



UNAP



**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ACUICULTURA**

TESIS

**DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE CUATRO DENSIDADES
DEL CULTIVO DE ALEVINOS DE *Piaractus brachypomus* (CUVIER,
1816) “paco” (PISCES: SERRASALMIDAE) EN JAULAS FLOTANTES,
YURIMAGUAS – LORETO, 2023**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
BIÓLOGO ACUICULTOR**

**PRESENTADO POR:
CRISTIAN GILMAR VÁSQUEZ YNGA**

**ASESORES:
Blgo. ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr.
Blgo. FÉLIX MAXIMILIANO MORA DEL ÁGUILA, Mg.**

**YURIMAGUAS, PERÚ
2024**

ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNAP

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE ACUICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 009-CGT-UNAP-2024

En la ciudad de Iquitos, Departamento de Loreto, mediante sala presencial, a los 18 días del mes de diciembre del 2024, a las 10:15 horas se dio inicio a la sustentación pública de la tesis titulada: "DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE CUATRO DENSIDADES DEL CULTIVO DE ALEVINOS DE *Piaractus brachyomus* (CUVIER, 1816) "paco", (PISCES: SERRASALMIDAE) EN JAULAS FLOTANTES, YURIMAGUAS – LORETO, 2023", presentado por el Bachiller **CRISTIAN GILMAR VÁSQUEZ YNGA**, autorizada mediante **RESOLUCIÓN DECANAL N°523-2024-FCB-UNAP**, para optar el Título Profesional de **BIÓLOGO ACUICULTOR**, que otorga la UNAP de acuerdo a Ley 30220, su Estatuto y el Reglamento de Grados y Títulos vigente.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante **RESOLUCIÓN DECANAL N°345-2024-FCB-UNAP**, de fecha 24 de julio de 2024, integrado por los siguientes Profesionales:

- | | |
|--|--------------|
| • Bigo. JAVIER DEL AGUILA CHÁVEZ, Dr. | - Presidente |
| • Bigo. LUIS GARCÍA RUIZ, Dr. | - Miembro |
| • Bigo. HOMERO SÁNCHEZ RIVEIRO, M.Sc. | - Miembro |



Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas, las cuales fueron absueltas DE FORMA SATISFACTORIA.

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la Tesis han sido APROBADAS con la calificación de BUENA estando el Bachiller apto para obtener el Título Profesional de **BIÓLOGO ACUICULTOR**.

Siendo las 11:20 horas se dio por terminado el acto de sustentación.




Bigo. **LUIS GARCÍA RUIZ, Dr.**
Miembro

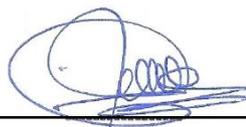

Bigo. **JAVIER DEL AGUILA CHÁVEZ, Dr.**
Presidente


Bigo. **HOMERO SÁNCHEZ RIVEIRO, M.Sc.**
Miembro


Bigo. **ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr.**
Asesor


Bigo. **FÉLIX MAXIMILIANO MORA DEL ÁGUILA, Mg.**
Asesor

JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR



Blgo. JAVIER DEL ÁGUILA CHÁVEZ, Dr.

Presidente



Blgo. LUIS GARCÍA RUIZ, Dra

Miembro



Blgo. HOMERO SÁNCHEZ RIVEIRO, M.Sc.

Miembro

ASESORES



Blgo. ENRIQUE RÍOS ISERN, Dr
Asesor



Blgo. FÉLIX MAXIMILIANO MORA DEL AGUILA, Mg.
Asesor

RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD



11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a Dios, por otorgarme sabiduría y ser mi guía permanente en la vida. A mis hermanos, pero en especial a quien me dio el ser, mi amada madre LASTENIA YNGA HUANSI, mi fuerza motivadora y guía moral en toda mi formación y, a la memoria de mi querida abuela MARIA HUANSI PIZANGO con su anhelo de verme realizado como profesional.

Cristian G. Vásquez Y.

“La motivación es lo que te pone en marcha, el hábito es lo que hace que sigas”

Jim Ryun

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, específicamente a la facultad de Ciencias Biológicas, por la oportunidad que me han brindado para lograr mi objetivo de convertirme en Biólogo Acuicultor.

A todos mis docentes por su valioso aporte y direccionamientos en mi formación profesional.

A mi madre, Lastenia Ynga Huansi, y a hermanos: Rony Narvin Pezo Ynga, Neysi Elmira Vásquez Ynga y Denis Kelvin Pezo Ynga, por sus respaldo emocional y financiero a lo largo de todo el proceso de investigación.

A mis asesores: biólogos Maximiliano Mora del Águila y Enrique Ríos Isern por sus valiosos conocimientos, sus experiencias y el acompañamiento brindado, lo cual fue fundamental para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Al Sr. Gilberto Pinedo Ríos, propietario del fundo “GILGAR-Acuícola”, por el alquiler del ambiente (estanque) donde se ejecutó el experimento de la presente tesis.

Finalmente, quiero expresar mi sincero agradecimiento a todas las personas que, de diversas formas, brindaron su apoyo y aliento, ya sea con gestos de ayuda concretos o con palabras de aliento que impulsaron mi determinación para llevar a cabo este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
PORTADA.....	i
ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	ii
JURADO CALIFICADOR Y DICTAMINADOR.....	iii
ASESORES.....	iv
RESULTADO DEL INFORME DE SIMILITUD.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
INDICE DE TABLAS.....	x
INDICE DE GRAFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXO.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	4
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Bases teóricas.....	12
1.3 Definición de términos básicos.....	19
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	22
2.1 Formulación de la hipótesis.....	22
2.2 Variables y su operacionalización.....	22
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	25
3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	25
3.2 Diseño muestral.....	26
3.3 Procedimientos de recolección de datos.....	27

3.4 Procesamiento y análisis de los datos	35
3.5 Aspectos éticos	35
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	36
4.1. Desempeño productivo	36
4.2. Desempeño económico	42
4.3 Monitoreo de la calidad del agua	46
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN	52
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	58
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	59
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN.....	60
ANEXOS.....	69

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables de interés del estudio	23
Tabla 2. Análisis proximal del Alimento comercial AQUATECH.....	29
Tabla 3. Tabla de alimentación.....	30
Tabla 4. Valores de la media y desviación estándar de la longitud inicial (Li), peso inicial (Pi), longitud final (Lf) y peso final (Pf) de alevinos de <i>P. brachypomus</i> y el p-valor (ANOVA) al final del período experimental de cada uno de los tratamientos.....	37
Tabla 5. Valores de la media y desviación estándar de la ganancia en longitud (GL), ganancia en peso (GP), tasa de crecimiento específico (TCE), tasa de supervivencia (S), tasa de conversión alimenticia (TCA) y Rendimiento productivo por unidad de espacio (RUe) de alevinos de <i>P. brachypomus</i> y el p-valor (ANOVA) al final del experimento de cada tratamiento.....	38
Tabla 6. Valores de la media y desviación estándar del costo de producción por kilogramo de pescado (CPKG), beneficio económico neto (BeN), relación beneficio-costo (B/C) y rentabilidad (R) de los cultivos de alevinos de <i>P. brachypomus</i> y el p- valor (ANOVA) de cada tratamiento al final del experimento.	42
Tabla 7. Análisis de Varianza de las longitudes de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al inicio del experimento.	70
Tabla 8. Análisis de Varianza de los pesos de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al inicio del experimento.	70
Tabla 9. Análisis de Varianza de las longitudes de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.....	70
Tabla 10. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de las longitudes medias de los juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	70
Tabla 11. Análisis de Varianza de los pesos de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.....	70

Tabla 12. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de los pesos de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	71
Tabla 13. Análisis de Varianza de la ganancia en longitud de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	71
Tabla 14. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la ganancia en longitud de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	71
Tabla 15. Análisis de Varianza de la ganancia en peso de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	71
Tabla 16. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la ganancia en peso de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	71
Tabla 17. Análisis de Varianza de la tasa de crecimiento específico de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	72
Tabla 18. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la tasa de crecimiento específico de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.....	72
Tabla 19. Análisis de Varianza de la tasa de conversión alimenticia de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	72
Tabla 20. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la tasa de conversión alimenticia de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.....	72
Tabla 21. Análisis de Varianza del Rendimiento Productivo por Unidad de Espacio (RUe) de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	73
Tabla 22. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer del Rendimiento Productivo por Unidad de Espacio (RUe) de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	73
Tabla 23. Análisis de Varianza del Costo de Producción por Kilogramo (CPKg) de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	73
Tabla 24. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer del Costo de Producción por Kilogramo (CPKg) de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.....	73

Tabla 25. Análisis de Varianza del Beneficio Económico Neto (BeN) de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	74
Tabla 26. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer del Beneficio Económico Neto (BeN) de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.....	74
Tabla 27. Análisis de Varianza de la Relación Beneficio-Costo (B/C) de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	74
Tabla 28. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la Relación Beneficio-Costo (B/C) de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.....	74
Tabla 29. Análisis de Varianza de la Rentabilidad (R) del cultivo de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	74
Tabla 30. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la Rentabilidad (R) del cultivo de juveniles de <i>P. brachypomus</i> al final del experimento.	75

INDICE DE GRAFICOS

	Pág.
Gráfico 1. Valores medios de la longitud de los alevinos de <i>P. brachypomus</i> obtenidos en evaluaciones periódicas, en los 120 días de cultivo.	36
Gráfico 2. Valores medios del peso de los alevinos de <i>P. brachypomus</i> obtenidos en evaluaciones periódicas, en los 120 días de cultivo.....	37
Gráfico 3. Valores de la ganancia en longitud (GL) de los alevinos de <i>P. brachypomus</i> , para cada densidad de cultivo al final del experimento.	40
Gráfico 4. Valores de la ganancia en peso (GP) de los alevinos de <i>P. brachypomus</i> , para cada densidad de cultivo al final del experimento.	40
Gráfico 5. Valores de la tasa de crecimiento específico (TCE) de los alevinos de <i>P. brachypomus</i> , para cada densidad de cultivo al final del experimento.	40
Gráfico 6. Valores de la tasa de supervivencia (S) de alevinos de <i>P. brachypomus</i> , de cada densidad de cultivo, al final del experimento.	41
Gráfico 7. Valores de la tasa de conversión alimenticia (TCA) de alevinos de <i>P. brachypomus</i> , de cada densidad de cultivo, al final del experimento.	42
Gráfico 8. Valores del rendimiento productivo por unidad de espacio (RUe) del cultivo de <i>P. brachypomus</i> , de cada densidad de cultivo, al final del experimento.	42
Gráfico 9. Valores de los costos de producción por kilogramo (CPKg) de cultivos de <i>P. brachypomus</i> en cuatro densidades, al final del experimento.	44
Gráfico 10. Valores de los beneficios económicos neto (BeN) de cultivos de alevinos de <i>P. brachypomus</i> , en cuatro densidades, al final del experimento.....	44

Gráfico 11. Valores de la relación beneficio-costo (B/C) del cultivo de alevinos de <i>P. brachypomus</i> en cuatro densidades, al final del experimento.	45
Gráfico 12. Niveles porcentuales de la rentabilidad (R) del cultivo de alevinos de <i>P. brachypomus</i> en cuatro densidades, al final del experimento.	46
Gráfico 13. Valores semanales de la temperatura (°C) durante un período de cultivo.....	46
Gráfico 14. Valores semanales del potencial hidrogeniónico (pH) durante un período de cultivo.....	47
Gráfico 15. Valores semanales del oxígeno disuelto (OD) durante un período de cultivo.....	48
Gráfico 16. Valores quincenales del amonio (NH ₄ ⁺) durante un período de cultivo.....	49
Gráfico 17. Valores quincenales del dióxido de carbono (CO ₂) durante un período de cultivo.....	50
Gráfico 18. Valores quincenales del nitrito (NO ₂ ⁻) durante un período de cultivo.....	51

ÍNDICE DE ANEXO

	Pág.
Anexo 1. Estadística complementaria	70
Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos.....	76
Anexo 3. Imágenes, Croquis y Evidencia fotográfica.....	80

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo evaluar el desempeño productivo y económico de cuatro densidades de cultivo de alevinos de *Piaractus brachypomus* "paco", en jaulas flotantes en Yurimaguas, Loreto. Para tal propósito se aplicó un diseño experimental completamente al azar (DCA) estableciendo cuatro tratamientos con densidades de 6, 9, 12 y 15 alevinos/m³, por triplicado. Se utilizó una población de 126 alevinos, distribuidos en doce unidades experimentales, por un periodo de 120 días. Los resultados mostraron que la menor densidad de cultivo (6 alevinos/m³) generó los mejores índices de desempeño productivo, evidenciado por un mayor crecimiento (GL = 15.9 ± 0.3 cm, GP = 223.9 ± 27.4 g, TCE = 3.11 ± 0.04 %·día⁻¹) y mejor eficiencia alimenticia (TCA = 1.91 ± 0.03) en comparación con las densidades superiores (9, 12 y 15 alevinos/m³). En términos económicos, este tratamiento también presentó el menor costo de producción (CP_{kg} = S/ 3.33 ± 0.05), el mejor Beneficio/Costo (B/C=2.70 ± 0.04) y la mayor Rentabilidad (R= 170.48 ± 4.29%). Revelando que, a mayor densidad de cultivo, se incrementaba la competencia por recursos, afectando negativamente el crecimiento. A pesar de que las densidades más altas generaron mayores BeN (S/ 12.89 ± 0.31); la R y el B/C fue óptima en la menor densidad. Estos hallazgos sugieren concluir con que la gestión adecuada de la densidad de cultivo es crucial para maximizar el rendimiento productivo y económico en la acuicultura de *P. brachypomus* ".

Palabras clave: crecimiento; cultivo en jaulas flotantes; desempeño productivo; desempeño económico; densidad de cultivo.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the productive and economic performance of four stocking densities of *P. brachypomus* “paco” fingerlings in floating cages in Yurimaguas, Loreto. A completely randomized experimental design (CRD) was applied, establishing four treatments with stocking densities of 6, 9, 12, and 15 fingerlings/m³, with three replicates each. A population of 126 fry was used, distributed across twelve experimental units, over a period of 120 days. The results showed that the lowest stocking density (6 fingerlings/m³) yielded the best productive performance indicators, with greater growth (LG = 15.9 ± 0.3 cm, WG = 223.9 ± 27.4 g, SGR = 3.11 ± 0.04 %·day⁻¹) and higher feed efficiency (FCR = 1.91 ± 0.03) compared to higher densities (9, 12, and 15 fingerlings/m³). In economic terms, this treatment also showed the lowest production cost (CPKg = S/ 3.33 ± 0.05), the best Benefit/Cost ratio (B/C = 2.70 ± 0.04), and the highest Profitability (R = 170.48 ± 4.29%). It revealed that, as the cultivation density increased, so did the competition for resources, negatively affecting growth. Although higher densities generated greater BeN (S/ 12.89 ± 0.31), the R and B/C ratio were optimal at the lowest density. These findings suggest that proper management of stocking density is crucial to maximizing productive and economic performance in *P. brachypomus* aquaculture.

Keywords: growth; floating cage farming; productive performance; economic performance; stocking density.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura se ha consolidado como una industria vital a nivel global, no solo por su capacidad para producir alimentos de alto valor nutricional, sino también por su contribución significativa a la generación de empleo e ingresos en diversas regiones del mundo^(1,2), destacándose en América del Sur, particularmente en la Amazonía peruana⁽³⁾, donde juegan un papel crucial en la seguridad alimentaria y en la economía^(2,4,5). Las especies acuáticas son cultivadas en sistemas que varían desde los más simples y de bajo costo hasta los altamente tecnificados, como jaulas flotantes industriales^(2,5), que incorporan innovaciones en producción de semilla, engorde, manejo de enfermedades y prácticas ecosistémica⁽³⁾.

La creciente demanda de productos acuícolas ha impulsado la intensificación de los sistemas de cultivo, adoptándose modelos intensivos y super-intensivos, especialmente en sistemas de recirculación y jaulas flotantes⁽¹⁾. Aunque estos sistemas ofrecen un alto potencial económico, requieren una gestión cuidadosa de la densidad de cultivo; ya que una densidad inadecuada causa hipoxia, acumulación de desechos y mayor susceptibilidad a enfermedades, afectando negativamente el crecimiento, la productividad y la rentabilidad⁽⁶⁾. Si bien las grandes empresas emplean tecnologías avanzadas en sistemas de producción intensivos, la acuicultura también involucra a micro y pequeñas empresas (MyPE's), que utilizan tecnologías semi-intensivas, así como a comunidades nativas que practican la piscicultura a nivel de subsistencia, priorizando la seguridad alimentaria local^(2,4).

Sin embargo, a pesar del potencial en esta región, la piscicultura enfrenta importantes desafíos⁽³⁾, entre ellos la falta de información sobre las técnicas de crianza más adecuadas, especialmente en cuanto a la densidad de siembra^(7,8). Este parámetro es crucial, ya que impacta directamente en el rendimiento productivo y económico^(9,10). Un manejo ineficiente de la densidad puede generar problemas de oxigenación, acumulación de desechos y vulnerabilidad a enfermedades, lo que a su vez compromete la viabilidad del negocio^(9,11,12). Por el contrario, una densidad óptima, maximiza el crecimiento y la supervivencia, aumentando la rentabilidad del cultivo^(13,14).

En el distrito de Yurimaguas, Loreto, la piscicultura con especies nativas enfrenta la problemática de la falta de información sobre el uso de jaulas flotantes y las densidades de siembra óptimas para el cultivo de *P. brachypomus*. Ante esta situación, en la presente investigación se planteó de modo general el objetivo de “evaluar el desempeño productivo y económico de cuatro densidades de cultivo de alevinos de *P. brachypomus* en jaulas flotantes” y, de modo específico: 1) determinar el desempeño productivo de cuatro densidades de cultivo de alevinos de *P. brachypomus* en jaulas flotantes, 2) determinar el desempeño económico de cuatro densidades de cultivo de *P. brachypomus* en jaulas flotantes, y 3) Evaluar los principales parámetros físicos y químicos del agua, que permitió dar respuesta a la cuestión central: ¿cuál es el efecto de cuatro densidades de cultivo en el desempeño productivo y económico de los alevinos de *P. brachypomus* “paco” en jaulas flotantes?

La relevancia de esta investigación radica en su potencial para mejorar las prácticas de cultivo en la región, promoviendo una acuicultura más sostenible y rentable⁽¹⁰⁾. Con el crecimiento de la demanda de productos acuícolas a nivel mundial⁽¹⁾, es imperativo que la piscicultura en la Amazonía se adapte y desarrolle tecnologías que no solo incrementen la producción, sino que también garanticen la salud de los ecosistemas acuáticos^(5,15,16).

Esta tesis, por lo tanto, contribuye con el aporte de conocimiento sobre cómo la manipulación de las densidades de siembra y cultivo del “paco” en jaulas flotantes puede influir en el rendimiento productivo y económico; como recurso valioso para campesinos y pescadores de la zona y, proponiendo impulsar una actividad sostenible y eficiente en la región.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

En 2023, se desarrolló una investigación de tipo experimental, nivel correlacional y diseño completamente al azar con tres tratamientos (T0: 1 T1: 2 y T2: 3 peces/m²) y cuatro replicas, para evaluar dos densidades de cultivo de *P. brachypomus*, y su efecto en los índices zootécnicos, parámetros fisicoquímicos del agua y retribución económica, por un período de 90 días, incluyó como población de estudio a 1,776 peces. La investigación determinó que no existió diferencia significativa, en GP y GL, entre los tratamientos; pero el ICAA marcó diferencia estadística significativa del T2 (1.49) en comparación con el T0 (1.99) y T1 (2.26); los parámetros fisicoquímicos del agua, se mantuvieron en un rango óptimo y, en cuanto a la retribución económica, los mejores resultados se obtuvieron con el T2: (S/ 0.85) y T0: (S/ 0.75). El trabajo concluyó que la densidad óptima basada en la conversión alimenticia y retribución económica es el T2 con 3 pez/m² y una retribución de S/ 0.85⁽¹⁷⁾.

En 2023, se desarrolló una investigación de tipo experimental, nivel correlacional y diseño completamente al azar (DCA), con dos tratamientos (T1: 43 y T2: 72 peces/m³) y tres repeticiones, para evaluar la mejor densidad de siembra de alevinos de *P. brachypomus* cultivados en un sistema biofloc, por un periodo de 30 días, incluyó como población de estudio a 12,075 alevinos. La investigación determinó que los pesos finales obtenidos fueron de 87.7 ± 27.4 g y 81.19 ± 20.6 g para T1 y T2 respectivamente, sin diferencias en la supervivencia. El trabajo concluyó que es posible desarrollar el cultivo

de alevinos de *P. brachypomus* a densidades mayores de 72 alevinos/m³, bajo el sistema BFT⁽⁸⁾.

En 2023, se desarrolló una investigación de tipo experimental, nivel correlacional y diseño completamente randomizado, con tres tratamientos (5, 10 y 15 peces/m³) y cuatro repeticiones, para evaluar el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de *Astronotus ocellatus* “acarahuzú”, por un periodo de 92 días, incluyó como población de estudio a 120 juveniles. La investigación determinó que no existen diferencias significativas en la GP, GL, TCR, TCE y FCA; se observó incremento progresivo en la GP a mayor densidad (T1: 4.44, T2: 5.12 y T3: 6.27 g) y diferencia significativa en la biomasa ganada (BG) a favor del T3:15 peces/m³, pero el factor de condición fue significativo en el T1: 5 peces/m³. El trabajo concluyó que las densidades de siembra aplicadas no tienen efectos importantes en los parámetros de crecimiento de los juveniles de *A. ocellatus* y se recomienda la mayor densidad propuesta en la investigación para cultivos productivos⁽⁹⁾.

En 2022, se desarrolló una investigación de tipo experimental con enfoque cuantitativo, de nivel correlacional y diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos (Tq1 = 20, Tq2 = 40, Tq3 = 50 y Tq4 = 60 alevinos/m³), distribuidos en cuatro tanques, para determinar la densidad de carga más eficiente para el cultivo de alevinos de *C. Macropomum* en un sistema RAS, por un periodo de 4 meses, incluyó como población de estudio a 6,800 alevinos. La investigación determinó que el crecimiento en peso y longitud promedio fueron: Tq1 (115.24g y 7.5cm), Tq2 (100.82g y 7.14cm), Tq3 (101.92g y 7.22cm) y Tq4 (79.62g y 6.42cm), mientras que el análisis proximal

indicó niveles de proteína y grasa cruda de 48.51% y 30.78% en el Tq1 y Tq3, respectivamente. El trabajo concluyó que, la densidad de siembra de alevinos de “gamitana” en sistemas RAS impacta significativamente en el crecimiento, menor densidad de siembra, mayor incremento en peso y talla y mejores niveles de proteína y grasa⁽¹⁸⁾.

En 2022, se desarrolló una investigación de tipo experimental, nivel correlacional y diseño completamente aleatorizado (DCA), con tres tratamientos (T1: 200–300, T2: 400–600 mg/L y TC) con el propósito de evaluar el efecto de la exposición a elevados niveles de sólidos suspendidos totales y rendimiento productivo en cultivos biofloc, por un período de 45 días. La investigación determinó que el “paco” alcanzó mayor biomasa final (11.34 ± 0.73 Kg/m³), mejor crecimiento ($DWG = 0.30 \pm 0.03$ g/día) y tasa de conversión alimenticia (1.05 ± 0.02) en TC que en los tratamientos con biofloc ($p < 0.05$). El trabajo concluyó que el crecimiento, los valores de glóbulos rojos y la morfología de las branquias de los alevinos de paco se vieron afectados por la exposición moderada a la concentración media (400–600 mg/L) de SST en biofloc y que también afecta al rendimiento productivo por unidad de espacio⁽¹⁹⁾.

En 2021, se desarrolló una investigación de tipo cuantitativa, nivel correlacional y diseño experimental completamente aleatorizado con tres tratamientos (10, 15, y 20 peces/m³) y cuatro repeticiones, para evaluar su crecimiento de alevinos de *P. brachypomus* en jaulas flotantes a diferentes densidades de siembra, por un periodo de 140 días, incluyó como población de estudio a 180 alevinos. La investigación determinó que no existe diferencias significativas entre las densidades; los análisis de GP, GL, TCE,

ICAA, reflejan un orden aparente que $T1 > T2 > T3$ y, por tanto, a menor densidad mejora el desempeño zootécnico. El trabajo concluyó que es mejor cultivar alevinos “paco” en jaulas flotantes a una densidad de 10 peces/m³, porque se anota mejores valores en los indicadores de GP, GL, TCE e ICAA⁽²⁰⁾.

En 2021, se llevó a cabo una investigación de tipo cuantitativa, nivel correlacional y diseño experimental completamente aleatorio (DCA) con 3 tratamientos (T1:150, T2:200 y T3: 250 peces/m³) y 3 repeticiones, para evaluar el rendimiento productivo del *Piaractus orinoquensis* en jaulas flotantes, por un periodo de 126 días, incluyó como población de estudio a 18,000 alevinos. La investigación determinó una producción de biomasa promedio de 47.42 Kg/m³ en T1 (150 peces/m³), 45.11 Kg/m³ en T2 (200 peces/m³) y 79.65 Kg/m³ en T3 (250 peces/m³) y su conversión alimenticia fue de 1.10; 1.32 y 0.80, sobrevivencia de 83.51%, 78.98% y 93.72%, respectivamente. El trabajo concluyó que la “cachama blanca” puede ser cultivada en jaulas flotantes a altas densidades, obteniendo parámetros productivos óptimos y, adicionalmente, puede ser una fuente de ingresos significativa para las comunidades⁽²¹⁾.

En 2020, se desarrolló una investigación de tipo experimental, nivel correlacional y diseño completamente aleatorio con tres tratamientos (T0: Alimento comercial "corigamitana 25", T1: Dieta A, T2: Dieta B) y tres repeticiones, para evaluar dos tipos de dieta y su efecto en los parámetros productivos y económicos del *P. brachypomus*, por un periodo de 90 días, incluyó como población de estudio a 45 peces, cultivados a una densidad de 5 peces/m³. La investigación determinó que la GP fue mayor en el tratamiento

T0 (91.20 g) en comparación con los tratamientos T1 (61.87 g) y T2 (61.33 g) pero sin diferencia significativa entre ellos, y mayor retribución económicas en T1 (S/ 14.10) y T2 (S/ 13.20) que en T0 (S/ 1.05). El trabajo concluyó que el alimento comercial aporta mayor crecimiento en biomas a los peces, pero suministrar alimentos elaborados con insumos locales genera significativamente ($p < 0.05$) mayor beneficio económico⁽²²⁾.

En 2020, se desarrolló una investigación de tipo experimental, nivel correlacional y diseño completamente aleatorio, de tres densidades (25, 50 y 75 alevinos/m³) y tres réplicas, para evaluar el efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevinos de *P. brachypomus*, durante un periodo de 42 días, incluyó como población de estudio a 450 alevinos. La investigación determinó diferencias significativas ($p < 0,05$) en el incremento en longitud y en incremento en peso, en el orden de 5.04, 3.80 y 3.79 cm para las densidades de 25, 50 y 75 alevinos/m³, respectivamente; y en el orden de 15.47, 12.58 y 11.97 g para las cargas de 25, 50 y 75 alevinos/m³, respectivamente. El trabajo concluyó que la densidad de carga más adecuada para la cría de alevinos de *P. brachypomus* es de 25 alevinos/m³⁽²³⁾.

En 2019, se desarrolló una investigación de tipo experimental, nivel correlacional y diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T1 = 20, T2 = 40 y T3 = 60 peces/m³) y tres repeticiones, para evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre el desempeño productivo y los valores hematológicos del *P. brachypomus*, incluyó como población de estudio a 540 juveniles. La investigación determinó ausencia de diferencias significativas ($p > 0.05$) de los parámetros de CA, TCA, CR, TCR, FCA, sobrevivencia y en los siguientes parámetros hematológicos; hemoglobina, hematocritos y

eritrocitos; pero, sí se determinó diferencia significativa ($p < 0.05$) en el rendimiento siendo mayor en el T3 (60 peces/m³) con un valor de 8.33 Kg/m³, y también en el parámetro hematológico de leucocitos (1.376 cel./103 mm³) a favor del T1⁽⁷⁾.

En 2017, se llevó a cabo una investigación experimental, nivel correlacional y diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (1, 2 y 3 peces/m²) y tres repeticiones, para evaluar diversas densidades de cultivo del híbrido *P. brachypomus* ♀ x *C. macropomum* ♂ “pacotana” en un sistema semi-intensivo, durante un período de 135 días, incluyó como población de estudio a 21,632 alevines. La investigación determinó que la densidad de 1 pez/m² resultó en mejor en los parámetros de rendimiento, con GP: 278.54 g, una velocidad de crecimiento de 2.06 g/día, una TCE: 1.2 g/día, un FCA: 1.21 y una eficiencia alimentaria de 82.32%, la densidad de 2 peces/m² mostró un mérito económico superior del 37.35% y una utilidad de S/. 2.18/kg de peces producidos. El trabajo concluyó que la densidad óptima para el cultivo de este híbrido, basada en el mérito económico, es de 2 peces/m², siendo esta la opción más rentable⁽²⁴⁾.

En 2009, se llevó a cabo una investigación experimental, con diseño Completamente Randomizado con tres tratamientos (5, 9 y 14 peces/m²) y tres repeticiones, para determinar las dosis de probiótico y las densidades de cultivo, que muestren los mejores rendimientos productivos y económicos de *C. macropomum* en fase de crecimiento, durante un período de 150 días, incluyó como población de estudio a 252 peces. La investigación determinó que el mejor rendimiento productivo fue 5 peces/m² que obtuvo: 159,76 g en el peso vivo; 1,15 g en la ganancia de peso; 24,59 cm en el incremento de la

longitud; conversión alimenticia de 1,18. En cuanto a la mejor retribución económica/m² fue de S/. 8,89 nuevos soles, para la densidad de 9 peces /m² y 0,2 ml de probiótico/g. El trabajo concluyó el uso de probióticos como aditivo en la alimentación de peces amazónicos mejoran los rendimientos productivos cuando se incrementa la densidad de cultivo⁽²⁵⁾.

En 2007, se llevó a cabo una investigación experimental, con diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T1: 10, T2: 20 y T3: 30 peces/m³) y tres repeticiones, para determinar los impactos potenciales de tres densidades de cultivo en el crecimiento, la composición corporal y los parámetros hematológicos de *C. macropomum* criados en jaulas, durante un período de 90 días, incluyó como población de estudio a 180 juveniles. La investigación determinó que no hubo diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en TCE, TCR y K, sin embargo, en ICAA se observó una probable influencia siendo (1.19) del T2 la más apropiada respecto a los de T3 y T1 (1.75 Y 1.91 respectivamente). El trabajo concluyó que los peces criados en el T2, con una densidad de 20 peces/m³, exhibieron mejoras significativas en la eficiencia de la conversión alimenticia y en el contenido corporal de proteínas en comparación con los peces de los otros tratamientos⁽⁶⁾.

En 2007, se llevó a cabo una investigación experimental, nivel correlacional y diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos (T1: 10, T2: 20, T3: 30 alevines/m³) y tres repeticiones, para evaluar el efecto de la densidad de población sobre el crecimiento de *P. brachypomus* en jaulas flotantes, durante un período de 75 días, incluyó como población de estudio a 1944 alevinos. La investigación determinó que los peces alcanzaron pesos promedio de 97.6,

102.3 y 85 g en los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente, sin observarse diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Del mismo modo, se registraron longitudes medias de 16.9, 17.6 y 16.0 cm para los mismos tratamientos, sin diferencias significativas. En cuanto a la supervivencia, el T1 obtuvo el 84.6%, T2 (98.3%) y T3 (91.6%). El trabajo concluyó que la densidad de siembra afectó significativamente el crecimiento de los peces⁽²⁶⁾.

En 2002, se desarrolló una investigación de tipo experimental, nivel correlacional y diseño de bloques completos al azar con tres tratamientos (T1=10, T2=15 y T3=20 peces/m²) y tres repeticiones, para evaluar los efectos de tres densidades de población sobre el peso, la longitud y la supervivencia del *P. brachypomus* en la segunda fase de cría de alevines en estanques seminaturales, durante un periodo de 30 días, incluyó como población de estudio a 11 160 alevines. La investigación determinó que no hubo diferencias significativas ($P > 0.05$) entre los tratamientos T1, T2, y T3 en términos de Pf (21.94, 20.79, y 23.49 g, respectivamente), Lf (10.12, 10.0, y 10.34 cm, respectivamente), y porcentaje de supervivencia (98.68%, 97.45%, y 89.82%, respectivamente). El trabajo concluyó que el crecimiento en peso, longitud y supervivencia de los alevines de “paco” criados durante la segunda etapa de alevinaje a densidades de siembra de 10, 15 y 20 alevines/m² no mostró diferencias significativas ($p < 0.05$)⁽²⁷⁾.

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Densidad de cultivo de peces

Definición e importancia:

La densidad de siembra, se define como el número de peces por unidad de área, o el peso de los peces por unidad de volumen de agua, en el momento de la siembra en un sistema de cultivo⁽²⁸⁾. Es uno de los parámetros más críticos en la piscicultura por su impacto de manera directa en el crecimiento, la supervivencia y la productividad de los peces^(9,17,23,29). La adecuada gestión de la densidad de siembra es clave para garantizar una producción eficiente, pues influye tanto en los costos operativos como en la rentabilidad final del sistema acuícola^(8,26).

Densidades excesivamente altas pueden incrementar la competencia por recursos como el oxígeno disuelto y el alimento, lo que genera estrés, disminuye el crecimiento y aumenta la incidencia de enfermedades^(5,19,24,30,31).

En contrapartida, densidades demasiado bajas pueden subutilizar el espacio disponible, reduciendo la eficiencia económica del sistema^(4,20). La selección de una densidad óptima permite maximizar el uso de los recursos sin comprometer el bienestar de los peces ni la rentabilidad del productor^(2,3,6,14).

Impacto de la densidad de cultivo en la rentabilidad piscícola:

Desde un punto de vista económico, la densidad de siembra tiene implicaciones significativas en los costos de producción y en la rentabilidad^(10,16,23). La densidad afecta el costo de los insumos, principalmente alimento y manejo de agua, ya que una mayor densidad de peces exige un mayor uso de estos recursos^(25,32,33). Adicionalmente, el

manejo de una alta densidad de siembra puede aumentar los costos asociados con la prevención y tratamiento de enfermedades, la aireación artificial y la limpieza de jaulas, lo que incrementa los costos operativos^(12,22,34).

Por otro lado, densidades subóptimas implican una producción inferior a la capacidad del sistema, lo que reduce los ingresos potenciales por cosecha^(10,20,26). Un equilibrio adecuado entre la densidad de siembra y los recursos disponibles maximiza la eficiencia económica del sistema, permitiendo a los acuicultores obtener mayores beneficios sin comprometer la sostenibilidad ambiental^(5,14,35).

Relación de la densidad de cultivo y la calidad del agua:

En sistemas de cultivo intensivo, como las jaulas flotantes, la calidad del agua se ve afectada directamente por la densidad de siembra^(9,33,36). A mayor densidad, mayor es la cantidad de residuos sólidos⁽³⁷⁾ (heces, restos de alimento no consumido) y amoníaco que se acumula en el agua^(8,9,16). Si no se controlan adecuadamente estos factores, pueden deteriorar rápidamente las condiciones ambientales, afectando negativamente el rendimiento productivo^(38,39).

El manejo de la calidad del agua es esencial para evitar problemas como la eutrofización o la disminución de la concentración de oxígeno disuelto^(40,41), que son comunes en sistemas con alta densidad de peces. Un deterioro en la calidad del agua no solo afecta el crecimiento de los peces, sino que también incrementa la tasa de mortalidad, con efectos directos en la producción y la rentabilidad del sistema^(8,10,41).

Necesidad de investigaciones sobre densidad de cultivo en piscicultura amazónica:

En la Amazonía peruana, donde se crían diversas especies nativas de peces⁽⁴²⁾, la información sobre la densidad óptima de cultivo es limitada. Muchas especies amazónicas no tienen desarrolladas las tecnologías para su crianza⁽⁹⁾. A pesar del creciente interés en la acuicultura como una solución para la seguridad alimentaria y la generación de ingresos^(9,10), existen pocos estudios que exploren los efectos de diferentes densidades de siembra en los sistemas de jaulas flotantes^(21,43,44). Esto dificulta a los acuicultores locales tomar decisiones informadas para optimizar sus sistemas productivos.

La falta de información técnica adaptada a las condiciones de la Amazonía, junto con el desconocimiento de las mejores prácticas en cuanto a la densidad de siembra, genera ineficiencias en la producción y limita el potencial económico de la actividad^(3,16).

Es fundamental realizar investigaciones que evalúen los efectos de diversas densidades de siembra en términos productivos y económicos, para proporcionar recomendaciones claras y prácticas a los acuicultores de la región^(20,38,45).

1.2.2 Consideraciones sobre el *Piaractus brachypomus* “paco”

Clasificación taxonómica^(46,47):

Reino	:	Animalia
Phyllum	:	Chordata
Clase	:	Actinopterygii
Orden	:	Characiformes
Familia	:	Serrasalmidae

Subfamilia	:	Colossominae
Nombre científico	:	<i>Piaractus brachypomus</i> (Cuvier, 1818)
Nombre común	:	paco, cachama blanca, pacú vermelho, morocoto, etc.

Descripción morfológica de la especie:

P. brachypomus, conocido en Perú comúnmente como “paco”, es un pez de la familia Serrasalminidae que habita ambientes de aguas dulce de las cuencas del Amazonas y el Orinoco^(35,46). Puede alcanzar un tamaño de hasta 88 cm de longitud estándar y hasta 30 Kg de peso en condiciones naturales óptimas^(46,48,49).

Su morfología presenta características distintivas que facilitan su identificación, como un cuerpo robusto, alto y comprimido lateralmente, de forma ovalada que se ensancha en la región dorsal^(46,49). Una línea lateral completa con 70 a 89 escamas, recorre longitudinalmente su cuerpo⁽⁵⁰⁾. Las escamas son grandes y cicloides lisas al tacto⁽⁴⁸⁾. Todo el cuerpo está cubierto de un moco protector.

Presenta aletas bien desarrolladas^(35,48,49). La dorsal es alta y triangular, ubicada en posición media del cuerpo⁽⁵⁰⁾; la anal es larga, con una base ancha, las pectorales son relativamente pequeñas, mientras que las pélvicas y caudales tienen un color rojizo característico. Esta última es bifurcada y potente^(35,50).

La cabeza es relativamente pequeña en proporción al cuerpo y con un perfil redondeado^(35,46,50). Los opérculos están menos desarrollados que en *Colossoma*⁽⁴⁶⁾. Los ojos, ubicados lateralmente, son grandes y están adaptados para la visión en aguas turbias^(35,49). La boca en posición terminal,

con labios gruesos y dientes heterodontos molariformes, están organizados en varias filas en el maxilar y en la mandíbula^(2,46).

La coloración es plateada con un ligero tono rojizo en las aletas y el vientre, que se acentúa a medida que maduran^(35,50). Los adultos desarrollan un color gris oscuro en el dorso, con tonalidades rojizas más intensas en la región ventral y las aletas pélvicas, anales y caudales^(46,48,50). Factores como el hábitat y la dieta inciden en el patrón de coloración^(48,50).

Potencial del cultivo de paco en la piscicultura amazónica:

La piscicultura del *P. brachypomus* “paco”, una de las especies nativas más importantes de la cuenca amazónica, ha ganado relevancia como una actividad económica clave en el desarrollo sostenible de la acuicultura en regiones como Loreto, Perú^(3,35). El paco es un pez robusto, omnívoro y resistente, con alto potencial de crecimiento y gran adaptabilidad a diferentes sistemas de cultivo, lo que lo convierte en una opción favorable para la acuicultura tanto a nivel intensivo como semi-intensivo en la región amazónica^(5,35,47). En cautiverio, el tamaño y el peso alcanzados dependen de las condiciones de manejo, la densidad de siembra, la alimentación y el sistema de cultivo utilizado^(2,5).

Su rusticidad le confiere gran resistencia a la manipulación, pudiendo ser cultivado en diversos sistemas acuícolas⁽²⁹⁾, dependiendo de las condiciones locales y los objetivos de producción, como:

- **Estanques.** Es el sistema más común para pequeños y medianos productores, ya que pueden ser naturales o artificiales, y su manejo se orienta a mantener la calidad del agua y la disponibilidad de alimento⁽¹⁴⁾.

En este sistema, el control de la densidad de siembra es clave para evitar problemas de hipoxia y baja productividad^(4,11,14,27).

- **Jaulas flotantes.** Este sistema se vuelve cada vez más popular en ríos y lagos amazónicos, donde la construcción de estanques es difícil; permiten un mejor control del manejo, pero requieren un monitoreo más estricto de la calidad del agua y la densidad de siembra para evitar problemas de acumulación de desechos^(13,20,21,26).
- **Sistema de recirculación (RAS).** Es menos común debido a su alto costo; pero este sistema permite un control más preciso de las condiciones ambientales, como temperatura, oxígeno y amoníaco^(8,19,37,44,45). Es ideal para el cultivo intensivo en áreas con acceso limitado a masas o fuentes de agua naturales.

En su hábitat natural se alimenta de una amplia variedad de fuentes, incluyendo frutas, semillas, insectos, pequeños peces y vegetación acuática^(49,51); este aspecto lo hace especialmente adecuado para sistemas acuícolas donde se pueden utilizar alimentos alternativos o naturales. Los alimentos balanceados comerciales, para sistemas de producción intensiva, generalmente contienen una mezcla de proteínas, carbohidratos y lípidos que garantizan un crecimiento rápido y eficiente^(15,22). Pero en sistemas más tradicionales o semi-intensivos, los productores complementan el alimento balanceado con recursos locales, como frutas y restos de vegetación, reduciendo así los costos de alimentación^(51–53). Los “pacos” bien alimentados y manejados adecuadamente pueden tener una tasa de conversión alimenticia (TCA) baja, lo que significa que convierten eficientemente el alimento en peso corporal⁽²¹⁾.

Por otro lado, la densidad de siembra/cultivo es un factor crucial en el desempeño productivo y económico de los cultivos de peces amazónicos como el “paco”⁽²³⁾. A densidades de siembra adecuadas, el “paco” puede alcanzar un peso de 1 a 2 Kg en un período de entre 8 a 12 meses⁽¹¹⁾. Pero, si la densidad es demasiado alta, ocurre un aumento del estrés, mayor consumo de oxígeno y un aumento en la acumulación de residuos por los peces, lo que compromete la salud de los peces y afecta su productividad, pudiendo reducir las tasas de crecimiento y aumentar la mortalidad^(7,27,43). En estanques, las densidades recomendadas oscilan entre 1 y 3 peces por m², mientras que en jaulas flotantes las densidades pueden ser más altas. Un manejo adecuado de la densidad maximiza el crecimiento y la supervivencia de los peces, mientras que optimiza el uso de los recursos y minimiza los riesgos de enfermedades y problemas de calidad del agua⁽³⁴⁾.

En vista de lo anterior, la piscicultura del “paco” ofrece un gran potencial para contribuir al desarrollo económico y la seguridad alimentaria en la región amazónica. Con el manejo adecuado de la densidad de siembra, la alimentación y las condiciones del agua, puede ser una actividad rentable y sostenible³. La promoción de tecnologías apropiadas y el fortalecimiento de las capacidades técnicas de los acuicultores son clave para el éxito a largo plazo de esta actividad en la Amazonía^(2,15,51).

Para la piscicultura amazónica, contar con investigaciones que determinen las densidades de siembra óptimas es esencial para mejorar la eficiencia productiva y económica, para promover una acuicultura sostenible y rentable.

1.3 Definición de términos básicos

Las definiciones están tomadas de glosarios de términos acuícolas^(28,54,55).

Alevino: Estadío del ciclo vital de un pez situado entre las fases larval y juvenil, en este caso de *P. brachypomus*, desde que comienza la dependencia absoluta de la alimentación exógena como única fuente de nutrición hasta el momento en que han adquirido características propias de la especie y es posible identificarlas.

Alimentación balanceada: Dieta formulada específicamente para cubrir las necesidades nutricionales de los alevinos durante su crecimiento.

Biomasa: Total del peso vivo acumulado por los alevinos en un sistema acuícola en un momento dado.

Calidad del agua: Conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos que determinan las condiciones del medio acuático para los organismos cultivados.

Conversión Alimenticia: Relación entre la cantidad de alimento consumido y el peso ganado por el pez; se expresa como una tasa (Alimento suministrado/peso ganado).

Costos operativos: Gastos asociados al mantenimiento del sistema de cultivo, incluyendo alimentación, mano de obra y mantenimiento de infraestructura.

Crecimiento específico: Incremento del peso del pez durante un período específico, expresado generalmente como porcentaje.

Densidad de siembra: Número de alevinos por unidad de volumen de agua (peces/m³) en un sistema de cultivo, que influye en el crecimiento y la salud del pez.

Desempeño económico: Evaluación de los costos y beneficios asociados con el cultivo, incluyendo ingresos generados y gastos operativos.

Desempeño productivo: Medida del crecimiento y la supervivencia de los alevinos en términos de peso y longitud, así como la eficiencia en la conversión alimenticia.

Eficiencia productiva: Relación entre la producción obtenida y los recursos utilizados; indica cuán bien se están utilizando los insumos.

Evaluación Económica: Análisis sistemático que determina la viabilidad financiera del cultivo basado en costos e ingresos proyectados.

Impacto Ambiental: Efectos que el cultivo tiene sobre el medio ambiente local, incluyendo la calidad del agua y la biodiversidad.

Jaulas flotantes: Estructuras utilizadas para el cultivo de peces en cuerpos de agua, que permiten un control sobre la densidad y la alimentación.

Mortalidad: Porcentaje de alevinos que mueren durante un período específico en el cultivo; indicador crítico del manejo sanitario.

Oxígeno disuelto: Cantidad de oxígeno presente en el agua, esencial para la respiración de los peces.

Paco: Nombre comúnmente usado por pobladores de la Amazonia peruana para referirse a peces de la especie *P. brachypomus*, apreciado por su valor comercial y su adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo.

pH: Medida de la acidez o alcalinidad del agua, que puede afectar la salud y el crecimiento de los peces.

Producción acuícola: Proceso de cría y cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos y crustáceos.

Producción por unidad: Cantidad total producida (en Kg) por cada unidad (jaula o metro cúbico) durante un período determinado.

Rendimiento económico: Relación entre los ingresos generados por la venta de peces y los costos totales del cultivo.

Sistemas de Cultivo: Métodos empleados para criar organismos acuáticos, que pueden incluir jaulas flotantes, estanques o sistemas recirculantes.

Sostenibilidad acuícola: Capacidad del sistema acuícola para producir alimentos sin comprometer el medio ambiente ni agotar recursos naturales a largo plazo.

Supervivencia: Porcentaje de alevinos que sobreviven durante un período determinado en el cultivo.

Temperatura del agua: Factor ambiental que influye en el metabolismo y crecimiento de los alevinos.

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1 Formulación de la hipótesis

La investigación plantea la siguiente hipótesis:

Existen diferencias significativas en el desempeño productivo y económico de los alevinos de *P. brachypomus* cultivados en jaulas flotantes, dependiendo de la densidad de cultivo.

2.2 Variables y su operacionalización

2.2.1 Variable independiente

DENSIDAD DE CULTIVO: Es el factor experimental principal que se manipuló en el estudio, con cuatro categorías de valores (6, 9, 12, y 15 peces/m³). Esta variable impacta en el desempeño productivo y económico del cultivo de *P. Brachypomus*.

2.2.2 Variables dependientes

DESEMPEÑO PRODUCTIVO: Esta variable midió los efectos que tuvo la densidad sobre el crecimiento y la eficiencia del cultivo. Se consideró los siguientes indicadores:

- Ganancia en longitud
- Ganancia en peso
- Tasa de crecimiento específico
- Tasa de sobrevivencia
- Conversión alimenticia
- Rendimiento productivo

DESEMPEÑO ECONÓMICO: Con esta variable se evaluó el impacto económico de las distintas densidades de cultivo. Con los indicadores abajo listadas se midió la rentabilidad del cultivo con las diferentes densidades.

- Costo de producción/Kilogramo
- Relación beneficio-costo
- Beneficio económico
- Rentabilidad (Retribución económica)

PARÁMETROS FISICO-QUÍMICOS DEL AGUA: Con esta variable se evaluó las características fisicoquímicas del agua mediante la medición de parámetros clave como:

- Temperatura
- Oxígeno disuelto
- pH
- Dióxido de carbono
- Amonio
- Nitrito

Tabla 1. Operacionalización de las variables de interés del estudio

VARIABLE	DEFINICIÓN	TIPO POR SU NATURALEZA Y RELACIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORÍAS	VALORES DE LAS CATEGORÍAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Densidad de cultivo	Número de peces sembrados por metro cúbico de agua en las jaulas flotantes.	Variable independiente y cuantitativa	Densidad de siembra	Razón	N.º de peces/m ³	6 peces/m ³ 9 peces/m ³ 12 peces/m ³ 15 peces/m ³	Registros de siembra
Desempeño productivo	Medida del crecimiento y la supervivencia de los alevinos en términos de peso y longitud, así como la eficiencia en la conversión alimenticia, la sobrevivencia y el rendimiento productivo.	Variable dependiente cuantitativa continua	Ganancia en longitud (GL) Ganancia en peso (GP) Tasa de crecimiento específico (TCE) Tasa de supervivencia (S) Tasa de conversión alimenticia (TCA) Rendimiento productivo por unidad de	Razón Razón Razón Razón Razón Razón	Incremento de la longitud Incremento del peso Porcentaje de Crecimiento diario en peso Supervivencia Conversión alimenticia Rendimiento en biomasa	Centímetros (cm) Gramos (g) %/día % Relación alimento/peso ganado Kg/m ³	Mediciones con ictiómetro (tallado) Registros de evaluaciones biométricas Mediciones con balanza (pesaje) Registros de mortalidad y supervivencia durante el cultivo Registros de suministro de alimento Cálculo de volumen de agua

			espacio (RUe)		(Biomasa final)		
Desempeño económico	Evaluación de los costos y beneficios asociados con el cultivo, incluyendo ingresos generados y gastos operativos	Variable dependiente cuantitativa continua	Costo de producción por kilogramo (CP _{kg})	Razón	Costo de producción por Kg	Soles por kilogramo (S/ Kg)	Registros contables de costos (insumos, mano de obra, etc.) Registros de ingresos por venta y costos operativos Cálculo de beneficio neto y costos
			Beneficio económico Neto (BeN)	Razón	Beneficio neto	Soles (S/)	
			Relación beneficio-coste (B/C)	Razón	Beneficio-coste	Relación ingreso total/coste total de producción	
			Rentabilidad (R)	Razón	Retribución	%	
Parámetros de calidad de agua	Características físicas y químicas del agua	Variable Dependiente	Temperatura	Intervalo	°C/día	0-100°C	Ficha de Parámetros del agua
			O. disuelto	Razón	mg/l/día	0-10 ml/l	
			pH	Razón	UI/día	0-10 UI	
			D. de Carbono	Razón	mg/l/día	0-100 mg/l	
			Amonio	Intervalo	mg/l/día	0-5 mg/l	
			Nitrito	Intervalo	mg/l/día	0-5mg/l	

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental y de nivel descriptivo – correlacional, donde se estableció una relación de causa-efecto entre el desempeño productivo y económico de alevinos de *P. brachypomus* “paco” bajo diferentes densidades de cultivo en un entorno controlado. La variable que se manipuló de forma deliberada fue la densidad de siembra en jaulas flotantes, y se observó los efectos en los resultados productivos y económicos. Y, por otro lado, al realizar los cultivos en jaulas flotantes se buscó, en la medida de lo posible, minimizar la influencia de variables externas (intervinientes).

3.1.2 Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación fue un diseño completamente al azar (DCA), donde se asignó de manera aleatoria los tratamientos. Las unidades experimentales fueron sometidas a 4 tratamientos, que consistieron en las diferentes densidades de siembra de los alevinos y cada tratamiento tuvo un número de 3 réplicas para asegurar la validez estadística de los resultados, en un esquema de 4 x 3.

Tratamientos experimentales:

Los tratamientos quedaron establecidos de la siguiente manera: T1: 6 peces/m³, T2: 9 peces/m³, T3: 12 peces/m³ y T4: 15 peces/m³ (ver Anexo 3). Estos tratamientos fueron comparados entre sí a fin de evaluar el efecto de las densidades de cultivo sobre una comparación entre las diferentes

densidades sobre el desempeño productivo y económico de los alevinos de *P. brachypomus*.

Unidades de experimentales:

Las unidades experimentales son los elementos básicos sobre los cuales se realizan observaciones o mediciones en un experimento. En el contexto de la presente investigación, las observaciones fueron efectuadas en grupos de 6, 9, 12 y 15 alevinos de *P. brachypomus*, por triplicado; conformado, por tanto, un total de 12 unidades experimentales.

Recintos de cultivo:

Se confeccionaron jaulas flotantes para contener a cada unidad experimental, en total 12. Cada jaula tuvo medidas de 1 x 1 x 1.2 metros de largo, ancho y alto, respectivamente, con capacidad de 1.2 m³ de agua. Estos fueron contruidos con tubos PVC de 1/2" y malla anchovetera de 2 mm de orificio. Una vez terminadas fueron colocadas en dos hileras, dentro de un estanque de 2.000 m², acondicionado para tal propósito.

3.2 Diseño muestral

3.2.1 Población de estudio

El universo de estudio estuvo formado por la población de alevinos de la especie *P. brachypomus* "paco" del fundo "GILGAR-Acuícola" de la campaña de crianza 2023.

3.2.2 Tamaño de la población de estudio

El tamaño de la población de estudio estuvo conformado por 126 alevinos de *P. brachypomus*, los cuales fueron seleccionados aleatoriamente de la población universo y, del mismo modo, fueron distribuidos en los recintos de cultivo (jaulas flotantes) (Anexo III: Figura 1).

3.2.3 Selección de las muestras

La recolección de los datos se recopiló del total de la población; es decir, el tamaño de la muestra fue igual al tamaño de la población ($n = N$). Esto con el propósito de evitar “error de muestreo”.

3.3 Procedimientos de recolección de datos

3.3.1 Técnicas

Se aplicó la técnica de observación directa e intencionada; es decir, sistemática y focalizada.

Las observaciones sistemáticas consistieron en realizar mediciones planificadas para registrar datos biométricos de cada ejemplar siguiendo un protocolo definido, y del mismo modo para anotar presencia de peces muertos en las jaulas de cultivo.

Las observaciones focalizadas se aplicaron para notar aspectos de comportamiento y de cualquier evento relevante relacionado con la salud, bienestar y supervivencia de los peces en cada una de las jaulas de cultivo.

3.3.2 Instrumentos

Se utilizó dos instrumentos para la recolección de los datos:

- i. Registros de siembra, donde se registró la cantidad de peces en cada una de las jaulas (ver Anexo II; Ficha 1).
- ii. Registros de suministro de alimento, utilizada para registrar la cantidad de alimento suministrado a los peces que conformaron las unidades experimentales (ver Anexo II; Ficha 2).
- iii. Registros de mediciones biométricas, donde se anotó las medidas de longitud y peso de los alevinos en los muestreos periódicos (ver Anexo II; Ficha 1).
- iv. Registros de mortalidad y supervivencia durante el cultivo, que sirvió para anotar presencia/ausencia de peces muertos y/o vivos (ver Anexo II; Ficha 3).
- v. Registros contables de costos. En esta ficha se anotaron los costos operativos de los cultivos de peces, según tratamiento, como insumos, mano de obra, etc. (ver Anexo II; Ficha 6)
- vi. Registros contables de ingresos, En esta ficha se registró los precios de las ventas de la producción, según tratamiento ver Anexo II; Ficha 5 y 7).

3.3.3 Ubicación del lugar de ejecución del estudio

El lugar de ejecución de la investigación se situó entre las coordenadas geográficas 5°54'49.3" L.S. y 76°08'37.6" L.W., a 197 m.s.n.m., en un estanque del fundo "GILGAR-Acuícola" (ver Anexo III: Imagen 1). El acceso al lugar es por el margen derecho de la carretera Yurimaguas-Tarapoto a la

altura del Km 4.8, en la jurisdicción del caserío Belén, distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto.

3.3.4 Adaptación de los peces a las condiciones experimentales

Los peces utilizados en el experimento fueron de la misma progenie, con biometrías promedio de 6.6 cm de longitud total y 5.45 gramos de peso. Previo a iniciar el experimento, los peces fueron sometidos a un período de cuarentena de 8 días, para adaptarlas a las condiciones experimentales, de densidad y alimentación.

3.3.5 Alimentación de los peces

Dieta:

Se utilizó una dieta balanceada comercial de la marca AQUATECH para fase de crecimiento y en acabado extruido, La Tabla 2, detalla la composición porcentual de las dietas suministradas a los peces, según refiere la marca⁽⁵⁶⁾.

Tabla 2. Análisis proximal del Alimento comercial AQUATECH

Nutrientes	%		
Proteína	40	32	28
Grasa	5	4	4
Fibra	4	6	8
Calcio	1.2	1.2	1.2
Fosforo	0.8	0.8	0.8
Ceniza	12	12	12
Humedad	12	12	12
ED (Mcal/Kg)	3100	2900	2800

Fuente: *Catalogo Peces Tropicales AQUATECH*

Suministro de raciones:

El alimento fue suministrado en 2-4 comidas por día. La tasa de alimentación (% de la biomasa) fue ajustando quincenalmente de acuerdo con el crecimiento, propuesto por AQUATECH para peces tropicales⁽⁵⁶⁾ (Tabla 3).

Las raciones diarias fueron calculadas mediante la ecuación:

$$RAd = B(TA/100)$$

Donde:

RAd = ración de alimentación diaria

B = biomasa de la población

TA = tasa de alimentación

Tabla 3. Tabla de alimentación

Tipo de alimento (% PB)	Calibre (mm)	Peso del pez (g)	Tasa de alimentación (% de biomasa)	Frecuencia de alimentación diaria
Inicio (40%)	2.0	1 a 5	15	4
		5 a 10	7	4
		10-30	6	4
		30-50	4.5	2
Crecimiento (32%)	4.0	50-200	3.5	2
Engorde (28%)	6.0-8.0	200-300	2.5	2
		300-400	2	2
		>400	1.7	2

Fuente: *Catálogo Peces Tropicales AQUATECH*

3.3.6 Mediciones biométricas de los peces

Se realizaron mediciones del peso y longitud totales de cada individuo al inicio del experimento (día 0) y los días 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 y 120. Estas faenas se llevaron a cabo durante las primeras horas de la mañana. La longitud total de los peces (en milímetros) fue medida con un ictiómetro y el peso total (en gramos), con una balanza de 0.1 g de precisión.

Este proceso requirió la extracción de los peces de las jaulas y su traslado a bateas durante la toma de las medidas. Al terminar el muestreo de los peces de cada jaula, éstos fueron sometidos a un baño con una concentración de sal de 20 gramos por litro de agua (20 g/L) durante 10 minutos, según la recomendación de Kubitza (2016)⁽⁵⁷⁾ para reducir el estrés en los peces generado por la manipulación durante sus mediciones. Luego de esta fase, los peces fueron reintegrados a las jaulas respectivas.

3.3.7 Estimación de los indicadores de las variables de estudio

Indicadores del desempeño productivo:

Para evaluar el desempeño productivo como efecto de las diferentes densidades de cultivo en los alevinos de *P. brachypomus*, se consideró los siguientes indicadores:

Ganancia en longitud (GL): Reflejan el aumento en longitud. Se calculó según la operación:

$$GL = L_f - L_i$$

Donde:

L_f = longitud media al final del experimento

L_i = longitud media al inicio del experimento

Ganancia en peso (GP): Reflejan el aumento en peso. Se calculó según la operación:

$$GP = P_f - P_i$$

Donde:

P_f = peso medio al final del experimento

P_i = peso medio al inicio del experimento

Tasa de crecimiento específico (TCE): Indica la eficiencia del crecimiento en relación con el tiempo. Se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{TCE} = 100 \cdot \frac{(\ln P_f - \ln P_i)}{t}$$

Donde:

\ln = logaritmo natural

P_f = peso medio al final del experimento

P_i = peso medio al inicio del experimento

t = período de duración del experimento (días)

Tasa de sobrevivencia (S): Proporción de individuos que sobreviven al final del experimento. Se calculó mediante la fórmula:

$$S = 100 \cdot \frac{N_f}{N_0}$$

Donde:

N_f = total de peces vivos al final del período

N_0 = total de peces sembrados al inicio del período

Tasa de conversión alimenticia (TCA): Relación entre el alimento consumido y el crecimiento. Se calcula con la fórmula:

$$\text{TCA} = \frac{Q}{GP}$$

Donde:

Q = Cantidad de alimento suministrado en el período

GP = Ganancia de peso al finalizar el período

Rendimiento productivo (RUe): Es el rendimiento en biomasa por unidad de espacio. Es una medida clave para evaluar la eficiencia de uso del espacio en función de la densidad de cultivo para generar biomasa. Se calcula con la fórmula:

$$\text{RUe} = \frac{B_f}{e_u}$$

Donde:

PUe = Rendimiento productivo por unidad de espacio (Kg/m³)

B_f = Biomasa final de los peces en la jaula (Kg)

e_u = espacio utilizado por la población de cultivo (en m³)

Indicadores del desempeño económico:

El efecto de las densidades de cultivo de alevinos de *P. brachypomus* sobre el desempeño económico fue evaluada a través de los siguientes indicadores: costo de producción por kilogramo (CP_{kg}), beneficio económico neto (BeN), relación beneficio-costo (B/C) y rentabilidad (R), de la siguiente manera:

Costo de producción por kilogramo (CP_{kg}): El costo de producción por kilogramo de pescado se calculó dividiendo el costo total de producción entre la cantidad total de kilogramos producidos, según la fórmula siguiente:

$$CP_{kg} = \frac{CtP}{B_f}$$

Donde:

CP_{kg} = Costo de producción por kilogramo (S/·Kg⁻¹)

CtP = Costo total de producción (S/)

B_f = Biomasa final de los peces en la jaula (Kg)

Beneficio económico neto (BeN): Se obtuvo restando el costo total de producción a los ingresos totales generados por la venta de los pescados, mediante la fórmula:

$$BeN = It - CtP$$

Donde:

BeN = Beneficio económico neto (S/)

It = Ingreso total generado por la venta de pescados (S/)

CtP = Costo total de producción (S/)

Relación beneficio-costo (B/C): Compara los beneficios totales obtenidos de un proyecto con los costos totales incurridos. Se calculó dividiendo los ingresos totales de las ventas por los costos total de producción, mediante la fórmula:

$$B/C = \frac{It}{CtP}$$

Donde:

B/C = Relación beneficio-costo

It = Ingreso total generado por la venta de pescados (S/)

CtP = Costo total de producción (S/)

Rentabilidad (R): Es el retorno de la inversión expresado en porcentaje, se calculó dividiendo el beneficio económico neto entre el costo total de producción y multiplicando por 100, según la fórmula:

$$R = 100 \cdot \frac{BeN}{CtP}$$

Donde:

R = Rentabilidad o retorno de la inversión (S/)

BeN = Beneficio económico neto

CtP = Costo total de producción

Estos cálculos permitieron evaluar la eficiencia económica del cultivo de “paco” a diferentes densidades, y compararlos entre los grupos experimentales.

3.3.8 Monitoreo de la calidad del agua del ambiente de cultivo

Se utilizó un kit de prueba especializado y un multiparámetro para monitorear los principales parámetros de calidad del agua, como temperatura, pH, dureza, y las concentraciones de oxígeno disuelto, dióxido de carbono, nitrito y amonio. Los datos obtenidos fueron sistemáticamente registrados en una ficha de control (ver Anexo II: Ficha 4).

3.4 Procesamiento y análisis de los datos

Los datos recopilados fueron procesados y analizados utilizando hojas de cálculo y análisis de datos Excel del software Microsoft 365. Se realizó análisis de varianza (ANOVA) para determinar existencia de diferencias estadísticas entre los tratamientos experimentales a un nivel de 5% de probabilidad. Los resultados de ANOVA arrojaron para algunos indicadores, p-valor menor que 0.05; por tanto, se realizó un análisis post-hoc de Tukey (o Tukey-Kramer) para identificar entre cuales grupos experimentales se presentaron las diferencias.

3.5 Aspectos éticos

La fase experimental del estudio se llevó a cabo con estricto apego a normativas y protocolos de seguridad, adoptando una actitud responsable hacia la preservación del medio ambiente. Se garantizó el cumplimiento riguroso de los derechos de autor de todas las fuentes y referencias bibliográficas mencionadas. Se tuvo en cuenta el Código de Ética para la Investigación Científica y Tecnológica; por tanto, los resultados de la presente investigación son verídicos y originales.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Desempeño productivo

Los hallazgos de la investigación se exponen a través de un análisis estadístico, tanto descriptivo como inferencial, basado en los datos obtenidos durante la fase experimental.

Crecimiento en peso y longitud

En los Gráficos 1 y 2 se presenta los valores medios de las longitudes y el peso de los alevinos de *P. brachypomus* obtenidos en evaluaciones periódicas, en los 120 días de cultivo, para cada una de las densidades de cultivo.

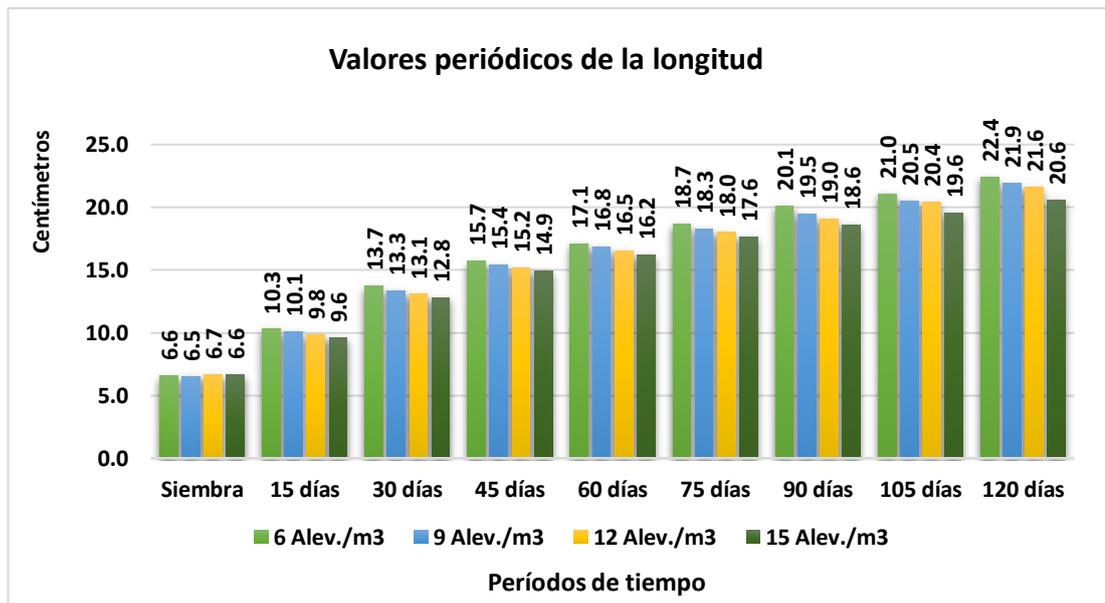


Gráfico 1. Valores medios de la longitud de los alevinos de *P. brachypomus* obtenidos en evaluaciones periódicas, en los 120 días de cultivo.

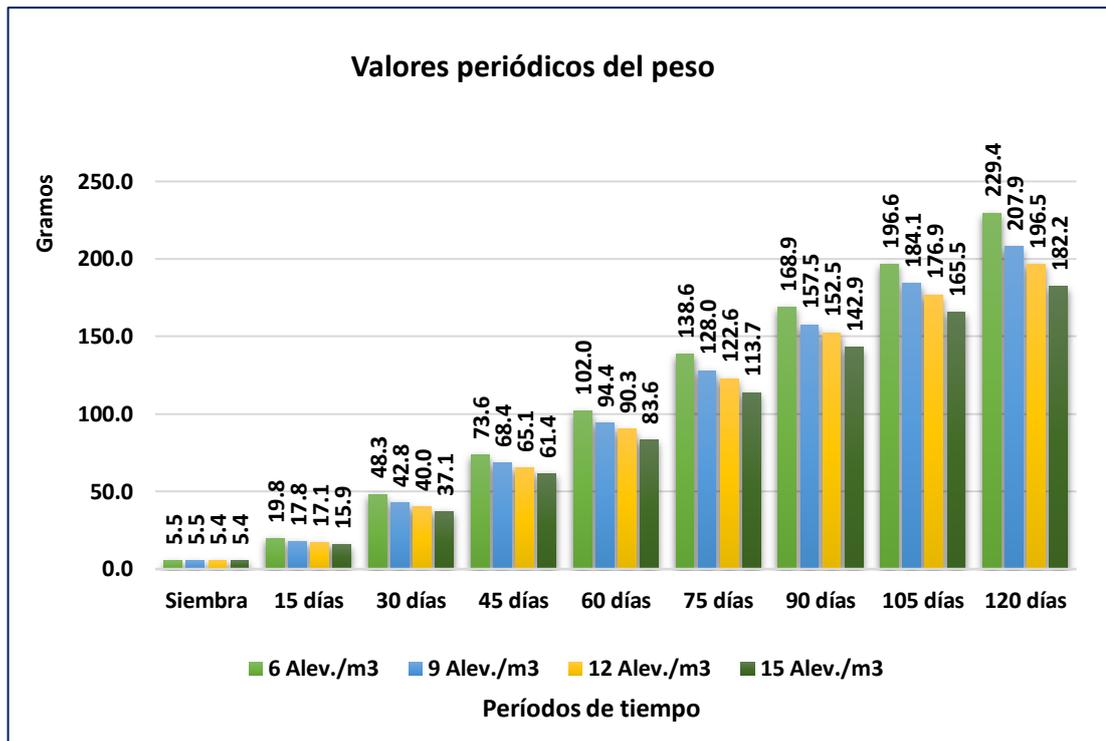


Gráfico 2. Valores medios del peso de los alevinos de *P. brachypomus* obtenidos en evaluaciones periódicas, en los 120 días de cultivo.

Las gráficas muestran que a medida que avanza el tiempo de cultivo, tanto la longitud como el peso de los alevinos aumenta gradualmente en todas las densidades. Se puede observar que a menor densidad de cultivo (6 peces/ m³), los alevinos alcanzan un mayores longitud y peso final en comparación con las densidades más altas (9, 12 y 15 peces/ m³) (ver Gráficos 1, 2).

La Tabla 4 muestra los valores y la desviación estándar de las mediciones de longitud y peso del inicio (siembra) y del final (cosecha) del experimento.

Tabla 4. Valores de la media y desviación estándar de la longitud inicial (Li), peso inicial (Pi), longitud final (Lf) y peso final (Pf) de alevinos de *P. brachypomus* y el p-valor (ANOVA) al final del período experimental de cada uno de los tratamientos.

Mediciones	T R A T A M I E N T O S				P-valor
	T1:6/m ³ (6 Alevinos/m ³)	T2:9/m ³ (9 Alevinos/m ³)	T3:12/m ³ (12 Alevinos/m ³)	T4:15/m ³ (15 Alevinos/m ³)	
Li (cm)	6.6 ± 0.1 ^a	6.5 ± 0.1 ^a	6.7 ± 0.2 ^a	6.6 ± 0.1 ^a	0.37046024
Pi (g)	5.5 ± 0.2 ^a	5.5 ± 0.1 ^a	5.4 ± 0.1 ^a	5.4 ± 0.1 ^a	0.78241255
Lf (cm)	22.4 ± 0.2 ^a	21.9 ± 0.2 ^{ab}	21.6 ± 0.3 ^{bc}	20.6 ± 0.2 ^d	2.5490E-05
Pf (g)	229.4 ± 3.6 ^a	207.9 ± 4.3 ^b	196.9 ± 1.4 ^{bc}	182.2 ± 2.3 ^d	5.2527E-07

Superíndices de letras minúsculas iguales en las filas, representan igualdad estadística de los valores medios entre los tratamientos, mediante análisis post-hoc HSD de Tukey a un nivel de significancia de 5%.

El valor de p (p -valor) muestra que existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos para las variables Lf y Pf, pero no para Li y Pi (ver Anexo 1; Tablas 7 – 12).

Esto indican que la menor densidad de cultivo (6 alevinos/m³) produjo los mejores resultados en términos de longitud y peso finales de los alevinos de "paco", mientras que las densidades más altas (12 y 15 alevinos/m³) tuvieron un impacto negativo en la longitud y el peso final de los peces.

Análisis de los Indicadores productivos

La Tabla 5 presenta los valores promedio y la desviación estándar de los indicadores de desempeño productivo de los alevinos de *P. brachypomus*. Además, se incluyen los p -valores obtenidos del ANOVA para cada indicador al final del período experimental, los cuales indican si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

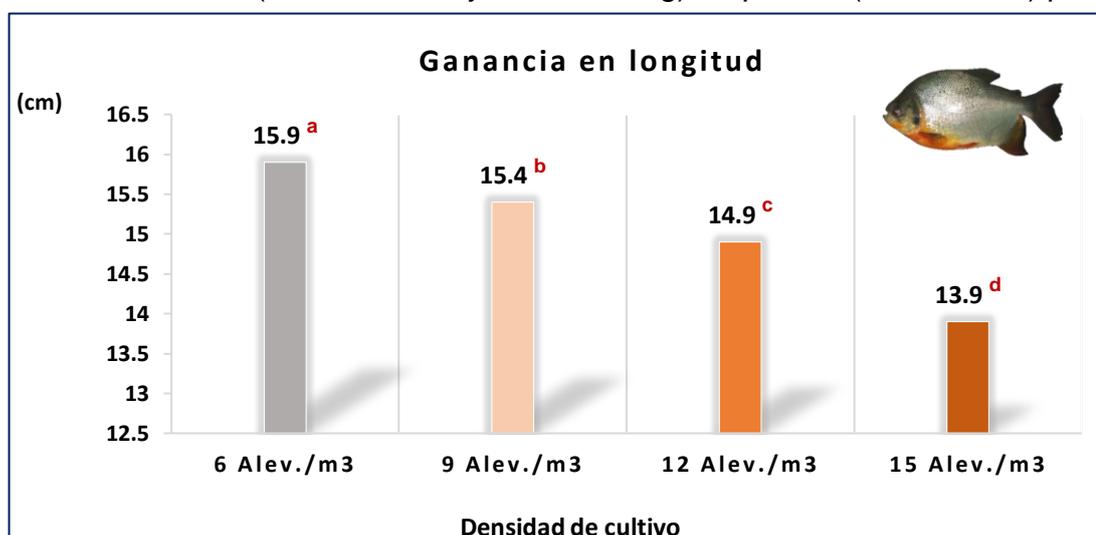
Tabla 5. Valores de la media y desviación estándar de la ganancia en longitud (GL), ganancia en peso (GP), tasa de crecimiento específico (TCE), tasa de supervivencia (S), tasa de conversión alimenticia (TCA) y Rendimiento

productivo por unidad de espacio (RUe) de alevinos de *P. brachypomus* y el p-valor (ANOVA) al final del experimento de cada tratamiento

Indicadores del Desempeño Productivo	T R A T A M I E N T O S				P-valor
	T1:6/m ³ (6 Alevinos/m ³)	T2:9/m ³ (9 Alevinos/m ³)	T3:12/m ³ (12 Alevinos/m ³)	T4:15/m ³ (15 Alevinos/m ³)	
GL* (cm)	15.9 ± 0.3 ^a	15.4 ± 0.2 ^b	14.9 ± 0.3 ^c	13.9 ± 0.1 ^d	1.1291E-07
GP* (g)	223.9 ± 27.4 ^a	202.4 ± 4.4 ^b	191.4 ± 1.4 ^c	176.8 ± 2.3 ^d	6.8879E-11
TCE* (%·día ⁻¹)	3.11 ± 0.04 ^a	3.03 ± 0.03 ^b	2.99 ± 0.01 ^{bc}	2.93 ± 0.01 ^c	2.0613E-04
S* (%)	100 ^a	100 ^a	100 ^a	100 ^a	1
TCA*	1.91 ± 0.03 ^a	1.98 ± 0.04 ^a	2.12 ± 0.16 ^a	2.39 ± 0.01 ^b	6.0758E-04
RUe* (Kg·m ⁻³)	1.38 ± 0.02 ^a	1.87 ± 0.04 ^b	2.36 ± 0.02 ^c	2.73 ± 0.03 ^d	5.7554E-11

Superíndices de letras minúsculas iguales en las filas, representan igualdad estadística de los valores medios entre los tratamientos, mediante análisis post-hoc HSD de Tukey a un nivel de significancia de 5%.

Se observa que la ganancia en longitud (GL) y en peso (GP) disminuyen de manera significativa conforme aumenta la densidad de siembra. Los alevinos del tratamiento T1 (6 alevinos/m³) alcanzaron la mayor GL (15.9 ± 0.3 cm) y GP (223.9 ± 27.4 g), mientras que los del T4 (15 alevinos/m³) lograron menores valores (13.9 ± 0.1 cm y 176.8 ± 2.3 g). El *p*-valor (1.1291E-07) para

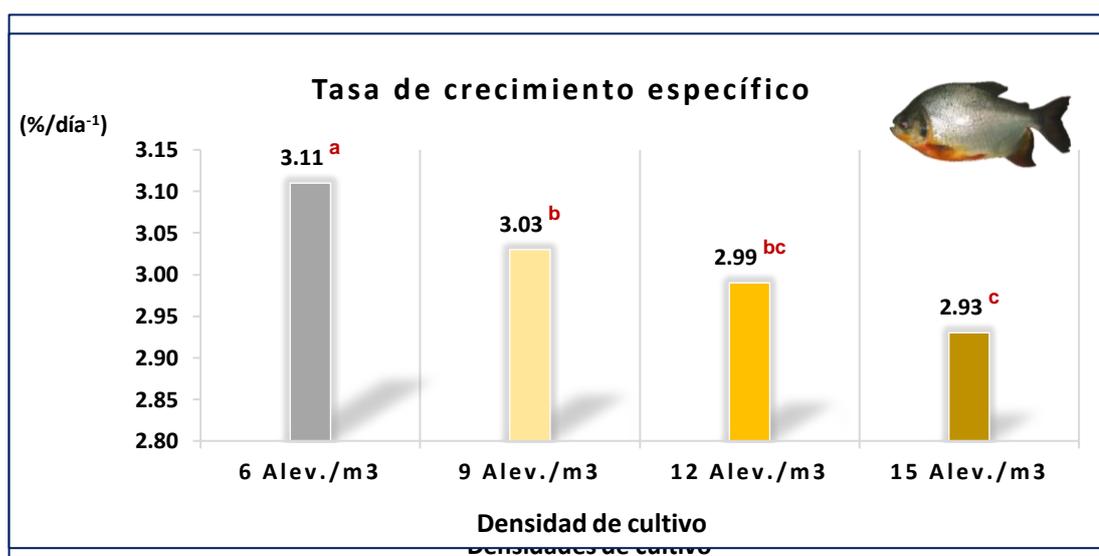


la GL y ($6.8879E-11$) para GP indica que las diferencias observadas entre los tratamientos son estadísticamente significativas (Tabla 5; Gráfico 3, 4).

Gráfico 3. Valores de la ganancia en longitud (GL) de los alevinos de *P. brachypomus*, para cada densidad de cultivo al final del experimento.

Gráfico 4. Valores de la ganancia en peso (GP) de los alevinos de *P. brachypomus*, para cada densidad de cultivo al final del experimento.

La tasa de crecimiento específico (TCE) también se ve afectada desfavorablemente con aumento en la densidad de siembra. Los alevinos del T1 tuvieron la TCE más alta ($3.11 \pm 0.04 \text{ \%}\cdot\text{día}^{-1}$) seguido de T2, T3 y T4; con un *p*-valor de $2.0613E-04$, indica diferencias significativas entre los



tratamientos (Tabla 5, Gráfico 5).

Gráfico 5. Valores de la tasa de crecimiento específico (TCE) de los alevinos de *P. brachypomus*, para cada densidad de cultivo al final del experimento.

En cuanto a la tasa de supervivencia (S), no se observan diferencias significativas ($p > 0.05$). Todos los tratamientos presentan una tasa del 100%, lo que sugiere que la densidad de siembra no afecta este indicador, como lo confirma el p -valor de 1 (Tabla 5, Gráfico 6).



Gráfico 6. Valores de la tasa de supervivencia (S) de alevinos de *P. brachypomus*, de cada densidad de cultivo, al final del experimento.

La Tasa de conversión alimenticia (TCA), muestra que los peces requirieron más alimento por cada gramo de biomasa ganada a mayor densidad de cultivo. T1 presentó el mejor valor (1.91 ± 0.03). según el p -valor ($6.0758E-04$) las diferencias entre el T4 y los tratamientos T3, T2 y T1 fueron significativas (Tabla 5, Gráfico 7).

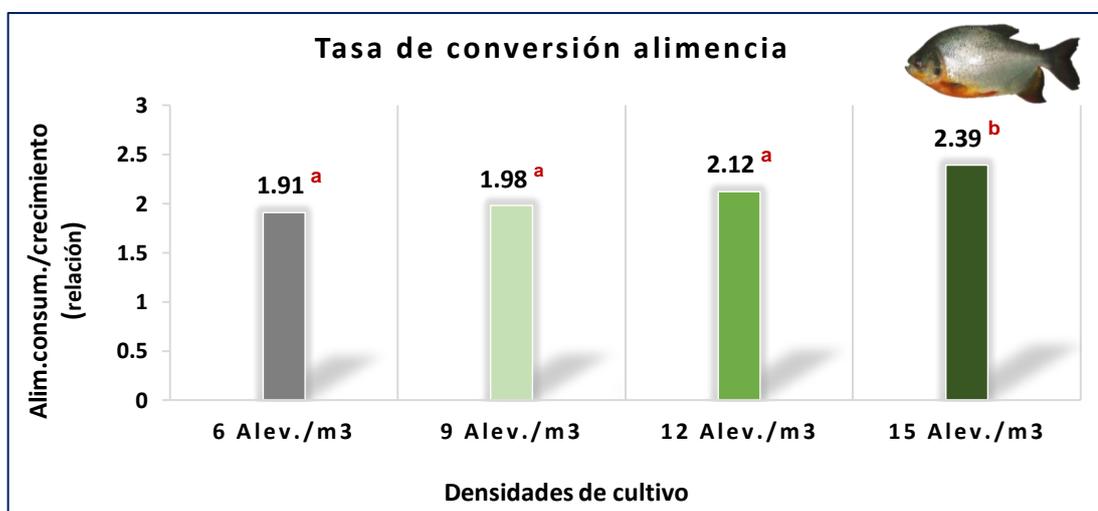


Gráfico 7. Valores de la tasa de conversión alimenticia (TCA) de alevinos de *P. brachyomus*, de cada densidad de cultivo, al final del experimento.

El rendimiento productivo por unidad de espacio (RUe) se incrementó a mayor densidad. El mejor rendimiento ($2.73 \pm 0.03 \text{ Kg}\cdot\text{m}^{-3}$) fue en T4 (15 Alevinos/ m^3), seguido de T3, T2 y T1. Las diferencias fueron significativas entre todos los tratamientos ($p < 0.05$) (Tabla 5, Gráfico 8).

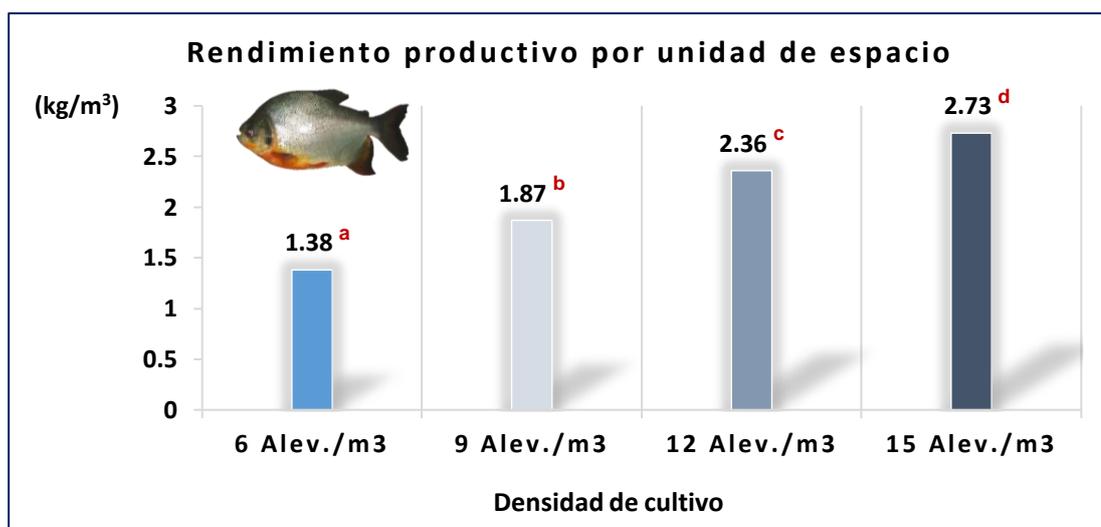


Gráfico 8. Valores del rendimiento productivo por unidad de espacio (RUe) del cultivo de *P. brachyomus*, de cada densidad de cultivo, al final del experimento.

4.2. Desempeño económico

La Tabla 6 presenta los valores medios y desviaciones estándar de los indicadores de desempeño económico de los cultivos de alevinos de *P. brachyomus* en las cuatro densidades de cultivo evaluadas (6, 9, 12 y 15 alevinos/ m^3), así como los *p*-valores obtenidos del ANOVA, para cada indicador al final del experimento.

Tabla 6. Valores de la media y desviación estándar del costo de producción por kilogramo de pescado (CPKG), beneficio económico neto (BeN), relación

beneficio-costo (B/C) y rentabilidad (R) de los cultivos de alevinos *P. brachypomus* y el p- valor (ANOVA) de cada tratamiento al final del experimento.

Indicadores del Desempeño Económico	T R A T A M I E N T O S				P-valor
	T1:6/m ³ (6 Alevinos/m ³)	T2:9/m ³ (9 Alevinos/m ³)	T3:12/m ³ (12 Alevinos/m ³)	T4:15/m ³ (15 Alevinos/m ³)	
CP _{KG} (S/·Kg ⁻¹)	3.33 ± 0.05 ^a	3.75 ± 0.08 ^b	3.98 ± 0.03 ^c	4.29 ± 0.05 ^d	1.9667E-07
BeN (S/)	7.81 ± 0.20 ^a	9.82 ± 0.35 ^b	11.87 ± 0.15 ^c	12.89 ± 0.31 ^d	5.22751E-08
B/C	2.70 ± 0.04 ^a	2.40 ± 0.05 ^b	2.26 ± 0.02 ^c	2.10 ± 0.03 ^d	2.3581E-07
R (%)	170.48 ± 4.29 ^a	139.92 ± 5.01 ^b	126.41 ± 1.58 ^c	110.05 ± 2.64 ^d	2.3581E-07

Superíndices de letras minúsculas iguales en las filas, representan igualdad estadística de los valores medios entre los tratamientos, mediante análisis post-hoc HSD de Tukey a un nivel de significancia de 5%.

En la Tabla 6 se observa que, a mayor densidad de cultivo, mayor es el costo de producción por kilogramo de pescado (CP_{KG}). El costo promedio más bajo (3.33 ± 0.05 S/·Kg⁻¹) se obtuvo en T1 (6 alevinos/m³), seguido de los tratamientos T2, T3 y T4. El *p-valor* (1.9667E-07) indicó diferencias significativas entre todos los tratamientos (Tabla 6, Gráfico 9).

También se observa que, el beneficio económico neto (BeN) se incrementó significativamente con el aumento en la densidad de cultivo de alevinos de “paco”; lo cual indica que una mayor densidad conduce a mayores ingresos económicos. Así, vemos que los peces en T4 (15 alevinos/m³) generan mayor beneficio económico (S/ 12.89), disminuyendo progresivamente en T3, T2 y T1. El *p-valor* (5.22751E-09) confirmó diferencias significativas entre todos los tratamientos (Tabla 6; Gráfico 10).

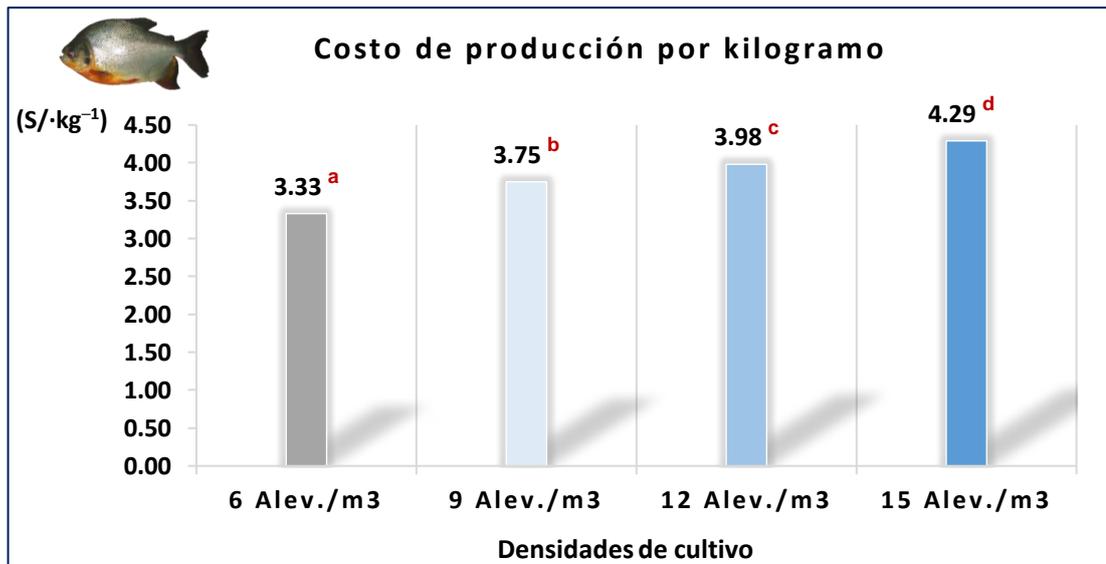


Gráfico 9. Valores de los costos de producción por kilogramo (CPKg) de cultivos de *P. brachypomus* en cuatro densidades, al final del experimento.

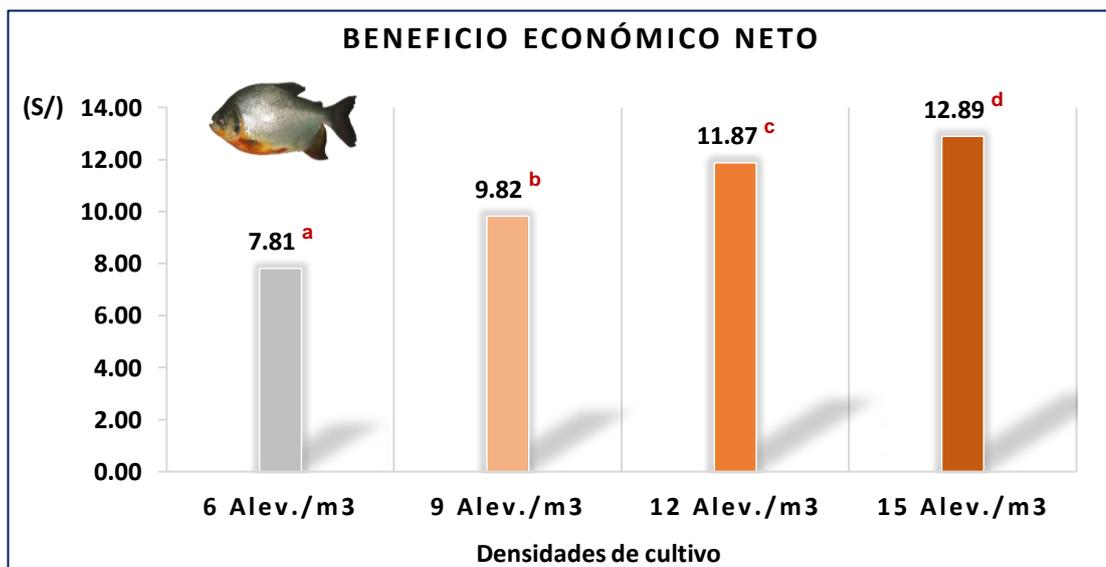


Gráfico 10. Valores de los beneficios económicos neto (BeN) de cultivos de alevinos de *P. brachypomus*, en cuatro densidades, al final del experimento.

Respecto de la relación beneficio-costo (B/C), esta disminuyó a densidades más altas. El mayor B/C (2.70 ± 0.04) se obtuvo con la densidad de 6 alevinos/m³, mientras que con 15 alevinos/m³ se observó el menor B/C (2.10

± 0.03). El *p*-valor ($2.3581E-07$) señala que las diferencias entre todos los tratamientos fueron estadísticamente significativas (Tabla 6; Gráfico 11).

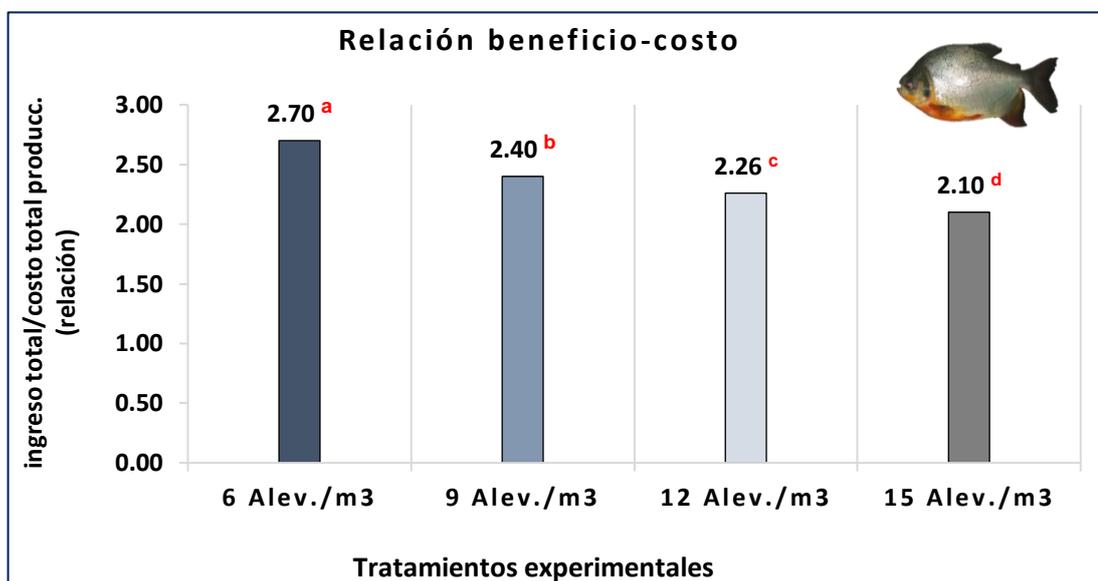


Gráfico 11. Valores de la relación beneficio-costo (B/C) del cultivo de alevinos de *P. brachypomus* en cuatro densidades, al final del experimento.

En cuanto a la rentabilidad (R) del cultivo de alevinos de “paco”, esta disminuyó a densidades más altas. La mayor R ($170.48 \pm 4.29\%$) se obtuvo en el tratamiento T1 (6 alevinos/m³), mientras que T4 (15 alevinos/m³) presentó la menor R ($110.05 \pm 2.64\%$). El *p*-valor ($2.3581E-07$) señala que las diferencias entre todos los tratamientos fueron estadísticamente significativas (Tabla 6; Gráfico 12).

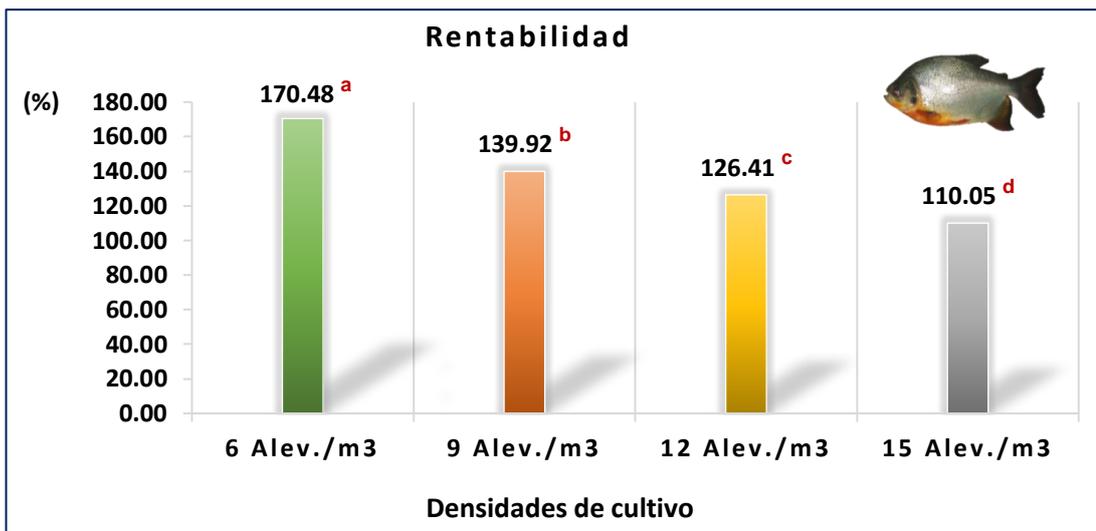


Gráfico 12. Niveles porcentuales de la rentabilidad (R) del cultivo de alevinos de *P. brachyomus* en cuatro densidades, al final del experimento.

4.3 Monitoreo de la calidad del agua

El monitoreo se realizó en intervalos semanales (T° , pH y OD) y quincenales (NH_4^+ , CO_2 y NO_2^-).

Parámetros obtenidos en períodos semanales

En el Gráfico 13 se muestran el comportamiento de temperatura durante el período de cultivo en horarios de 6:30 y 17:30 horas.}

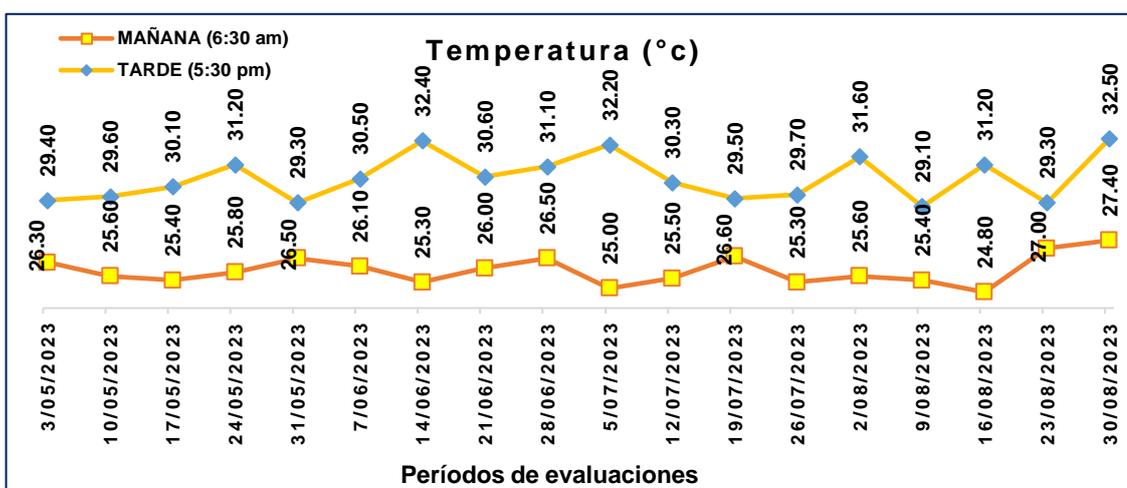


Gráfico 13. Valores semanales de la temperatura (°C) durante un período de cultivo.

Los valores de temperatura fluctuaron entre los 24.80 y 27.40 °C por las mañanas y entre los 29.10 y 32.50 °C por las tardes. Los valores registrados se mantuvieron dentro de los rangos óptimos recomendados para la acuicultura del *P. brachypomus*.

En el gráfico 14, se presenta los valores del potencial hidrogeniónico del agua (pH) registrados semanalmente durante el período experimental. Los valores se mantuvieron dentro de los rangos óptimos recomendados para la acuicultura del *P. brachypomus*.

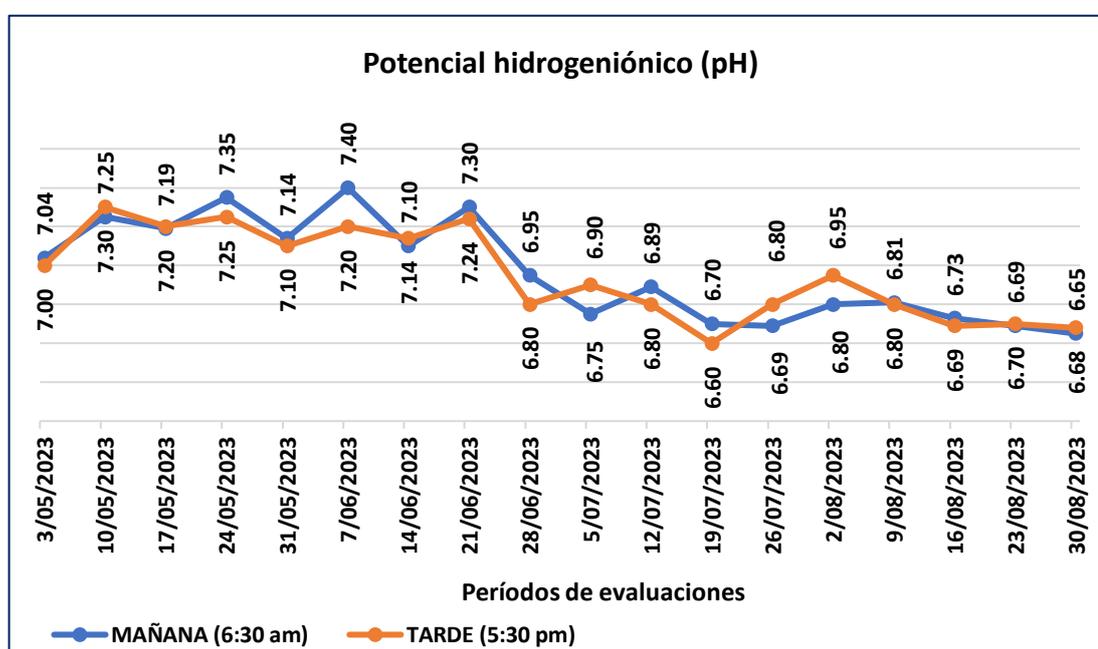


Gráfico 14. Valores semanales del potencial hidrogeniónico (pH) durante un período de cultivo.

En el Gráfico 15 se muestran la dinámica del oxígeno disuelto durante el período de cultivo en horarios de 6:30 y 17:30 horas.

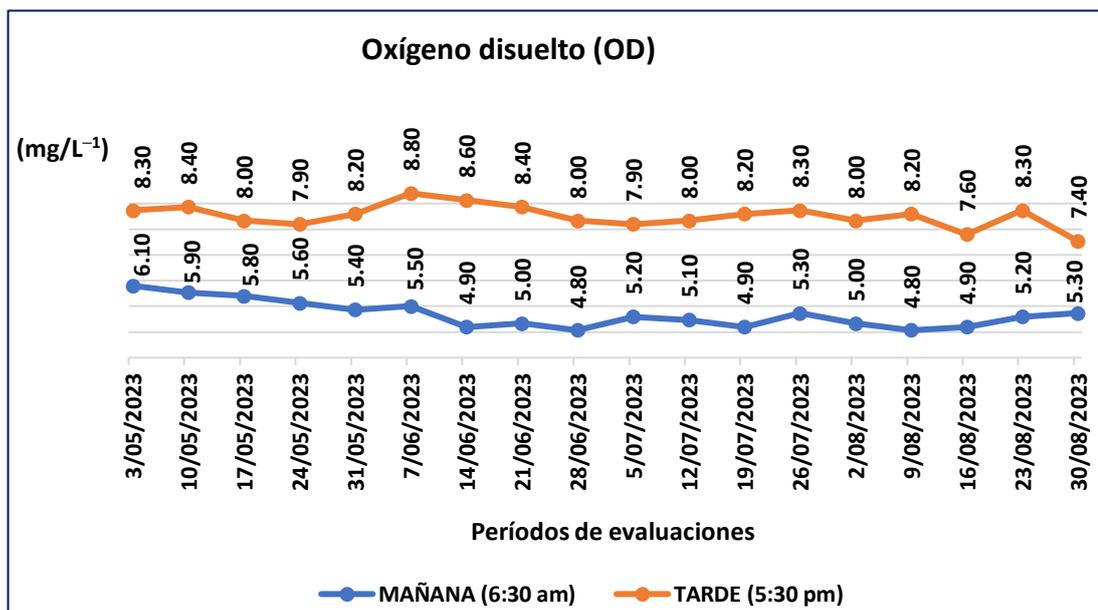


Gráfico 15. Valores semanales del oxígeno disuelto (OD) durante un período de cultivo.

Las fluctuaciones de OD oscilaron entre 4.80 y 6.10 mg·L⁻¹ por las mañanas, y entre 7.40 y 8.80 mg·L⁻¹ por las tardes. Estos niveles se sitúan dentro de los parámetros óptimos recomendados para el cultivo de *P. brachypomus*.

Parámetros obtenidos en períodos quincenales

En el Gráfico 16 se muestran los valores del amonio (NH₄⁺) durante el período de cultivo en horarios de mañana y tarde.

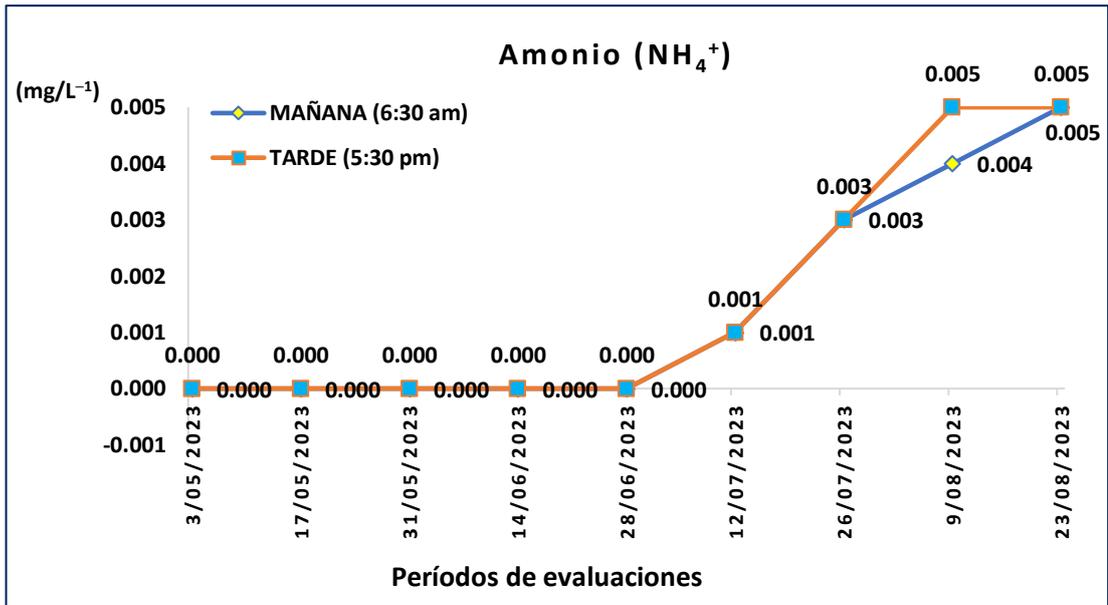


Gráfico 16. Valores quincenales del amonio (NH_4^+) durante un período de cultivo.

Se observa que los valores fluctuaron entre los valores de $0.004 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a las 6:30 horas y de $0.0015 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a las 17:30 horas. Un notable incremento se registró a partir de la fecha 12/07/2023 hasta el final del cultivo. En general, las fluctuaciones se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para la crianza de la especie.

El gráfico 17, presenta los valores quincenales del dióxido de carbono durante los 120 días de cultivo en horarios de mañana y tarde.

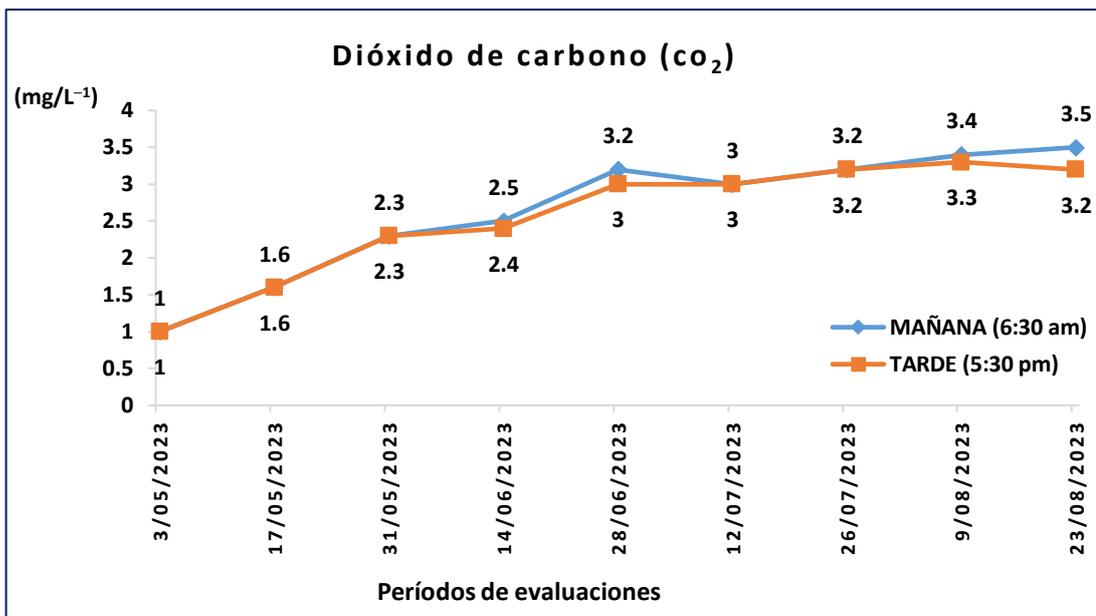


Gráfico 17. Valores quincenales del dióxido de carbono (CO₂) durante un período de cultivo.

Los valores registrados fluctuaron entre los $2.63 \pm 0.86 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a las 6:30 horas, y los $2.56 \pm 0.81 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ a las 17:30 horas. Se observa un sutil incremento durante el período experimental; no obstante, estos valores se encuentran dentro de los rangos óptimos para la crianza de *P. brachypomus*.

En el gráfico 18, se observa los valores quincenales del nitrito (NO₂⁻) anotados durante el período experimental. Las concentraciones de NO₂⁻ fluctuaron entre los $2.2\text{E-}4 \pm 4.4\text{E-}4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, tanto en la mañana como en la tarde. Desde el 26/07/2023 hasta el término del cultivo se presentó un notable incrementos en la concentración de NO₂⁻. Estos valores no excedieron a los rangos óptimos para *P. brachypomus*.

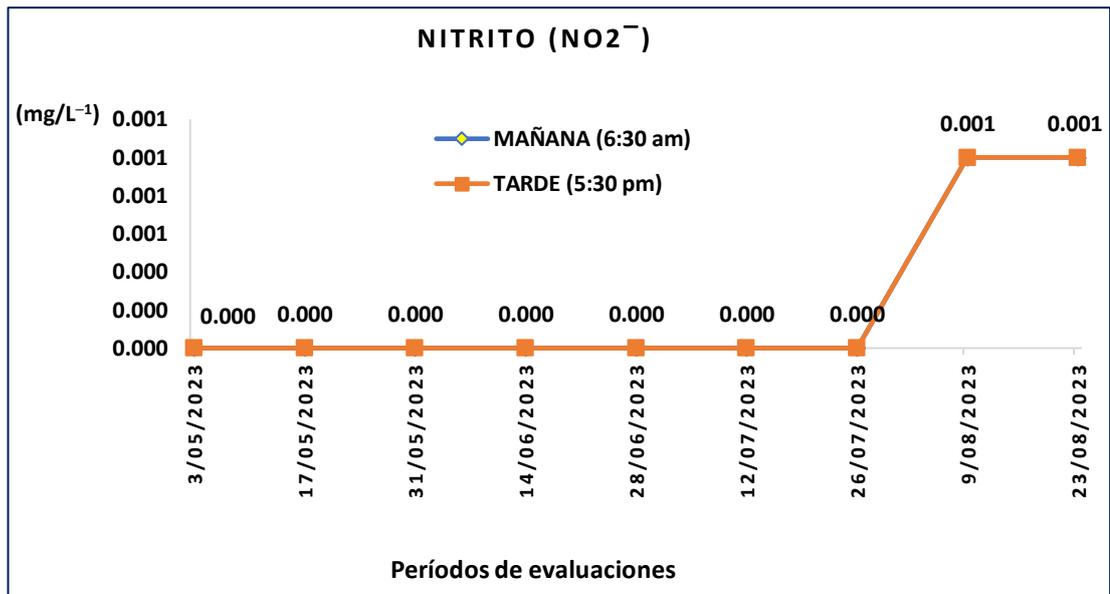


Gráfico 18. Valores quincenales del nitrito (NO₂⁻) durante un período de cultivo.

Todos los parámetros monitoreados durante el experimento se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para el cultivo de peces amazónicos, particularmente para la especie en evaluación.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Después de 120 días de cultivo, los juveniles de *P. brachypomus* mostraron un crecimiento exponencial tanto en longitud como en peso, evidenciando que 6 alevinos/m³ propició un mayor crecimiento (22.4 cm y 229.4 g) comparado con las densidades de 9 alevinos/m³ (21.9 cm y 207.9 g), 12 alevinos/m³ (21.6 cm y 196.9 g) y 15 alevinos/m³ (20.6 cm y 182.2 g). Estos hallazgos concuerdan con los resultados de Reyes *et al.* (2022), quienes obtuvieron valores de 115.24 g y 7.5 cm, cultivando *C. macropomum* en un sistema RAS a una densidad de 20 alevinos/m³(18). De manera similar, López-Sánchez (2007) y Reátegui *et al.* (2018) con *P. brachypomus* informaron resultados consistentes, con pesos finales de 102.3, 166.00 g y longitudes de 17.60 cm, 18.14 cm, respectivamente(7,26). Por otro lado, Castro & Bustamante (2019) con densidad de 25 peces/m³, obtuvieron un peso promedio de 17.40 g y longitud de 7.65 cm(23). Asimismo, Flores-Solís (2023) al cultivar en un sistema biofloc, reportó pesos finales de 87.7g y 81.19 g correspondiente a las densidades de cultivo de 43 y 72 peces/m³, respectivamente(8). En un periodo más extenso, Inga-Pezo (2021) reportó un peso final de 408.22 g y una longitud de 28.94 cm para una densidad de 10 peces/m³(20). Los resultados obtenidos sugieren una tendencia clara: a menores densidades de siembra, el crecimiento en peso y longitud es mayor. Sin embargo, en contraste con esta tendencia, Cuan *et al.* (2021) reportaron un peso de 346.01 g a una densidad de 250 peces/m³(21), lo que indica que otros factores, como la alimentación a saciedad, pueden influir en el crecimiento incluso a altas densidades.

Los resultados obtenidos en este estudio sobre la ganancia en longitud y peso fueron de 15.9 cm y 223.9 g; 15.4 cm y 202.4 g; 14.9 cm y 191.4 g; y 13.9 cm y 176.8 g para densidades de 6, 9, 12 y 15 peces/m³, respectivamente, encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Valores muy por debajo a estos hallazgos fueron reportados por Reyes et al. (2022), donde su menor densidad (20 peces/m³) obtuvo una GL de 7.5 cm y una GP de 115.24g⁽¹⁸⁾. Asimismo, Castro & Bustamante (2019) al evaluar densidades de 25, 50 y 75 peces/m³, reportaron GL de 15.47, 12.58 y 11.97 cm y GP de 15.47, 12.58 y 11.97 g, respectivamente⁽²³⁾. Por otro lado, Soberón et al. (2007), en un ensayo con *C. macropomum* a densidades de 10, 20 y 30 peces/m³, observaron GL de 3.8, 4.6 y 4.9 cm y GP de 69.15, 81.20 y 78.77 g, respectivamente⁽⁶⁾. Valores superiores a esta investigación fueron reportados por Inga-Pezo (2021), quien cultivando bajo densidades de 10, 15 y 20 peces/m³, reportó GL de 21.9, 20.1 y 19.9 cm y con GP de 398.24, 373.50 y 370.27 g, respectivamente⁽²⁰⁾. De igual forma, Cuan et al. (2021) observaron valores de GP de 271.62, 290.63 y 341.09 g para densidades de 150, 200 y 250 peces/m³⁽²¹⁾. Estos resultados demuestran que la ganancia en longitud y peso en *P. brachypomus* está relacionada inversamente con la densidad de cultivo. En contraste, Ruiz-Gutiérrez (2023) anotó GP de 4.44, 5.12 y 6.27 g con las densidades de 5, 10 y 15 peces/m³, respectivamente, para *A. ocellatus* “acarahuzú”⁽⁹⁾.

La tasa de crecimiento específico (TCE) registrado en el presente trabajo fueron de 3.11, 3.03, 2.99 y 2.93 %·día⁻¹ para densidades de 6, 9, 12 y 15 peces/m³, respectivamente, siendo estos hallazgos similares a los reportado por Castro & Bustamante (2019), quienes evaluaron densidades de 25, 50 y

73 peces/m³ y observaron TCE de 5.24, 5.04 y 4.90 %-día⁻¹, respectivamente⁽²³⁾. Del mismo modo, Cuan *et al.* (2021) encontraron tasas de 0.157, 0.155 y 0.151 %-día⁻¹ para densidades de 150, 200 y 250 peces/m³, respectivamente⁽²¹⁾. Estos estudios coinciden en que el aumento en la densidad de siembra tiende a reducir la TCE. Por lo contrario, Reátegui *et al.* (2018) analizaron el crecimiento de juveniles de paco a densidades de 20, 40 y 60 peces/m³, cuyas TCE fueron de 1.62, 1.64 y 1.73 %-día⁻¹, respectivamente⁽⁷⁾, coincidiendo con Soberón *et al.* (2007), al trabajar con *C. macropomum* a densidades de 10, 20 y 30 peces/m³, reportaron TCE de 0.67, 0.72 y 0.74 %-día⁻¹, respectivamente⁽⁶⁾, los autores no encontraron una relación estadística clara.

En el presente estudio, se registraron supervivencias del 100% en todos los tratamientos evaluados (densidades de 6, 9, 12 y 15 peces/m³), siendo este valor similar a lo reportado por Castro & Bustamante (2019), quienes también observaron una supervivencia del 100% a densidades de 25, 50 y 75 peces/m³ ⁽²³⁾, y por Soberón *et al.* (2007), quienes lograron la misma tasa en *C. macropomum* cultivado a densidades de 10, 20 y 30 peces/m³ ⁽⁶⁾. Por otro lado, Reátegui *et al.* (2018), en un ensayo con *P. brachypomus* durante 96 días, reportaron tasas de supervivencia ligeramente menores, a densidades de 20, 40 y 60 peces/m³, con valores de 89.97%, 91.07% y 85.90%, respectivamente⁽⁷⁾. Estos estudios coinciden en que una gestión eficiente de las condiciones de cultivo puede mitigar los efectos negativos de la densidad sobre la supervivencia. Por otro lado, Cuan-Barrera *et al.* (2021) reportaron una tendencia diferente en *P. brachypomus*, con tasas de supervivencia de 83.51%, 78.98% y 93.72% para densidades de 150, 200 y 250 peces/m³,

respectivamente⁽²¹⁾.

En relación a los valores de la tasa de conversión alimenticia (TCA) obtenidas en este estudio, se registraron conversiones de 1.91, 1.98, 2.12 y 2.39 para densidades de 6, 9, 12 y 15 alevinos/m³, respectivamente, valores muy similar a los nuestros fue reportado por Castro & Bustamante (2019), al evaluar densidades de 25, 50 y 75 peces/m³, observaron TCA de 1.76, 1.80 y 1.86, respectivamente⁽²³⁾, en la misma línea, Soberón et al. (2007) con *C. macropomum* reportaron una TCA de 1.19 para la densidad de 10 peces/m³⁽⁶⁾. Por otro lado, Reátegui et al. (2018) reportaron valores significativamente más altos de TCA (3.43, 3.46 y 3.38) en densidades de 20, 40 y 60 peces/m³, respectivamente⁽⁷⁾, valores elevados si lo comparamos con lo reportado por Inga-Peso (2021) que al evaluar densidades de 10, 15 y 20 peces/m³ durante 140 días, reportó TCA de 1.28, 1.31 y 1.27⁽²⁰⁾, del mismo modo, López-Sánchez (2007) obtuvo valores similares de TCA de 1.28, 1.16 y 1.29 a densidades de 10, 20 y 30 peces/m³, respectivamente⁽²⁶⁾. En contraste con los resultados del presente estudio y de los autores mencionados en los párrafos anteriores, Cuan et al. (2021) al evaluar densidades de 150, 200 y 250 peces/m³, obtuvieron TCA de 1.1, 1.2 y 0.9, sin diferencias estadísticas significativa⁽²¹⁾.

Luego de analizar los valores de rendimiento productivo por unidad de espacio (RUe), la densidad 15 peces/m³ tuvo mayor rendimiento (2.73 kg·m⁻³) seguida de las densidades de 12, 9 y 6 peces/m³ con un rendimiento de 2.36, 1.87 y 1.38 kg·m⁻³, respectivamente. Estos resultados evidenciaron un aumento progresivo y estadísticamente significativo (p<0.05) conforme incrementó la densidad de cultivo, siendo estos valores inferiores a lo reportado por

Ángeles-Escobar *et al.* (2022) reportaron un rendimiento máximo de 11.34 kg·m⁻³ en un cultivo de 45 días de *Piaractus brachypomus* en sistemas biofloc⁽¹⁹⁾. Cabe señalar que, además de esta investigación, no se encontraron otros estudios que evaluaran específicamente el R_{Ue} como indicador, lo que representa una limitación para profundizar en la discusión.

Respecto a los resultados del desempeño económico, en el presente estudio, se evaluaron los indicadores, mostrando diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (6, 9, 12 y 15 peces/m³), se registró que el costo de producción por kilogramo (CP_{KG}) fue menor en T1 (3.33 S/·Kg⁻¹) y aumentó progresivamente con la densidad, alcanzando su máximo en T4 (4.29 S/·Kg⁻¹), siendo estos valores similares a los reportado por López-Sánchez (2007) quien registró costos de producción de 3.80 S/·Kg⁻¹ en para el T3⁽²⁶⁾, mientras que Aldava-Pardabe (2017) determinó que la densidad óptima para el híbrido "pacotana" era de 3 peces/m², con un CP_{KG} de 5.81 S/·Kg⁻¹⁽²⁴⁾. Por lo contrario, Deza *et al.* (2002) observaron que, en un cultivo de 240 días, el CP_{KG} disminuyó con densidades más altas, siendo de 2.77 S/·Kg⁻¹ en 15,000 peces·ha⁻¹, lo que también resultó en una mayor tasa interna de retorno (TIR) del 42.19%⁽²⁷⁾. En relación al beneficio económico neto (BeN) fue mayor en T4 (S/ 12.89), pero la relación beneficio-costo (B/C) y la rentabilidad (R) disminuyeron conforme aumentó la densidad, siendo mayores en T1 (2.70 y 170.48%, respectivamente), valores elevados si lo comparamos con lo reportado por Dávila & Torres (2023) registrando a la densidad de 3 peces/m², una retribución económica de S/ 0.85⁽¹⁷⁾. Por otro lado, Vargas-Ticse (2009) reportó una mejor retribución económica de 8.89 S/·m² para la densidad de 9 peces/m²⁽²⁵⁾, siendo estos valores por debajo de

lo reportado por Ríos-Cahuaza (2020) quien utilizando dietas basadas en insumos locales generó mayor beneficio económico (S/ 14.10 en T1 y S/ 13.20 en T2) en comparación con el uso de alimento comercial⁽²²⁾. Asimismo, López-Sánchez (2007) registró beneficios económicos de hasta S/ 113.3 en densidades de 10 peces/m³⁽²⁶⁾. En conjunto, estos resultados sugieren que densidades moderadas en el cultivo de *P. brachypomus* en jaulas pueden proporcionar un equilibrio entre productividad y rentabilidad. Aunque las densidades más altas producen mayor BeN, también eleva el CP_{kg}, reduciendo así la relación B/C y la rentabilidad (R).

Durante este estudio, los parámetros fisicoquímicos del agua se mantuvieron dentro de los rangos óptimos, registrando una temperatura del agua entre 25.89 °C y 30.53 °C, el pH se mantuvo entre 6.95 y 6.97, el oxígeno disuelto osciló entre 5.26 y 8.14 mg·L⁻¹, amonio fue < 0.01 mg·L⁻¹, nitritos bajos (< 0.01 mg·L⁻¹) y el CO₂ se mantuvo entre 2.56 y 2.63 mg·L⁻¹, estos resultados son similares a los reportados por Inga-Pezo (2021), quien registró temperaturas de 26 °C a 29 °C, o. disuelto de 5.50 y 6.18 mg·L⁻¹ y nitritos (<0.5 mg·L⁻¹)⁽²⁰⁾, del mismo modo Cuan-Barrera *et al.* (2021), registraron un pH de 6.41 a 6.53 y o. disuelto (4.68 y 4.73 mg·L⁻¹)⁽²¹⁾, Estos valores están alineados con el rango óptimo por Guerra-Flores (2006) para especies nativas ⁽⁵⁸⁾. Por otro lado, López-Sánchez (2007) registró temperaturas de 26°C a 29°C, pH bajos entre 5.0 y 5.84, o. disuelto de 4.05 a 3.24 mg·L⁻¹, amonio de 1.2 a 1.5 mg·L⁻¹, niveles de CO₂ de 6.8 a 13 mg·L⁻¹ y nitritos (0.01 a 0.05 mg·L⁻¹)⁽²⁶⁾.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- El cultivo de *P. brachypomus* en jaulas flotantes, es una práctica viable tanto desde una perspectiva productiva como económica; pero, el éxito depende del equilibrio adecuado entre la densidad de siembra, el crecimiento individual de los peces, la eficiencia alimenticia y la rentabilidad económica.
- En relación al desempeño productivo del *P. brachypomus*, la densidad de siembra afectó significativamente en el crecimiento individual de los alevinos, siendo la densidad de 6 alevinos/m³ que obtuvo mejores resultados en GL (15.9 cm), GP (223.9 g), TCE (3.11%·día⁻¹) y TCA (1.91). Mientras que el RUe alcanzó un valor de 2,73 kg·m⁻³ en el T4. En términos de supervivencia, se alcanzó un 100% en todos los tratamientos.
- En cuanto al desempeño económico, la densidad tuvo influencia significativa, se observó que el T4 obtuvo un beneficio económico neto (BeN) de S/.12.89). Sin embargo, en los indicadores de rentabilidad (R) y costo de producción por kilogramo (CP_{KG}), el T1, obtuvo mejores resultados (170.48% y 3.33 S/·Kg⁻¹, respectivamente).
- La calidad de agua presentó valores óptimos para el cultivo de *P. brachypomus*. La temperatura fluctuó entre 26 y 30 °C, mientras que los valores químicos incluyeron un pH de 6.9, amonio <0.01 mg·L⁻¹, oxígeno disuelto entre 5.3 a 8.1 mg·L⁻¹, dióxido de carbono entre 2.5 a 2.6 mg·L⁻¹ y nitrito <0.01 mg·L⁻¹.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- Se recomienda adoptar una gestión cuidadosa de la densidad de cultivo para maximizar el rendimiento productivo y económico en la acuicultura de *P. brachypomus*.
- Realizar estudios adicionales que evalúen la interacción entre otras variables ambientales y de manejo (como la calidad del agua, la alimentación y el manejo sanitario) en combinación con diferentes densidades de cultivo, para obtener una comprensión más integral de cómo optimizar la producción de "paco" en condiciones acuícolas.
- Se recomienda emplear mallas anchoveteras de 2 mm de diámetro para la construcción de las jaulas, ya que contribuyen al mantenimiento del flujo de agua dentro y fuera de la jaula.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción. [Internet]. Roma - Italia: FAO; 2024 [citado 24 de octubre de 2024]. 278 p. (El Estado del Mundo). Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd0683es>
2. FAO, World Resources Institute - PNUD. Piscicultura Amazónica con Especies Nativas. [Internet]. Lima – Perú: Tratado de Cooperación Amazónica, s.a; 2024 [citado 16 de octubre de 2024]. 169 p. Disponible en: <http://iiap.org.pe/Upload/Publicacion/CDinvestigacion/iiap/iiap1/TEXT001.htm>
3. Mendoza Ramirez D. Panorama de la Acuicultura Mundial, en América Latina y el Caribe y en el Perú. [Internet]. Dirección General de Acuicultura, Minerio de la Produccion; 2011 [citado 3 de abril de 2023]. Disponible en: <https://aquadocs.org/bitstream/1834/8418/1/informe-sobre-la-acuicultura-en-el-peru.pdf>
4. Alcántara Bocanegra F, Rodríguez Chu L, Cuq AM, Tello Martín S, Del Castillo Torres D. Avances en el Desarrollo de la Acuicultura en la Región Amazonas, Perú. [Internet]. Iquitos - Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana; 2004. 59 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/353807511_ACUICULTURA_EN_AMAZONAS_AVANCES/link/6112dfbe0c2bfa282a373282/download
5. das Chagas de Medeiros F, de Moraes AJ. Manual como iniciar piscicultura com espécies regionais [Internet]. Primera edición. Brasília: Sebrae; 2013. Disponible en: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b7c92dacee0fbaec6c77bbb438c6ab64/\\$File/4510.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b7c92dacee0fbaec6c77bbb438c6ab64/$File/4510.pdf)
6. Soberón-Minchán LE, Chu-Koo FW, Alcantara-Bocanegra F. Parámetros hematológicos, crecimiento y composición corporal de juveniles de

gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) cultivados en tres ensidades. *Folia Amaz.* 31 de diciembre de 2007;16(1-2):35-45.

7. Reátegui-Acosta CR, Oliva-Paredes R, Villegas-Panduro PP, Vargas Flores JI. Efecto de la densidad de siembra en el desempeño productivo y parámetros hematológicos de juveniles de *Piaractus brachypomus* “paco” cultivados en jaulas flotantes en la Laguna Yarinacocha. *Rev Investig Científica Cult Viva Amaz* [Internet]. 2018; Disponible en: <https://revistas.upp.edu.pe/index.php/RICCVA/article/view/58>
8. Flores-Solis Y. Efecto de la densidad de siembra sobre los parámetros productivos de alevines de paco (*Piaractus brachypomus*) en sistema Biofloc [Internet] [Tesis]. [Lima – Perú]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2023 [citado 19 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6492>
9. Ruiz-Gutierrez JJ. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de *Astronotus ocellatus* “acarahuzú” en jaulas flotantes, Huánuco [Internet] [Tesis]. [Ayacucho - Perú]: Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; 2023. Disponible en: <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9d5b3b1c-4b52-4d26-96c3-3bcc189a8ce5/content>
10. Rebaza-Alfaro C, Valdivieso M, Rebaza-Alfaro M, Chu-Koo FW. Análisis económico del cultivo de gamitana *Colossoma macropomum* y Paco *Piaractus brachypomus* usando una dieta extrusada comercial en Ucayali. *Folia Amaz.* 2008;17(1-2):7-13.
11. Guarniz-Polo SG. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* “paco” (cuvier 1818), en estanques seminaturales de la comunidad nativa de sasa, Imaza – Bagua. [Internet] [Tesis]. [Trujillo - Perú]: Universidad Nacional de Trujillo; 2014 [citado 18 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14414/4386>
12. Bolasina S, Tagawa M, Yamashita Y, Tanaka M. Effect of stocking density on growth, digestive enzyme activity and cortisol level in larvae and

- juveniles of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*. 8 de septiembre de 2006;259(1-4):432-43.
13. Cardama-Casique JA, Sánchez-Hidalgo SM. Influencia de la densidad de siembra en el crecimiento de juveniles de gamitana, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) en jaulas flotantes en el caño San Pedro, cuenca baja del río Nanay. Loreto, Perú. [Tesis]. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2009.
 14. Rebaza C, Villafana E, Rebaza M, Deza S. Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* “paco” en segunda fase de alevinaje en estanques seminaturales. *Folia Amaz.* 2002;13(1-2):121-34.
 15. Vásquez-Torres W. Principios de Nutrición Aplicada al Cultivo de Peces [Internet]. Primera edición. Universidad de los Llanos, editor. Los Llanos, Colombia: Juan XXIII Ltda.; 2004 [citado 18 de octubre de 2024]. 69 p. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/539246165/Principios-de-Nutricion-Aplicada-Al-Cultivo-de-Peces>
 16. Epaminondas dos Santos JC, Mattos Pedreira M, Kennedy Luz R. The effects of stocking density, prey concentration and feeding on *Rhinelepis aspera* (Spix & Agassiz, 1829) (Pisces: Loricariidae) larviculture. *Acta Sci - Biol Sci.* 2012;34(2):133-9.
 17. Dávila-Sánchez CD, Torres-Torres KL. Evaluación de dos densidades de siembra en la producción de *Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818 “paco”, en la provincia Atalaya, departamento Ucayali. [Internet] [Tesis]. [Atalaya, Perú]: Universidad Católica Sedes Sapientiae; 2023 [citado 27 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/2356>
 18. Reyes-Bedriñana MR. Evaluación de densidades de cultivo de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*) bajo sistema RAS en la Amazonía Peruana. *Rev Peru Investig Agropecu.* 20 de abril de 2022;1(1): e8.

19. Angeles-Escobar BE, da Silva SMBC, Severi W. Growth, red blood cells, and gill alterations of red pacu (*Piaractus brachypomus*) fingerlings by chronic exposure to different total suspended solids in biofloc. *J World Aquac Soc.* junio de 2022;53(3):652-68.
20. Inga-Pezo JM. Crecimiento de alevinos de paco *Piaractus brachypomus*, criados en jaulas flotantes bajo diferentes densidades de siembra, lago Valencia, Madre de Dios, Perú [Internet] [Tesis]. [Iquitos - Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2021 [citado 21 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7475>
21. Cuan-Barrera JA, Parada-Guevara SL, Murillo-Pacheco R, Ramírez-Merlano JA, Cuan-Barrera JA, Parada-Guevara SL, et al. Parámetros productivos del cultivo de cachama blanca *Piaractus orinoquensis*, en jaulas flotantes. *Rev UDCA Actual Amp Divulg Científica.* diciembre de 2021;24(2):2021.2068.
22. Ríos-Cahuaza O. Evaluación de dos tipos de dieta y su efecto en los parámetros productivos y económicos del “paco” *Piaractus brachypomus* Cuvier [Internet] [Tesis]. [Atalaya, Perú]: Universidad Católica Sedes Sapientiae; 2020 [citado 18 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/959>
23. Castro-Carranza ST, Bustamante-Sosa ES. Densidades de carga en el crecimiento de alevinos de «paco» *Piaractus brachypomus*. Pichari - Cusco, 2019. *Investig - Cienc Biológicas.* 1 de enero de 2020;28(1):106-11.
24. Aldava-Pardabe J. Evaluación de la densidad de cultivo del híbrido (*Piaractus brachypomus* ♀ x *Colossoma macropomum* ♂) “pacotana” en sistema semiintensivo en Selva Alta. [Internet] [Tesis]. [Tingo María - Perú]: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2017. Disponible en: <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/06b139d0-4153-443c-983d-65daed2e97e6/content>

25. Vargas-Ticse AR. Tres dosis de probiótico y tres densidades de cultivo sobre el rendimiento productivo de gamitana (*colossoma macropomun*) en fase de crecimiento en el distrito de Río Negro. [Internet] [Tesis]. [Satipo - Perú]: Universidad Nacional del Centro del Perú; 2009 [citado 23 de octubre de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1928>
26. López-Sánchez JJ. Efectos de la densidad de siembra en el crecimiento de paco, *Piaractus brachypomus* en jaulas flotantes en la laguna de Cashibococha, Pucallpa-Perú. [Internet] [Tesis]. [Iquitos - Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2007 [citado 23 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5075>
27. Deza S, Quiroz S, Rebaza M, Rebaza C. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) “paco” en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amaz.* 2002;13(1-2):49-64.
28. Portal Terminológico de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [Internet]. 2024 [citado 27 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/faoterm/es/?defaultCollId=14>
29. Poleo G, Aranbarrio JV, Mendoza L, Romero O. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesqui Agropecuária Bras.* abril de 2011;46(4):429-37.
30. Giménez G, Estévez A. Effect of larval and prey density, prey dose and light conditions on first feeding common dentex (*Dentex dentex* L.) larvae. *Aquac Res.* enero de 2008;39(1):77-84.
31. Sossoukpe E, Azonningbo S. H. W, Fiogbe ED. Growth, Mortality Parameters and Exploitation Rate of West African Ilisha (*Ilisha africana* Bloch, 1795, Clupeidae) off Benin Coastal Waters (West Africa): Implications for Management and Conservation. *Open J Mar Sci.* 2017;7(3):327-42.

32. Abe HA, Dias JAR, Sousa N da C, Couto MVS do, Reis RGA, Paixão PEG, et al. Growth of Amazon ornamental fish *Nannostomus beckfordi* larvae (Steindachner, 1876) submitted to different stocking densities and feeding management in captivity conditions. *Aquac Res.* agosto de 2019;50(8):2276-80.
33. Alanärä A, Brännäs E. Dominance in demand-feeding behaviour in Arctic charr and rainbow trout: The effect of stocking density. *J Fish Biol.* febrero de 1996;48(2):242-54.
34. Favero GC, Costa dos Santos FA, Soares da Costa Júlio G, Soares Batista F, Teixeira Bonifácio C, Araújo Torres IF, et al. Effects of water temperature and feeding time on growth performance and physiological parameters of *Piaractus brachypomus* juveniles. *Aquaculture.* 15 de febrero de 2022; 548:737716.
35. García-Dávila CR, Sánchez Riveiro H, Flores Silva MA, Mejía de Loayza JE, Angulo Chávez CAC, Castro Ruiz D, et al. *Peces de Consumo de la Amazonia Peruana* [Internet]. Iquitos, Perú: IIAP. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana; 2018. 112 p. Disponible en: http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/garcia_libro_2018.pdf
36. Guerrero Melo J. Morera (*Morus alba*), fuente promisoría de alimentación alternativa para *Tilapia nilótica* (*Oreochromis niloticus*) y Cachama (*Piaractus brachypomus*). [Internet] [Tesis]. [Fusagasugá, Colombia]: Universidad de Cundinamarca; 2023 [citado 19 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/4980>
37. Lima-Ferreira A, Costa dos Santos FA, Teixeira Bonifácio C, Kennedy Luz R. Effects of live prey concentration, salinity, and weaning age on larviculture of *Piaractus brachypomus* reared in a recirculating aquaculture system. *Trop Anim Health Prod.* 2023;55(2): preprint no. 99.

38. Sandoval-Vargas LY, Jiménez-Amaya MN, Rodríguez-Pulido J, Guaje-Ramírez DN, Ramírez-Merlano JA, Medina-Robles VM. Applying biofloc technology in the culture of juvenile of *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): Effects on zootechnical performance and water quality. *Aquac Res.* 1 de septiembre de 2020;51(9):3865-78.
39. Castro Rojas GV, Naranjo-Merino CA, Rodríguez- Pulido JA. Huella Hídrica de productos regionales: el caso de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Rev Luna Azúl.* 2019;(48):1-22.
40. Wootton RJ. *Ecology of Teleost Fishes.* First edition. New York - USA: Chapman and Hall Ltd.; 1990. 415 p.
41. Braum E, Junk WJ. Morphological adaptation of two Amazonian characoids (Pisces) for surviving in oxygen deficient waters. *Int Rev Hydrobiol.* 1982;67(6):869-86.
42. Eufracio P, Palomino A. Manual de Cultivo de Gamitana [Internet]. Fondo nacional del desarrollo pesquero FONEPES. Lima - Perú; 2004. 96 p. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2499354/Manual-de-Cultivo-de-Gamitana.pdf>
43. Granado A. Efectos de la densidad de cultivo sobre el crecimiento del morocoto, *Piaractus brachypomus*, Cuvier, 1818, (Pisces: Characiformes), confinados en jaulas flotantes. *SABER* [Internet]. 2000 [citado 19 de octubre de 2024];12(2). Disponible en: <http://saber.udo.edu.ve/index.php/saber/article/view/706>
44. López P, Anzoátegui D. Crecimiento del híbrido Cachamoto (*Colossoma Macropomum* x *Piaractus Brachypomus*) en un sistema de recirculación de agua. *Zootec Trop.* diciembre de 2012;30(4):351-60.
45. Coral-Cashú BH. Cultivo de postlarvas de paco *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. (Serrasalmidae), bajo tres densidades de siembra en un sistema de recirculación acuícola, Banda de Shilcayo, San Martín.

- [Internet] [Tesis]. [Iquitos - Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2022.
46. Romaní Rosas RN. Efecto de las concentraciones del suplemento péptidos y nucleótidos en el crecimiento de alevinos de *Piaractus brachypomus* “paco”, Cusco 2020 - 2021 [Internet] [Tesis]. [Ayacucho-Perú]: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga; 2022 [citado 14 de diciembre de 2024]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4980>
47. Mesa-Granda MN, Botero-Aguirre MC. La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. *Rev Colomb Cienc Pecu.* enero de 2007;20(1):79-86.
48. Goulding M. *The Fishes and the Forest: Explorations in Amazonian Natural History.* Inglés. Los Angeles - USA: Berkeley: University of California Press; 1980. 559 p.
49. *Piaractus brachypomus* • Ficha de pez [Internet]. Fishipedia. 2024 [citado 5 de febrero de 2024]. Disponible en: <https://www.fishipedia.es/pez/piaractus-brachypomus>
50. Galvis G, Mojica J, Duque S, Castellanos C, Sánchez Duarte P, Arce H. M, et al. *Peces del medio Amazonas. Región de Leticia.* [Internet]. Primera edición. Bogotá D. C., Colombia: Editorial Panamericana; 2006. 546 p. (Serie de Guías Tropicales de Campo). Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Mojica/publication/266970701_Peces_del_medio_Amazonas/links/544059570cf2fd72f99dd6b4/Peces-del-medio-Amazonas.pdf
51. Santamaría-Merchán SC. *Nutrición y Alimentación en Peces Nativos* [Internet] [Monografía]. [Colombia]: Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD; 2014. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2697/23591903.pdf;jsessionid=D9F20ACC29BD95F7E3D9760D08DA9442?sequence=1>

52. Miranda-Gutiérrez JD. Digestibilidad de nutrientes y determinación del requerimiento energético de juveniles de Paco (*Piaractus brachyomus*) [Internet] [Tesis de Maestría]. [Lima - Perú]: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2018. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/a747b23d-49b2-42c3-8e54-8be91e2df2ea>
53. Saavedra-Lozano KV. Efecto de la harina de chíá, *Salvia hispanica* L. (Watson, 1938), en el crecimiento y en la composición corporal de alevinos de paco, *Piaractus brachyomus* (Serrasalminidae) criados en jaulas flotantes [Internet] [Tesis]. [Iquitos - Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; 2018 [citado 27 de octubre de 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5612>
54. de La Lanza-Espino G, de Lara-Andrade R, Araujo A, del Bosque-Mendez J, Gallardo-Romero C, González-Baños M, et al. GLOSARIO DE TÉRMINOS DE ACUICULTURA [Internet]. Primera Edición. México D .F.: Manufacturas LUSAG S.A.; 1988. 108 p. (Secretaría de Pesca).
55. Crespi V, Coche AG. Glossary of aquaculture. Rome: FAO; 2008. 401 p.
56. Catalogo Aquatech.pdf [Internet]. [citado 4 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://aquatech.pe/wp-content/uploads/2018/03/catalogo-Aquatech-Marzo.pdf>
57. Kubitzka. Global Seafood Alliance. 2016 [citado 4 de noviembre de 2024]. La sal común es una herramienta útil en la acuicultura, parte 2 - Responsible Seafood Advocate. Disponible en: <https://www.globalseafood.org/advocate/la-sal-comun-es-una-herramienta-util-en-la-acuicultura-parte-2/>
58. Guerra-Flores H. Cultivando Peces Amazónicos [Internet]. Segunda edición. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. San Martín - Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana; 2006 [citado 1 de marzo de 2024]. 201 p. Disponible en: <https://repositorio.iiap.gob.pe/handle/20.500.12921/96>

ANEXOS

Anexo 1. Estadística complementaria

Tabla 7. Análisis de Varianza de las longitudes de juveniles de *Piaractus brachypomus* al inicio del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	0.05006204	3	0.01668735	1.19864544	0.37046024	0.31010314	0.63209847	0.04731179
Within Groups	0.11137469	8	0.01392184					
Total	0.16143673	11	0.01467607					

Tabla 8. Análisis de Varianza de los pesos de juveniles de *Piaractus brachypomus* al inicio del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	0.01521366	3	0.00507122	0.36188887	0.782412553	0.11949224	0.34731776	-0.1898073
Within Groups	0.11210556	8	0.01401319					
Total	0.12731921	11	0.01157447					

Tabla 9. Análisis de Varianza de las longitudes de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	5.29021481	3	1.76340494	44.0653745	2.54897E-05	0.94293708	3.832552435	0.91501183
Within Groups	0.32014342	8	0.04001793					
Total	5.61035823	11	0.51003257					

Tabla 10. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de las longitudes medias de los juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	0.509259	0.115496	4.409327	-0.013822	1.032340	0.05631923	0.523081	2.545726
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.833333	0.115496	7.215262	0.310252	1.356414	0.00408668	0.523081	4.165733
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	1.818889	0.115496	15.748511	1.295808	2.341970	1.7695E-05	0.523081	9.092407
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.324074	0.115496	2.805935	-0.199007	0.847155	0.269528032	0.523081	1.620007
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	1.309630	0.115496	11.339185	0.786549	1.832711	0.000198	0.523081	6.546681
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.985556	0.115496	8.533250	0.462475	1.508637	0.00140131	0.523081	4.926674

Tabla 11. Análisis de Varianza de los pesos de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	3562.43705	3	1187.47902	121.128565	5.25272E-07	0.97845905	6.354226023	0.96777535
Within Groups	78.4276784	8	9.8034598					
Total	3640.86473	11	330.987703					

Tabla 12. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de los pesos de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	21.47778	1.80771	11.88120	13.29065	29.66490	1.4165E-04	8.187124	6.859614
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	32.55833	1.80771	18.01080	24.37121	40.74546	6.3919E-06	8.187124	10.398543
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	47.21111	1.80771	26.11651	39.02399	55.39824	3.69293E-07	8.187124	15.078375
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	11.08056	1.80771	6.12960	2.89343	19.26768	0.01070558	8.187124	3.538929
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	25.73333	1.80771	14.23531	17.54621	33.92046	3.7681E-05	8.187124	8.218761
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	14.65278	1.80771	8.10571	6.46565	22.83990	1.9601E-03	8.187124	4.679832

Tabla 13. Análisis de Varianza de la ganancia en longitud de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	8.02791152	3	2.67597051	64.541511	1.12914E-07	0.9416412	4.01688658	0.92256486
Within Groups	0.49753477	12	0.04146123					
Total	8.5254463	15	0.56836309					

Tabla 14. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la ganancia en longitud de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	0.459259	0.101810	4.510938	0.031758	0.886760	3.407573E-02	0.427501	2.255469
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.938889	0.101810	9.221957	0.511388	1.366390	1.449969E-04	0.427501	4.610979
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	1.911111	0.101810	18.771321	1.483610	2.338612	8.268460E-08	0.427501	9.385660
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.479630	0.101810	4.711020	0.052129	0.907130	2.660933E-02	0.427501	2.355510
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	1.451852	0.101810	14.260383	1.024351	1.879353	1.717550E-06	0.427501	7.130192
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.972222	0.101810	9.549364	0.544721	1.399723	1.040633E-04	0.427501	4.774682

Tabla 15. Análisis de Varianza de la ganancia en peso de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	4733.48656	3	1577.82885	232.079791	6.88788E-11	0.98305658	7.61708263	0.97744062
Within Groups	81.5837784	12	6.7986482					
Total	4815.07034	15	321.004689					

Tabla 16. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la ganancia en peso de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	21.48889	1.30371	16.48286	16.01461	26.96317	3.52919E-07	5.474282	8.241432
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	32.52222	1.30371	24.94589	27.04794	37.99650	3.152E-09	5.474282	12.472943
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	47.13111	1.30371	36.15151	41.65683	52.60539	4.67618E-11	5.474282	18.075753

T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	11.03333	1.30371	8.46302	5.55905	16.50762	3.21145E-04	5.474282	4.231511
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	25.64222	1.30371	19.66864	20.16794	31.11650	4.88028E-08	5.474282	9.834321
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	14.60889	1.30371	11.20562	9.13461	20.08317	2.14731E-05	5.474282	5.602810

Tabla 17. Análisis de Varianza de la tasa de crecimiento específico de juveniles de *Piaractus brachyomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	0.05135225	3	0.01711742	24.9288675	2.0613E-04	0.90336601	2.88264158	0.85677901
Within Groups	0.0054932	8	0.00068665					
Total	0.05684545	11	0.00516777					

Tabla 18. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la tasa de crecimiento específico de juveniles de *Piaractus brachyomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	0.083812	0.015129	5.539831	0.015293	0.152330	1.8615E-02	0.068519	3.198423
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.122279	0.015129	8.082463	0.053760	0.190797	1.9969E-03	0.068519	4.666412
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.180044	0.015129	11.900683	0.111525	0.248563	1.3998E-04	0.068519	6.870863
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.038467	0.015129	2.542632	-0.030052	0.106986	0.3405550	0.068519	1.467989
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.096233	0.015129	6.360852	0.027714	0.164751	8.6666E-03	0.068519	3.672440
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.057765	0.015129	3.818220	-0.010753	0.126284	0.1015986	0.068519	2.204451

Tabla 19. Análisis de Varianza de la tasa de conversión alimenticia de juveniles de *Piaractus brachyomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	0.40163207	3	0.13387736	18.3235566	6.0758E-04	0.87295673	2.47140692	0.81241403
Within Groups	0.05845038	8	0.0073063					
Total	0.46008246	11	0.04182568					

Tabla 20. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la tasa de conversión alimenticia de juveniles de *Piaractus brachyomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	0.074947	0.049350	1.518690	-0.148559	0.298454	0.7138503	0.223507	0.876816
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.212144	0.049350	4.298748	-0.011363	0.435650	0.0628895	0.223507	2.481883
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.479935	0.049350	9.725106	0.256428	0.703442	5.8093E-04	0.223507	5.614792
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.137196	0.049350	2.780058	-0.086310	0.360703	0.2759415	0.223507	1.605067
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.404987	0.049350	8.206416	0.181481	0.628494	1.8094E-03	0.223507	4.737977
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.267791	0.049350	5.426358	0.044285	0.491298	2.0751E-02	0.223507	3.132909

Tabla 21. Análisis de Varianza del Rendimiento Productivo por Unidad de Espacio (RUe) de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	3.13321309	3	1.04440436	1209.68808	5.7554E-11	0.99780042	20.0805717	0.99670154
Within Groups	0.00690693	8	0.00086337					
Total	3.14012002	11	0.28546546					

Tabla 22. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer del Rendimiento Productivo por Unidad de Espacio (RUe) de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	0.494933	0.016964	29.174921	0.418102	0.571765	1.5352E-07	0.07683	16.84415
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.985767	0.016964	58.108159	0.908935	1.062598	1.1374E-09	0.07683	33.54876
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	1.356533	0.016964	79.963806	1.279702	1.433365	7.8431E-11	0.07683	46.16713
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.490833	0.016964	28.933238	0.414002	0.567665	1.6434E-07	0.07683	16.70461
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.861600	0.016964	50.788885	0.784768	0.938432	2.3183E-09	0.07683	29.32298
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.370767	0.016964	21.855647	0.293935	0.447598	1.4476E-06	0.07683	12.61836

Tabla 23. Análisis de Varianza del Costo de Producción por Kilogramo (CPKg) de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	1.45869008	3	0.48623003	155.667413	1.96667E-07	0.98315797	7.20341153	0.97479003
Within Groups	0.02498815	8	0.00312352					
Total	1.48367822	11	0.13487984					

Tabla 24. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer del Costo de Producción por Kilogramo (CPKg) de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	0.424372	0.032267	13.151789	0.278233	0.570510	6.76285E-05	0.146138	7.593189
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.647263	0.032267	20.059472	0.501125	0.793401	2.79894E-06	0.146138	11.581341
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.957200	0.032267	29.664788	0.811062	1.103338	1.33773E-07	0.146138	17.126974
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.222892	0.032267	6.907683	0.076753	0.369030	0.005328401	0.146138	3.988152
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.532828	0.032267	16.512999	0.386690	0.678967	1.23707E-05	0.146138	9.533785
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.309937	0.032267	9.605317	0.163799	0.456075	0.000632475	0.146138	5.545632

Tabla 25. Análisis de Varianza del Beneficio Económico Neto (BeN) de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	45.7259532	3	15.2419844	217.95218	5.22751E-08	0.98791279	8.52353956	0.98189654
Within Groups	0.5594616	8	0.0699327					
Total	46.2854148	11	4.20776498					

Tabla 26. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer del Beneficio Económico Neto (BeN) de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	2.0144	0.152679	13.193687	1.322916	2.705884	6.60671E-05	0.691484	7.617379
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	4.0619	0.152679	26.604170	3.370416	4.753384	3.19979E-07	0.691484	15.359924
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	5.0788	0.152679	33.264545	4.387316	5.770284	4.9E-08	0.691484	19.205294
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	2.0475	0.152679	13.410482	1.356016	2.738984	5.86033E-05	0.691484	7.742545
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	3.0644	0.152679	20.070858	2.372916	3.755884	2.78676E-06	0.691484	11.587915
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	1.0169	0.152679	6.660376	0.325416	1.708384	0.006624089	0.691484	3.845370

Tabla 27. Análisis de Varianza de la Relación Beneficio-Costo (B/C) de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	0.59033717	3	0.19677906	148.63108	2.3581E-07	0.98237471	7.03872811	0.97362018
Within Groups	0.01059154	8	0.00132394					
Total	0.60092871	11	0.05462988					

Tabla 28. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la Relación Beneficio-Costo (B/C) de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	0.305616	0.021007	14.547979	0.210474	0.400759	3.20546E-05	0.095143	8.399279
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.440726	0.021007	20.979466	0.345583	0.535869	1.98265E-06	0.095143	12.112501
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.604335	0.021007	28.767598	0.509192	0.699478	1.722E-07	0.095143	16.608980
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	0.135109	0.021007	6.431488	0.039966	0.230252	0.008130224	0.095143	3.713221
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.298718	0.021007	14.219619	0.203576	0.393861	3.79911E-05	0.095143	8.209701
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	0.163609	0.021007	7.788131	0.068466	0.258752	0.002533051	0.095143	4.496480

Tabla 29. Análisis de Varianza de la Rentabilidad (R) del cultivo de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

Sources	SS	df	MS	F	P value	Eta-sq	RMSSE	Omega Sq
Between Groups	5903.37167	3	1967.79056	148.63108	2.3581E-07	0.98237471	7.03872811	0.97362018
Within Groups	105.915428	8	13.2394285					
Total	6009.2871	11	546.298828					

Tabla 30. Prueba post hoc de Tukey HSD/Kramer de la Rentabilidad (R) del cultivo de juveniles de *Piaractus brachypomus* al final del experimento.

<i>group 1</i>	<i>group 2</i>	<i>mean</i>	<i>std err</i>	<i>q-stat</i>	<i>lower</i>	<i>upper</i>	<i>p-value</i>	<i>mean-crit</i>	<i>Cohen d</i>
T1: 6 Alev./m3	T2: 9 Alev./m3	30.56164	2.10075	14.54798	21.04735	40.07593	3.20546E-05	9.514288	8.399279
T1: 6 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	44.07258	2.10075	20.97947	34.55829	53.58686	1.98265E-06	9.514288	12.112501
T1: 6 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	60.43348	2.10075	28.76760	50.91919	69.94777	1.722E-07	9.514288	16.608980
T2: 9 Alev./m3	T3: 12 Alev./m3	13.51094	2.10075	6.43149	3.99665	23.02522	0.008130224	9.514288	3.713221
T2: 9 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	29.87184	2.10075	14.21962	20.35755	39.38613	3.79911E-05	9.514288	8.209701
T3: 12 Alev./m3	T4: 15 Alev./m3	16.36090	2.10075	7.78813	6.84661	25.87519	0.002533051	9.514288	4.496480

Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha 01: Registro de evaluaciones biométricas

ENCARGADO: _____

FECHA: / / N° DE MUESTREO: _____

No.	T: 1 6 alevinos/m ³						T: 2 9 alevinos/m ³						T: 3 12 alevinos/m ³						T: 4 15 alevinos/m ³					
	JAULA 01		JAULA 05		JAULA 10		JAULA 06		JAULA 09		JAULA 12		JAULA 02		JAULA 03		JAULA 07		JAULA 04		JAULA 08		JAULA 11	
	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)	P(g)	L(cm)
1																								
2																								
3																								
.																								
.																								
.																								
15																								
X																								

Ficha 02: Control de raciones diarias

FECHA	TRATAMIENTO 1 (6 alevinos/m ³)									TRATAMIENTO 2 (9 alevinos/m ³)								
	JAULA 01 / T ₁ R1			JAULA 05 / T ₁ R3			JAULA 10 / T ₁ R2			JAULA 06 / T ₂ R3			JAULA 09 / T ₂ R2			JAULA 12 / T ₂ R1		
	Ración diaria	Hora de Comidas		Ración diaria	Hora de Comidas		Ración diaria	Hora de Comidas		Ración diaria	Hora de Comidas		Ración diaria	Hora de Comidas		Ración diaria	Hora de Comidas	
		08:00	16:00		08:00	16:00		08:00	16:00		08:00	16:00		08:00	16:00		08:00	16:00
día/mes	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g
.
.
día/mes	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g	0.00 g
S																		

Promedio								
----------	--	--	--	--	--	--	--	--

Ficha 05: Control de Cosecha y Estiba

Responsable: _____

Producto: _____

Método de Cosecha: _____

FECHA	HORA		LOTE	PESO PROMEDIO (Kg)	CANTIDAD (Kg)	ENVASE DE TRANSPORTE		LUGAR DE DESTINO
	INICIO	FINAL				BALDES	JAVAS	
TOTAL	----	----	---	-----	-----	----	-----	----

Observaciones:

Acciones correctivas:

Ficha 06: Control de Gastos de Producción

CATEGORÍAS	DESCRIPCIONES	CANTIDAD	PRECIO UNIT. (S/.)	SUB TOTAL (S/.)	TOTAL(S/.)
ASIGNACIONES					
BIENES DE CONSUMO					
PASAJES Y TRANSPORTES					
OTROS GASTOS					
				TOTAL (S/.)	

Anexo 3. Imágenes, Croquis y Evidencia fotográfica



Imagen 1. Ubicación georreferenciada del fundo GILGAR-Acuícola (Lugar de Ejecución).

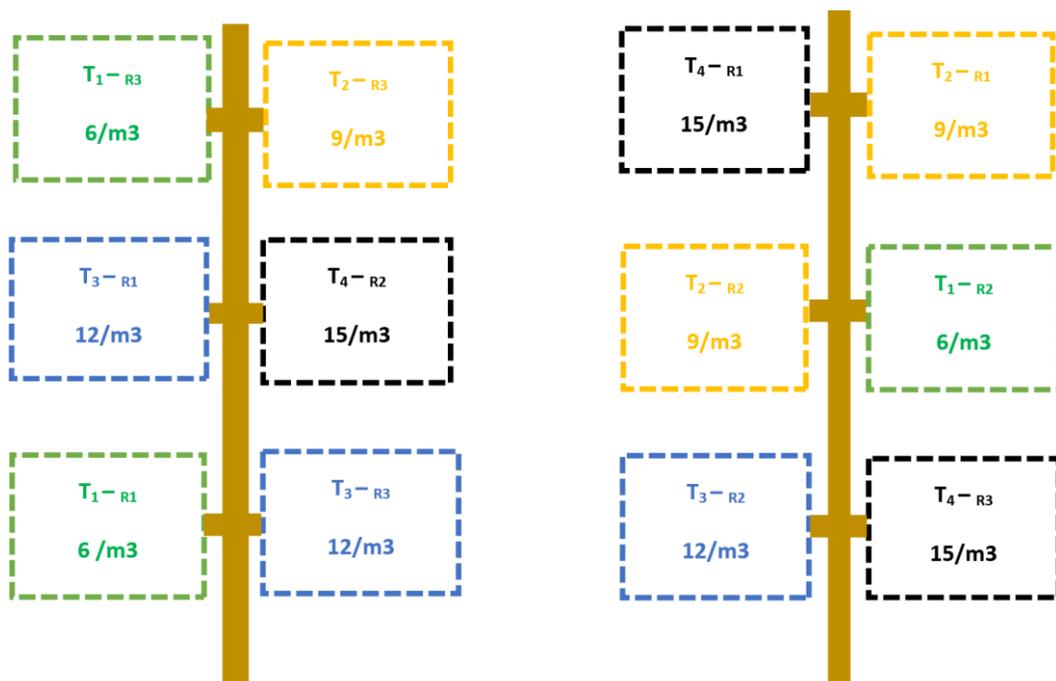


Figura 1. Colocación de tratamientos y réplicas conforme a un esquema factorial de 4 x 3, en los 12 recintos experimentales (jaulas).



Fotografía 1 y 2. Limpieza y desinfección del ambiente de estudio (estanque).



Fotografía 3 y 4. Fabricación y entramado de los recintos.



Fotografía 5. Recintos experimentales correctamente instalados y rotulados.



Fotografía 6. Suministro del Alimento.



Fotografía 7 y 8. Extracción de los peces para la recolección de datos biométricos.



Fotografía 9 y 10. Registro del peso total de un espécimen del Tratamiento 2, que fue de 96,3 g, durante el quinto muestreo, incluido el muestreo inicial de siembra.



Fotografía 11: Análisis patológico externo del pez



Fotografías 12 y 13: Análisis de los parámetros físico- químicos del agua mediante un kit Limnológico (Hach) y un multiparámetro electrónico