Revista de Investigaciones
e-ISSN 2077-8686 | ISSN 1997-4035

DOI: 10.26788/ri.v15i2.7726
Artículo Original

Evaluación de la densidad de cultivo de alevinos de carachi amarillo (*Orestias luteus* Valenciennes, 1839) mediante un sistema de microcosmos

Evaluation of the culture density of yellow carachi fry (*Orestias luteus* Valenciennes, 1839) using a microcosm system

David Yanarico Huanca[1,*], Juan Mamani Ochochoque[2,*], Lenin David Paredes Mamani[3,*]

[1] Fundación Titicaca Perú, Puno, Perú, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3158-0725, CORREO: davis_dyh@hotmail.com
[2] Fundación Titicaca Perú, Puno, Perú, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8037-8377, CORREO: juanorestias@hotmail.com
[3] Fundación Titicaca Perú, Puno, Perú, ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9140-3619, CORREO: lenin.paredes@cip.org.pe

Resumen

La densidad de cultivo en peces varía y no existe un valor definido, por lo que es indispensable efectuar investigaciones para cada especie nativa. El objetivo fue evaluar el impacto de diferentes densidades en el crecimiento de alevinos de *O. luteus,* mediante un sistema de microcosmos con agua de lago, para determinar si existen diferencias significativas en su desarrollo. El experimento se realizó en el parque de cultivo prototipo de la Fundación Titicaca Perú (FUNTI PERÚ), Centro Poblado de Ichu, Puno, entre enero y marzo de 2020. Se implementó un diseño de bloques completamente al azar con tres tratamientos, evaluados por triplicado. Se emplearon 180 organismos con un peso promedio inicial de 0,0088 ± 0,0007 g, distribuidos en nueve tanques troncopiramidales de 500 litros de capacidad. Se probaron tres densidades de cultivo: 200, 300 y 400 alevinos/m³. La alimentación se basó en flóculos vivos. La calidad del agua medida fue: temperatura de 14,5 °C, oxígeno disuelto de 6,1 mg/l y un pH de 7,9, sin realizar recambios. Los resultados mostraron que las densidades evaluadas no generaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la tasa de crecimiento específico. Sin embargo, los alevinos cultivados a una densidad de 300 peces/m³ lograron una longitud promedio de 2,62 cm y una TEC del 1,12 %. En conclusión, la densidad de 300 peces/m³ representa una opción prometedora, tanto sostenible como eficiente en el cultivo de alevinos de *Orestias*, posicionándose como una herramienta científica para la conservación del ecosistema y la preservación de esta especie nativa.

Palabras clave: Alevinos, crecimiento, densidad, microcosmos, *orestias.*

Abstract

Stocking density for fish varies and lacks a universally defined value; therefore, conducting research specific to each native species is essential. The objective was to evaluate the impact of different stocking densities on the growth of *O. luteus* fry, using a microcosm system with lake water, to determine whether significant differences in their development exist. The experiment was conducted at the prototype aquaculture facility of the Titicaca Peru Foundation (FUNTI PERÚ), located in the Ichu community, Puno, between January and March 2020. A randomized complete block design with three treatments—each evaluated in triplicate—was implemented. A total of 180 individuals, with an initial average weight of 0.0088 ± 0.0007 g, were distributed across nine 500-liter truncated-pyramidal tanks. Three stocking densities were tested: 200, 300, and 400 fry/m³. The fish were fed with live flocs. Water quality parameters were as follows: temperature 14.5 °C, dissolved oxygen 6.1 mg/L, and pH 7.9, with no water exchanges performed. The results indicated that the tested densities did not produce significant differences ($p < 0.05$) in the specific growth rate. However, fry reared at a density of 300 fish/m³ reached an average length of 2.62 cm and a specific growth rate of 1.12%. In conclusion, a density of 300 fish/m³ represents a promising, sustainable, and efficient option for the culture of *Orestias* fry, serving as a scientific tool for ecosystem conservation and the preservation of this native species.

Keyword: Density, Fry, growth, microcosm, *orestias.*

Recibido: 11/04/2026
Aceptado: 02/06/2026
Publicado: 30/06/2026
***Autor para correspondencia:** davis_dyh@hotmail.com

Como citar: Yanarico Huanca, D., Mamani Ochochoque , J ., & Paredes Mamani , L. D. .(2026). Evaluación de la densidad de cultivo de alevinos de carachi amarillo (*Orestias luteus* Valenciennes, 1839) mediante un sistema de microcosmos. *Revista De Investigaciones, 15*(2), 51-61. https://doi.org/10.26788/ri.v15i2.7726

Introducción

Una alta densidad de población no solo afecta el crecimiento de los peces, sino que también un impacto negativo en la tasa de conversión alimenticia (Fátima et al. 2020). Esta tasa es crucial, ya que determina la generación de residuos y el consumo de oxígeno, por lo que la masa de peces que puede ser cultivada por unidad de volumen dependerá de la especie y el tamaño de los peces (Timmons et al. 2009). Asimismo, cada ambiente y lote se han de dar resultados diferentes en cuanto a mortalidad y crecimiento (López, 2003). Las condiciones medioambientales fueron un factor que influyó considerablemente en el crecimiento, desarrollo y adaptación de los peces, incluso con ambiente de fotoperiodo natural (Reyes, 2018; Mamani et al. 2022).

Las *Orestias sp* son sexualmente maduros a lo largo de todo el año, la temporada alta de reproducción es de octubre a diciembre (QOLLASUYO, 2003). Se entrega información sobre el crecimiento en cautiverio de esta especie (Amaru, 2021). En este contexto, es urgente y oportuno pensar en proyectos que estén centrados en la protección, conservación, repoblamiento y recuperación de la especie y de la diversidad íctica del lago (Anahua, 2017).

El mejor rendimiento de los juveniles de chita (*Anosotremus scapularis*) en las dos etapas de desarrollo se obtuvo en las más altas densidades (5,3 y 5 kg m^{-3}) bajo condiciones de laboratorio (Cota et al. 2024). Asimismo, se ha observado que, a medida que se incrementa la densidad el beneficio es mayor (Cruz, 2010). En este sentido, la densidad de 400 peces/m^3 (equivalente a 0,84 g/L de biomasa inicial) son las condiciones más apropiadas para el crecimiento de juveniles de cabrilla arenera (*Paralabrax maculatofaciatus*) cultivados en laboratorio (Anguas et al. 2003). No obstante, el mejor desempeño (peso final, longitud total final, tasa de crecimiento absoluta y específica, factor de conversión alimenticia y eficiencia alimenticia) fue obtenido en el grupo de menor densidad (77 peces.m^{-3}) (Rossi, 2010) y para el ensayo de densidad de larvas de (*Paralichthys. Adspersus),* se obtuvo la más alta sobrevivencia en el tratamiento de 10 larvas /litro con 10 ±3,72 % y una longitud de 9,35 ±0,48 mm. (Passaro, 2015), así tambien, evaluaron un ensayo para cobia *Rachycentron canadum*, a una densidad de 10, 20 y 30 larvas/l; en dicho estudio reportó que no se mostró una diferencia significativa en crecimiento para los tratamientos de 10, 20 y 30 larvas/l con una longitud de 14,1 ± 0,5 mm, 13,0 ± 0,3 mm y 13,7 ± 0,5 mm, respectivamente Hitzfelder et al. (2006).

Referente a la producción de alevinos en la especie *Orestias luteus* fue alta lo cual indica que puede permitirse el procedimiento realizado para su conservación en el lago Titicaca (Mamani & Méndez, 2016) a la vez que la mayor talla de peces obtenida a los 240 días fue de 32 mm ± 0,16 (Amaru et al. 2021), de igual modo obtuvieron un incremento de 4,54 mm y en peso 0,0045 mg a su peso inicial (Valenzuela, 2018) en que el sistema de producción Air fluid fue el más efectivo en el crecimiento de alevinos y juveniles de *Orestias luteus* (Yanarico, 2013). Para la siembra de alevinos, los estanques rústicos deben estar apropiadamente acondicionados y contener la productividad necesaria de la biomasa como ser: plantas acuáticas, fito y zooplancton principalmente. Con un flujo de agua constante de aproximadamente 5 litros por minuto (CIDAB, 2002), en el que se requieren nuevos ensayos proporcionando mayor zona fótica del estanque (García et al. 2011).

En otros estudios, consistió en acondicionar *Orestias sp.*, en una jaula flotante con una densidad de 2 peces/m^3, donde se registró la temperatura, pH y oxígeno disuelto del agua diariamente, además, se realizó biometrías cada fin de mes para evaluar el crecimiento del pez (Roque, 2019). Además, se reportó el incremento de peso 0,85 g, el incremento en talla 0,69 cm y tasa de crecimiento específico 0,44 % en juveniles de Orestias sp (Carachi) (Flores, 2022). Así, debe comprender el desarrollo de sistemas para el cultivo intensivo de estas especies (Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca, 2021). Por otro lado, los flóculos contribuyen como fuente de alimento natural in situ, debido a que gran cantidad de organismos pueden estar asociados incluyendo comunidades microbianas heterótrofas (Monroy, 2013; Vega, 2015; Abril et al. 2018) y los valores de oxígeno, pH y temperatura se mantuvieron en niveles adecuados para el sistema BFT (Bernuy, 2016; Jiménez, 2018; Mollinedo, 2021).

Tomando en consideración los escasos estudios sobre la densidad de cultivo de carachi amarillo, se efectuó un experimento de densidad con el objetivo de evaluar el impacto de diferentes densidades de cultivo en el crecimiento de alevinos de *O. luteus* mediante un sistema de microcosmos con agua de lago. Se formuló la siguiente hipótesis: Ho: No existen diferencias significativas en el impacto de distintas densidades sobre el crecimiento de los alevinos de *O. luteus* en el citado sistema de microcosmos. H1: Existen diferencias significativas sobre el impacto de diferentes densidades en el crecimiento de alevinos de *O. luteus,* mediante un sistema de microcosmos con agua de lago.

Métodos

Ámbito o Lugar de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el parque de cultivo prototipo de la Fundación Titicaca Perú (FUNTI PERÚ), situado cerca de la zona costera del lago Titicaca a 3878 metros sobre el nivel del mar. Este lugar se encuentra específicamente en la parcialidad de0 Salliwa, dentro del Centro Poblado de Ichu, a 9,0 km de la ciudad de Puno, en el distrito y provincia del mismo nombre, en Perú. Las coordenadas geográficas del lugar son: 15° 52' 42,1" de latitud sur (- 15,87837004000), 69° 56' 31,5" de longitud oeste (- 69,94208401000).

Figura 1

Lugar de estudio de la densidad de cultivo de carachi amarillo - 2020.



Nota. Parque de cultivo prototipo destinados al desarrollo de cultivo de carachi amarillo, con bombeo de agua del lago, tecnología biofloc y uso de energía solar.

Descripción de métodos

Unidad experimental

Los alevinos de carachi amarillo se obtuvieron en la Fundación Titicaca Perú, a partir de huevos desovados el 3 de noviembre de 2019, los cuales fueron incubados a una temperatura de 14,5 °C. El carachi amarillo (*Orestias luteus*), pez nativo de la cuenca del Lago Titicaca, al ser una especie amenazada por la sobrepesca, diversas entidades del sector, académicos y organizaciones de la sociedad civil unen esfuerzos para salvaguardar su biodiversidad. Su importancia radica en su carácter endémica del altiplano andino, su aporte al sustento y un alto valor económico local de las comunidades originarias y familias de pescadores y valor culinario en platos tradicionales como el thimpo. Además, destaca por su composición de proteína de alta calidad, minerales esenciales, y ácidos grasos saludables.

Antes de iniciar el estudio, las larvas, desde el momento de la absorción del vitelo (DAV), fueron alimentadas con nauplios recién eclosionados de Artemia salina como fuente de alimento vivo. La dosis consistió en 1,35 ml de nauplios, administrados en tres raciones diarias durante un periodo de 23 días (0 - 23 DAV), hasta alcanzar el peso necesario para empezar el experimento. Las etapas de desarrollo del cultivo consideradas para el carachi amarillo abarcan desde la fase de huevos, pasando por larvas y post larvas, hasta llegar a alevinos.

Figura 2

Alevino de carachi amarillo de 90 días de edad, con buen aspecto - 2020.



Nota. Imagen obtenida en cultivo de tanques piramidales procedente del Lago Titicaca.

Tiempo y diseño del experimento

El experimento tuvo una duración de 90 días, comprendidos entre los meses de enero hasta marzo del 2020, coincidiendo con el verano en el hemisferio sur. Para ello, se emplearon nueve tanques microcosmos con forma de tronco de pirámide invertido y una capacidad total de 500 litros cada uno. De ese volumen, 200 litros correspondían al agua destinada al cultivo, con densidades de 40, 60 y 80 alevinos en cada tanque. Sus dimensiones eran 0,67 m de altura, 0,9 m de base mayor y 0,6 m de base menor, lo que equivale a un volumen aproximado de 0,499 m^3, con una capacidad de carga de 0,0026 kg/m^3, acondicionados y preparados previamente un mes antes de los tratamientos. Se abasteció de aireación constante con un caudal aproximado de 4 L/min (similar a un aireador pequeño de una sola salida) a través de una bomba de aire de 38 L/min con 10 salidas, que funcionó con energía fotovoltaica de 3000 watts que consta de seis paneles solares.

El sistema estuvo suministrado con agua de lago por bombeo con un caudal de 0,6 L/seg, sin realizar recambios significativos, excepto por la reposición del volumen perdido debido a la evaporación, equivalente al 5 % cada 15 días. Esto ayudó a reducir el consumo de agua y a evitar la descarga de efluentes en el ambiente. Antes de ingresar al sistema, el agua pasó por un filtro de cartucho con capacidad para retener partículas de hasta 5 micras. El ensayo estuvo supeditado a un fotoperiodo natural típico de verano, con una duración aproximada de entre 12 horas y 35 minutos a 12 horas y 58 minutos de luz diaria, caracterizado por días más largos, lo que aseguraba condiciones lumínicas apropiadas para los tratamientos efectuados.

Selección de organismos y sistema de cultivo

Para evaluar el impacto de la densidad, se seleccionaron 180 organismos con un peso promedio de 0,0088 ± 0,0007 g. Estos se distribuyeron en 9 tanques, probándose tres densidades diferentes: 1,76 g/m^3, 2,64 g/m^3 y 3,52 g/m^3 (equivalentes a 0,00176 kg/m^3, 0,00264 kg/m^3 y 0,00352 kg/m^3, respectivamente), lo que corresponde a 200, 300 y 400 alevinos/m^3 en cada caso. Cada tratamiento experimental contó con tres réplicas para garantizar la fiabilidad de los resultados. Las densidades se designaron como D1 (200 alevinos/m^3), D2 (300 alevinos/m^3) y D3 (400 alevinos/m^3), teniendo en cuenta la especie del entorno, así como sus condiciones fisiológicas, térmicas y de hábitat, y representan niveles controlables en el sistema utilizado.

En el sistema de microcosmos, la alimentación de los alevinos se basó exclusivamente en flóculos vivos que actúan como un alimento natural in situ a libre disponibilidad. Estos organismos están siempre al alcance de los peces, ya que los flóculos permanecen suspendidos en el agua debido a la aireación continua.

Este método dependió tanto de la disponibilidad de flóculos bacteriano como de la productividad natural del sistema. Para asegurar su disponibilidad, en cada tratamiento se adicionaron inóculos de flóculos previamente preparados. La dieta consistió en aprovechar los desechos orgánicos (como las heces) y los nutrientes presentes en el agua, que fueron transformados por microorganismos en aglomerados conocidos como bioflóculos. Estos están compuestos por bacterias, protozoarios, algas, microalgas y diversos organismos del zooplancton.

Entre los organismos destacados de esta comunidad se identificaron Chlorella sp. como microalga, Ceriodaphnia sp. como cladócero y Brachionus calyciflorus como rotífero. Para estimular este proceso, se añadió melaza como fuente de carbohidratos al 50 % CM (según la ecuación propuesta por Bernuy G. M., 2016) y se implementó una aireación constante, lo cual facilitó la actividad bacteriana y la transformación efectiva de los residuos en flóculos comestibles.

Cabe destacar que los tanques de cultivo no requirieron recambios de agua, ya que los desechos de los peces se convierten en materia viva gracias a una comunidad de microorganismos. Con la aireación constante, el agua no se vacía ni se renueva, sino que solo se repone el volumen perdido por evaporación o sifonado. Esta característica diferencia al sistema de los métodos tradicionales y representa una particularidad destacada de este experimento (Figura 3).

Figura 3
Sistema de microcosmos compuesto por tanques utilizado en la densidad de cultivo de carachi amarillo - 2020.



Nota. Sistema de microcosmos diseñados para optimizar la oxigenación y el suministro de nutrientes.

Procesos del experimento

De los ejemplares en estudio se efectuaron muestreos biométricos en forma mensual de 10 peces, evaluando el tamaño (cm) con un ictiómetro al 0,1 cm y peso (g) con una balanza analítica Mettler Toledo GmbH (capacidad máxima 220 g, resolución 0,1 mg), en cada ejemplar muestreado. Los parámetros de crecimiento empleados para la evaluación de los tratamientos fueron los siguientes: TEC = Tasa específica de crecimiento (% / día) = 100 * {[ln (WF) – ln (WI)] / t}, donde: ln (WF) = logaritmo natural del peso húmedo final, ln (WI) = logaritmo natural del peso húmedo inicial, t = tiempo en días, y, además, la ganancia de peso [GP: (peso final (g) - peso inicial (g)], ganancia de talla [GT: (talla final (cm) - talla inicial (cm)]. Al final de los 3 meses del experimento se determinaron dichas variables. Durante este periodo se registró diariamente la temperatura (°C) con un termómetro manual digital (escala 0 a 50 °C con precisión de 0,1 °C), el oxígeno disuelto (mg/l) y el PH con un medidor multiparámetro HANNA HI98194. Las características físicas y químicas del agua determinados en proceso del experimento fueron: Temperatura 14,5, oxígeno disuelto 6,1 mg/l, pH 7,9 respectivamente.

Obtención de resultados y procesamiento de Información

Los datos del peso final se presentaron como media ± desviación estándar. Posteriormente, la tasa de crecimiento específico se analizó mediante un análisis de varianza de una sola vía para evaluar los efectos principales de la densidad, previa verificación de la homogeneidad de varianzas utilizando la prueba de Levene. El efecto principal encontrado no resultó significativo, con un valor de P > 0,05, por lo que no se determinaron diferencias entre las medias. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo empleando el software SPSS en su versión 27.

Resultados y Discusión

Al finalizar los 90 días del experimento con las tres densidades analizadas, se apreció que los organismos cultivados a 200, 300 y 400 peces por metro cúbico alcanzaron una tasa específica de crecimiento promedio de 1,07, 1,12 y 1,06 % por día, respectivamente. Estos valores muestran una tendencia muy similar entre las densidades de los tres tratamientos evaluados (Tabla 1).

Tabla 1
Valores promedio (desviación estándar) de crecimiento en alevinos de O. luteus

Variable	Tratamientos		
	D1: 200 peces/m³	D2: 300 peces/m	D3: 400 peces/m³
Peso inicial (g)	0,0084 ± 0,00052	0,0094 ± 0,0011	0,0087 ± 0,00048
Peso final (g)	0,1462 ± 0,0389	0,1639 ± 0,01227	0,1582 ± 0,0366
TEC[1] (% día)	1,07 ± 0,12	1,12 ± 0,17	1,06 ± 0,093

El sistema de microcosmos es un modelo de ecosistema natural a pequeña escala, basado en el uso de tanques tipo biotopo. Estos tanques son ideales para albergar peces nativos y están diseñados para fomentar un equilibrio biológico entre el agua, los microorganismos y los peces. Para que funcionen adecuadamente, es crucial conocer las características físico-químicas del agua, como la temperatura, el oxígeno disuelto, el pH, la iluminación, la presencia de microorganismos y las concentraciones de nutrientes. Además, requieren menos mantenimiento en comparación con los sistemas tradicionales, lo que resulta esencial para favorecer el desarrollo de bacterias beneficiosas y bioflóculos antes de la incorporación de los peces durante los meses de estudio (días 31, 29 y 90), se recopilaron datos sobre la longitud total de los alevinos de carachi amarillo bajo diferentes tratamientos (expresados como promedio ± desviación estándar). Durante este periodo, los organismos se mantuvieron a una temperatura constante de 14,5 °C y se alimentaron con flóculos vivos disponibles en el sistema de cultivo en tanques. Estos resultados están relacionados con procesos biológicos como la hiperplasia, que consiste en el incremento en el número de células en los tejidos, y la hipertrofia, que implica el aumento del tamaño celular durante gran parte de su vida de alevinaje.

Al llegar al día 90, los peces criados a densidades de 200 y 400 individuos por metro cúbico presentaron longitudes similares (2,55 ± 0,0500 y 2,56 ± 0,0057, respectivamente). Por otro lado, los peces mantenidos a una densidad de 300 individuos por metro cúbico alcanzaron una longitud mayor (2,62 ± 0,0057) en comparación con los grupos mencionados anteriormente (Tabla 2).

Tabla 2
Longitud total (cm) de alevinos de Orestias luteus según las densidades durante el periodo de estudio.

Día	200 peces/m^3	300 peces/m^3	400 peces/m^3
31	1,40 ± 0,0057	1,45 ± 0,0305	1,41 ± 0,0100
59	1,88 ± 0,0200	1,96 ± 0,0550	1,89 ± 0,0100
90	2,55 ± 0,0500	2,62 ± 0,0057	2,56 ± 0,0057

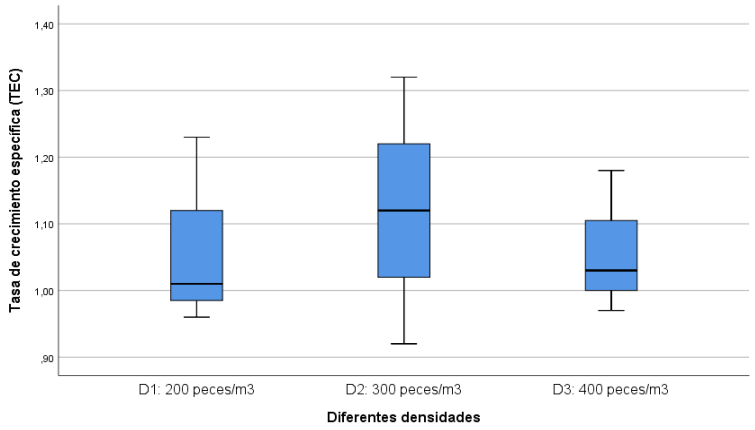
El análisis de varianza no reveló diferencias estadísticas significativas (P > 0,05) entre las densidades evaluadas (Tabla 3). Esto contribuye a sentar las bases para la sostenibilidad en el cultivo de peces nativos de la cuenca del lago Titicaca. Es importante resaltar que las experiencias preliminares realizadas servirán como base para investigaciones futuras sobre las densidades evaluadas en el Carachi amarillo, abriendo oportunidades para fortalecer el cultivo de esta especie nativa del Altiplano Puneño. En términos de crecimiento de los peces, medido por el peso final promedio, la ganancia de peso presentó un comportamiento similar en los tres niveles de densidad evaluados.

Tabla 3
Análisis de varianza de la Tasa Específica de Crecimiento (TEC) de alevinos de carachi amarillo cultivados en sistema de microcosmos controlado.

ANOVA Tasa de crecimiento específica (TEC)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,006	2	,003	,135	,877
Dentro de grupos	,145	6	,024		
Total	,151	8			

En el tratamiento D2: 300 peces/m³, la TEC mostró un ligero incremento en su efecto, lo que indica un impacto relacionado con la densidad en comparación con los otros tratamientos (Figura 4).

Figura 4
Efecto de la densidad de cultivo sobre la tasa de crecimiento de alevinos de carachi amarillo cultivados en sistema de microcosmos controlado.



Al analizar la Tasa Específica de Crecimiento de los alevinos de carachi amarillo determinada para las tres densidades evaluadas, se observa que los resultados obtenidos (200 peces/m³ con 1,07, 300 peces/m³ con 1,12 y 400 peces/m³ con 1,06) no presentan diferencias significativas ($P > 0,05$). Estos valores son comparables a los reportados por Rossi (2010), para cabrilla sardinera (1,36, 1,15 y 1,06 %·día^{-1}). En ese mismo estudio, Rossi señala que los grupos cultivados a menor densidad mostraron diferencias estadísticas significativas en comparación con los grupos de mayor densidad ($P = 0,014$). Sin embargo, al día 61, no se encontraron diferencias significativas en la tasa específica de crecimiento.

De manera similar, otro estudio de Reyes (2018), respalda esta tendencia, reportando valores de 1,15 % para tilapia roja y 1,1 % para carpa roja. En cuanto a los resultados obtenidos en este trabajo, se puede inferir que, en el caso del carachi amarillo, un aumento en la densidad de cultivo no genera diferencias estadísticas significativas en la Tasa Específica de Crecimiento, lo que podría ser una característica propia de esta especie bajo las condiciones evaluadas.

Por otro lado, Ferrari y Bernardino (1984), citados por Deza (2002), reportan iguales resultados con la especie *Piaractus mesopotamicus*, a densidades de 5 000 y 10 000 peces, sin encontrar diferencias significativas en longitud y peso; coincide con lo reportado aquí. También existen reportes de comportamiento de crecimiento en otras etapas de desarrollo de peces, como en el periodo larval. Hitzfelder et al. (2006) evaluaron un ensayo para cobia *Rachycentron canadum*, a una densidad de 10, 20 y 30 larvas/l; en dicho estudio reportó que no se mostró una diferencia significativa en crecimiento para los tratamientos de 10, 20 y 30 larvas/l con una longitud de 14,1 ± 0,5 mm, 13,0 ± 0,3 mm y 13,7 ± 0,5 mm, respectivamente. Estos resultados indican que la densidad tiene una influencia específica en supervivencia y longitud, concordando con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde para las densidades de 200, 300 y 400 peces/m³ la TEC no mostró diferencias significativas.

El crecimiento en peces nativos del lago Titicaca también ha sido documentado en diversas investigaciones. Por ejemplo, en el caso del carachi amarillo, durante la fase de alevinaje, se reportó un mayor crecimiento de 0,5 cm/mes en un sistema de Air-Fluid (Yanarico, 2013). Por otra parte, otro estudio sobre Orestias luteus determinó que los peces alcanzaron una talla de 9,3 mm con un incremento de 4,54 mm respecto a la medida inicial; mientras que, haciendo una comparación de tamaño obtenido en carachi amarillo, a los 240 días fue de 32 mm ± 0,16 (Amaru et al. 2021), en cambio en nuestro estudio a los 90 días alcanzó una longitud promedio de 2,62 ± 0,0057 cm, lo que indica un mejor rendimiento. Esto podría

deberse a las condiciones del sistema de cultivo, especialmente la calidad del agua y la alimentación.

En términos de peso, este comenzó en 0,0058 mg y llegó a 0,0103 mg, mostrando un incremento de 0,0045 mg desde el peso inicial (Valenzuela, 2018). En cuanto a los alevinos de T. rivulatus, alimentados con diferentes fuentes de alimento, se observaron variaciones en su crecimiento en talla. Aquellos alimentados con Artemia salina presentaron un promedio de 1,980 cm, mientras que los alimentados con Daphnia pulex alcanzaron los 1,998 cm. Finalmente, los peces que recibieron una combinación de A. salina y D. pulex registraron un promedio de 1,918 cm (Loayza, 2017).

La ganancia de peso obtenida para los tres tratamientos con densidades D1 (0,1462 ± 0,0389), D2 (0,1639 ± 0,01227) y D3 (0,1582 ± 0,0366) presentó valores promedio con desviaciones estándar significativamente inferiores a 0,05. Estos resultados difieren de los reportados por Anguas et al. (2003), quienes trabajaron con tratamientos a 24 °C y densidades de 266 y 400 peces/m³, obteniendo promedios de 0,47 y 0,11, respectivamente. Las diferencias pueden atribuirse al hecho de que en dicho estudio se utilizaron juveniles con un peso promedio de 2,1 g, lo que influyó en los valores observados.

Las diferencias en los resultados con otros trabajos probablemente se relacionan con el tipo de sistemas de cultivo (tanques-jaulas), la composición y tipo de alimentos, el tamaño y la densidad de los peces, así como las temperaturas de cultivo (Anguas et al.,2003). Sin embargo, dado el limitado número de investigaciones disponibles sobre esta especie, estos resultados proporcionan un marco de referencia útil para evaluar si el crecimiento observado en nuestro estudio refleja condiciones óptimas de cultivo para los alevinos y juveniles de carachi amarillo.

Conclusiones

En el cultivo de alevinos de carachi amarillo en sistemas de microcosmos, se concluye que las densidades de 200, 300 y 400 peces por metro cúbico no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$) en la tasa de crecimiento específico. Esto indica que las densidades empleadas no afectan directamente el crecimiento y no generan deterioro del agua ni competencia alimentaria dentro del sistema. Sin embargo, para lograr un desarrollo óptimo, la densidad de 300 peces por metro cúbico por tanque se determinó como la más adecuada. A los 90 días, esta densidad mostró un aumento en la tasa de crecimiento (1,12 ± 0,17 %) y una longitud promedio de 2,62 ± 0,0057 cm, siendo este resultado significativo. Las experiencias preliminares realizadas constituyen un pilar fundamental para futuras investigaciones sobre las densidades evaluadas en el carachi amarillo, lo cual abre oportunidades para mejorar el cultivo de esta especie nativa del Altiplano Puneño.

Agradecimientos

El presente estudio se llevó a cabo gracias al cofinanciamiento del Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura – PNIPA, gestionado por el PRODUCE a través del Banco Mundial bajo el contrato N° 275 – 2018 – PNIPA – SUBPROYECTOS, en colaboración con la Universidad Nacional del Altiplano Puno. Expresamos nuestro más profundo agradecimiento al equipo de investigadores en especies ícticas nativas de la Facultad de Ciencias Biológicas, liderado por el Ph.D. Sabino Atencio Limachi, por su valiosa contribución al desarrollo experimental del carachi amarillo. Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento al grupo de colaboradores de la Dirección Regional de la Producción (DIREPRO), por su significativa ayuda en la obtención de permisos de pesca para esta especie.

Contribución de los autores

Conceptualización, D. Yanarico H. (50%), J. Mamani O. (30%), L. D. Paredes M. (20%); *Curación de datos,* D. Yanarico H. (40%), J. Mamani O. (30%), L. D. Paredes M. (30%); *Análisis formal*, D. Yanarico H. (50%), J. Mamani O. (20%), L. D. Paredes M. (30%); *Adquisición de fondos*, D. Yanarico H. (33%), J. Mamani O. (33%), L. D. Paredes M. (34%); *Investigación*, D. Yanarico H. (60%), J. Mamani O. (20%), L. D. Paredes M. (20%); *Metodología*, D. Yanarico H. (40%), J. Mamani O. (30%), L. D. Paredes M. (30%); *Administración del proyecto,* D. Yanarico H. (35%), J. Mamani O. (35%), L. D. Paredes M. (30%); *Recursos,* D. Yanarico H. (34%), J.

Mamani O. (33%), L. D. Paredes M. (33%); *Software,* D. Yanarico H. (50%), J. Mamani O. (30%), L. D. Paredes M. (20%); *Supervisión,* D. Yanarico H. (40%), J. Mamani O. (30%), L. D. Paredes M. (30%); *Validación,* D. Yanarico H. (40%), J. Mamani O. (30%), L. D. Paredes M. (30%); *Visualización,* D. Yanarico H. (50%), J. Mamani O. (30%), L. D. Paredes M. (20%); *Redacción – borrador original,* D. Yanarico H. (60%), J. Mamani O. (20%), L. D. Paredes M. (20%); *Redacción – revisión y edición,* D. Yanarico H. (60%), J. Mamani O. (20%), L. D. Paredes M. (20%). El aporte total normalizado de los autores fue de: D. Yanarico H. (45,64%), J. Mamani O. (28,64%) y L. D. Paredes M. (26,21%).

Referencias

Amaru, G., Yucra, E., & Gamarra, C. (2021). Reproducción y crecimiento de carachi amarillo *Orestias luteus* en condiciones de laboratorio utilizando alimento vivo. *Informe del Instituto del Mar del Perú*, *48*(3), 335–342. https://hdl.handle.net/20.500.12958/3590

Anahua, I. (2017). *Evaluación de la talla de primera madurez sexual y ciclo reproductivo del "mauri" (Trichomycterus dispar, Tschudi, 1846) del lago Titicaca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA Puno. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5615

Anguas-Vélez, B. H., Civera-Cerecedo, R., Goytortúa-Bores, E., & Rocha-Meza, S. (2003). Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*. *Hidrobiológica*, *13*(4), 309–315. https://hidrobiologica.izt.uam.mx/index.php/revHidro/article/view/522

Autoridad Binacional Autónoma del Lago Titicaca. (2021). *Diagnóstico binacional pesquero y acuícola en el ámbito del sistema hídrico Lago Titicaca – TDPS: Vol. I. Pesca* (1.ª ed.). http://alt0-perubolivia.org/2021/10/19/presentacion-del-diagnostico-binacional-pesquero-y-acuicola-en-el-ambito-del-sistema-hidrico-tdps/

Bernuy, G. M. (2016). *Asimilación de nitrógeno amoniacal bajo dos estrategias de adición de carbono en sistemas biofloc para cultivo de tilapias (Oreochromis niloticus)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2665

Centro de Información y Documentación Acuícola de Bolivia. (2002). *Manual área cría y manejo de especies ícticas nativas: Reproducción artificial de Orestias agassii y Orestias luteus* (pp. 3–4). Proyecto BOL/98/G31. https://docplayer.es/18228773-Reproduccion-artificial-de-orestias-agassii-y-orestias-luteus.html

Cota, N., Castro, A., Montes, M., & Carrera, L. (2024). Efecto de la densidad de población y temperatura en dos periodos de crecimiento de juveniles de chita *Anisotremus scapularis* (Perciformes: Haemulidae) en sistemas de recirculación en acuicultura. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, *35*(4), Artículo e26353. https://doi.org/10.15381/rivep.v35i4.26353

Cruz, N. E., Velasco-Santamaría, Y. M., & Navarro-Navarro, O. W. (2010). Desempenho produtivo do yaque (*Leiarius marmoratus* Gill, 1870) sob diferentes densidades de cultivo em viveiros de terra. *Orinoquia*, *14*(Supl. 1), 58–66. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902010000300008

Deza-Taboada, S. A., Quiroz, S., Rebaza-Alfaro, M., & Rebaza-Alfaro, C. (2002). Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) "paco" en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amazónica*, *13*(1–2), 49–64. https://doi.org/10.24841/fa.v13i1-2.137

Fatima, S., Komal, W., Minahal, Q., Munir, S., Liaqat, R., & Amman, H. (2020). Effect of stocking density on fish growth and feed conversion ratio: A review. *International Journal of Biosciences*, *17*(2), 1–8. https://doi.org/10.12692/ijb/17.2.1-8

Flores Turpo, R. I. (2022). *Crecimiento y supervivencia de juveniles de Orestias sp. (carachi) alimentados con tres tipos de dietas a condiciones ambientales en la laguna de Aricota, Región Tacna* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio Institucional UNJBG. http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3861

García, J., Celis, L., Villalba, E., Mendoza, L., Brú, S., Atencio, V., & Pardo, S. (2011). Evaluación del policultivo de bocachico *Prochilodus magdalenae* y tilapia *Oreochromis niloticus* utilizando superficies fijadoras de perifiton. *Revista MVZ Córdoba*, *16*(2), 2560–2568. https://doi.org/10.21897/rmvz.269

Hitzfelder, G. M., Schwarz, M. H., Delbos, B. C., & McLean, E. (2006). Effect of stocking density on growth and survival of cobia, *Rachycentron canadum*, in a closed recirculating aquaculture system [El efecto de la densidad de cría en el crecimiento y la supervivencia de las larvas de cobia, *Rachycentron canadum*, en un sistema de acuicultura de recirculación cerrado]. *Journal of the World Aquaculture Society*, *37*(2), 204–209. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2006.00028.x

Instituto de Investigación y Capacitación Qollasuyo, & Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. (2003). *Compendio de publicaciones sobre especies ícticas nativas del lago Titicaca* (Proyecto PER/98/G32: Conservación de la biodiversidad en la cuenca del lago Titicaca - Desaguadero - Poopó - Salar de Coipasa).

Loayza, M. (2017). *Crecimiento y sobrevivencia en la primera etapa de alevinaje de Trichomycterus rivulatus (suche) alimentados con nauplio de Artemia salina y Daphnia pulex en condiciones controladas* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA Puno. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4155

López, H., Brito, A., & López, H. (2014). Criterios de autoría y conflictos de interés. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, *19*(3), 387–392. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=4733249802

Mamani, J., & Méndez, S. (2016). Producción de alevinos en *Orestias luteus* (carachi amarillo) mediante reproducción artificial con alimentación natural para su conservación en el Lago Titicaca, Puno – Perú. *Campus*, *21*(22), 165–172. http://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/revista22/articulo3.pdf

Mamani, J., Atencio, S., Medrano, C. S., Hancco, N., Paredes, L. D., & Argota, G. (2022). Alimentación exógena larvaria y supervivencia de *Orestias luteus* Valenciennes, 1846 en condiciones controladas. *Paideia XXI*, *12*(1), 281–292. https://doi.org/10.31381/paideia_xxi.v12i1.5011

Monroy, M. C., De Lara, R., Castro, J., Castro, G., & Coelho, M. G. (2013). Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, *48*(3), 511–520. https://doi.org/10.4067/S0718-19572013000300009

Passaro, M. L. (2015). *Determinación de temperatura y densidad óptima en cultivo larval de lenguado Paralichthys adspersus (Steindachner, 1867) en condiciones de laboratorio* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV. https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/1218

Reyes, L. D. (2018). Densidades idóneas para sistemas de policultivo de especies comerciales tilapia roja (*Oreochromis* spp.) y carpa roja (*Cyprinus carpio*) en sistemas de confinamiento artesanal en lagos artificiales en Santiago de Cali (Valle del Cauca, Colombia). *Idesia*, *36*(1), 73–82. https://doi.org/10.4067/S0718-34292018000100073

Roque, C. A. (2015). *Viabilidad técnica para el cultivo de carachi (Orestias sp.) en jaulas flotantes en la Laguna de Aricota de Tacna* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. Repositorio

Institucional UNJBG. http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3861

Rossi, G. M. (2010). *Efecto de la densidad sobre el crecimiento, tasa de ingestión de alimento y coeficiente de variación en juveniles de cabrilla sardinera, Mycteroperca rosacea* [Tesis de maestría, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste]. AquaDocs. https://aquadocs.org/handle/1834/3654

Timmons, M. B., Ebeling, J. M., & Piedrahita, R. H. (2008). *Acuicultura en sistemas de recirculación* (1.ª ed.). Cayuga Aqua Ventures.

Valenzuela, D. (2018). *Alimentación de alevinos de Orestias agassii y Orestias luteus a base de nauplios de Artemia salina* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio Institucional UNA Puno. http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/10540

Yanarico D. 2013. Sistemas de producción de alevinos y juveniles de "Qarachi amarillo", Orestias luteus (Valenciennes, 1846) en diferentes ambientes para evaluar su influencia en sobrevivencia y crecimiento. Resumen de ponencias II Simposium Internacional Puno, Perú. http://www.simposiotiticaca.org/web/

Yanarico, D. (2013). *Sistemas de producción de alevinos y juveniles de "Qarachi amarillo", Orestias luteus (Valenciennes, 1846) en diferentes ambientes para evaluar su influencia en sobrevivencia y crecimiento* [Resumen de presentación de conferencia]. II Simposio Internacional del Lago Titicaca, Puno, Perú. http://www.simposiotiticaca.org/web/

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 (CC BY) International License https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/