pueden relacionarse con las distintas densidades, tasas de alimentación, pesos iniciales y condiciones de manejo empleadas en cada estudio (Li et al., 2021). Además, la respuesta de T2 y T3 no siguió un patrón estrictamente proporcional, lo que sugiere la intervención de otros factores además de la densidad.

El crecimiento en longitud también favoreció a T1 al finalizar los 90 días. El valor obtenido fue mayor que los 0,017 cm/días registrados por Vilca Carhuapoma (2019), aunque menor que los 0,08 cm/días informados por Balladares Merma y Lezama Cana (2017). La menor competencia por alimento y espacio podría explicar parcialmente el mejor desempeño observado con 10 peces/m². Asimismo, la fertilización de los estanques habría proporcionado algas, detritos y materia orgánica como fuentes complementarias de alimento. Fiestas Ríos (2016) también observaron una respuesta favorable al combinar alimento balanceado y microalgas durante las primeras etapas de desarrollo de la carachama negra.

La supervivencia no presentó diferencias significativas entre las densidades y se mantuvo elevada en todos los tratamientos, en concordancia con Balladares Merma y Lezama Cana (2017). Sin embargo, al finalizar el ensayo se observaron valores ligeramente menores en T2 y T3. Esto indica que la especie logró adaptarse a las condiciones del cultivo, aunque no permite descartar completamente los posibles efectos de las mayores densidades. La competencia por espacio, la acumulación de materia orgánica y las variaciones en el oxígeno disuelto pudieron contribuir a la mortalidad observada al final del experimento.

La evaluación económica demostró que una mayor biomasa total no implicó necesariamente una mayor rentabilidad. Aunque T3 alcanzó el mayor incremento de biomasa, también presentó los costos más elevados y los menores valores de beneficio neto y mérito económico. En contraste, T1 mostró el mejor equilibrio entre crecimiento, costos y retorno económico. Resultados similares han mostrado que la densidad de cultivo puede modificar simultáneamente la producción y la rentabilidad, por lo que una mayor cantidad de peces no necesariamente representa la alternativa económicamente más eficiente (Oké & Goosen, 2019). Este resultado coincide con lo observado por Balladares Merma y Lezama Cana (2017), quienes encontraron mejores indicadores económicos cuando se empleó una menor cantidad de alimento. Debido a que la alimentación representa uno de los principales costos de la acuicultura (FONDEPES, 2018), una densidad elevada puede disminuir la rentabilidad cuando el aumento de los costos no es compensado por un crecimiento suficiente.

La mayoría de los parámetros de calidad del agua no presentó diferencias significativas entre las densidades; únicamente el pH mostró variaciones. No obstante, durante el ensayo disminuyó el oxígeno disuelto y aumentaron el dióxido de carbono y el amoníaco, cambios relacionados con la respiración, las excretas, la fertilización y la descomposición de la materia orgánica (Kubitza, 2003; Rodríguez & Anzola, 2001). Algunas concentraciones superaron los intervalos recomendados para otros peces amazónicos (FONDEPES, 2018; Ríos Isern, 2021), por lo que la elevada supervivencia debe interpretarse únicamente bajo las condiciones evaluadas. En conjunto, la densidad de 10 peces/m² favoreció el crecimiento y la rentabilidad de la carachama negra durante los 90 días de engorde, aunque los resultados se limitan a una piscigranja, estanques fertilizados y mediciones mensuales de la calidad del agua.

4. Conclusiones

La densidad de cultivo influyó en el desempeño productivo y económico de la carachama negra (*Pterygoplichthys pardalis*) durante la fase de engorde. Entre las condiciones evaluadas, la densidad de 10 peces/m² presentó los resultados más favorables, con una velocidad de crecimiento en peso de 0,64 g/día, una velocidad de crecimiento en longitud de 0,04 cm/día, una supervivencia del 100%, un beneficio neto de S/ 5,16 por kilogramo y un mérito económico del 53%. Aunque la densidad de 20 peces/m² produjo el mayor incremento absoluto de biomasa, sus mayores costos redujeron la rentabilidad. La mayoría de los parámetros de calidad del agua permaneció estadísticamente similar entre los tratamientos, con excepción del pH. En conjunto, la densidad de 10 peces/m² mostró el mejor equilibrio entre crecimiento, supervivencia, rentabilidad y mantenimiento de la calidad del agua bajo las condiciones del experimento.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribución de autores

Camones-Yanac, S. B. Gómez-Matos, H. J. y Mochcco-Muñoz, O. J.: conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, administración del proyecto, validación, visualización, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición.

Referencias bibliográficas

- Armbruster, J. W. (2004). Phylogenetic relationships of the suckermouth armoured catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 141(1), 1–80. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2004.00109.x>
- Balladares Merma, D., & Lezama Cana, L. (2017). *Evaluación del efecto de suministro de alimento balanceado sobre el desarrollo de la carachama(liposarcus sp.) en estado juvenil criados en sistema de estanque*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Barba, E. (2014). Abundancia del plecos (*Pterygoplichthys pardalis*) en sistemas lagunares y ribereños de la cuenca del Usumacinta, Balancán, Tabasco, México. In A. M. Low Pfeng, P. A. Quijón, & E. M. Peters Recagno (Eds.), *Especies invasoras acuáticas: casos de estudio en ecosistemas de México*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: University of Prince Edward Island.
- Barros, F. J. T. de, Bahia, I. R. da S. L., Nascimento, T. P., Moura, M. C. de S., Torres, R. A., Pereira, T. da S., & Sousa, L. M. de. (2024). Effect of Stocking Density on the Growth of the Endangered Amazonian Fish *Hypancistrus zebra* (Siluriformes: Loricariidae). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 34(9). <https://doi.org/10.1002/aqc.4256>
- Castañeda, D., Flórez, Y. C., Luz, S., & Chacón, O. (2019). *Pez diablo (Pterygoplichthys pardalis): ¿Una plaga con potencial para el aprovechamiento agroindustrial?*
- Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M., & Gadd, D. (2002). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61(3), 493–531. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb00893.x>
- Fiestas Ríos, J. J. (2016). *Efecto de dietas a base de microalgas y balanceados en el crecimiento y supervivencia de post larvas de Pterygoplichthys pardalis (Castelnau, 1855) "carachama negra" en cautiverio*. Universidad Nacional del Santa.

- FONDEPES. (2018). *Manual de cultivo de gamitana en ambientes convencionales*.
- García Dávila, C., Sánchez Riveiro, H., Flores Silva, M. A., Mejía de Loayza, E., Angulo Chávez, C., Castro Ruiz, D., Estivals, G., García Vásquez, A., Nolorbe Payahua, C., Vargas Dávila, G., Núñez, J., Mariac, C., Duponchelle, F., & Renno, J.-F. (2018). *Peces de consumo de la Amazonía peruana* (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (ed.)).
- Guerra Flores, H. (2006). *Cultivando peces amazónicos* (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (ed.)).
- Jimenez-Segura, L. F., Alvarez Bustamante, J., Eneida Ochoa, L., Loaiza, A., Londoño, J. P., Restrepo Santamaria, D., Aguirre, K., Hernandez-Serna, A., Corrêa, D., & Jaramillo, U. (2014). *Guía Ilustrada Peces cañón del río Porce. Región de los Andes de Colombia* (Universida). Universidad de Antioquia, Herbario Universidad de Antioquia - Medellín, Colombia.
- Kubitza, F. (2003). *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*.
- Li, L., Shen, Y., Yang, W., Xu, X., & Li, J. (2021). Effect of different stocking densities on fish growth performance: A meta-analysis. *Aquaculture*, 544, 737152. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737152>
- Mendoza, R., Contreras, S., Ramírez, C., Koleff, P., Álvarez, P., & Aguilar, V. (2007). Los peces diablo: Especies invasoras de alto impacto. *Biodiversitas*, 70, 1-5.
- Núñez Bustamante, W. (2017). *Efecto de cuatro densidades de cultivo de oreochromis niloticus (tilapia) en fase de crecimiento, sobre los parámetros bioeconómicos*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Oké, V., & Goosen, N. J. (2019). The effect of stocking density on profitability of African catfish (*Clarias gariepinus*) culture in extensive pond systems. *Aquaculture*, 507, 385-392. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.04.043>
- Ríos Isern, E. (2021). *Calidad de agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos*. Universidad Nacional De La Amazonia Peruana.
- Rodríguez, H., & Anzola, E. (2001). La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura. In *Fundamentos de acuicultura continental*. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.
- Saldaña Arévalo, M. A. (2015). *Reproducción en cautiverio de la "Carachama negra" Liposarcus pardalis (Castelnau, 1855) en el centro de investigación "Carlos Miguel Castañeda Ruíz, IIAP San Martín - Perú*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Vilca Carhuapoma, E. (2019). *Rendimiento de alimentos balanceados comerciales en el crecimiento de Pterygoplichthys sp. "carachama negra", Madre de Dios, 2018 - 2019*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.