

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES**



Evaluación de dos densidades de siembra en la producción de  
*Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818 “paco”, en la provincia  
Atalaya, departamento Ucayali

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRARIO CON MENCIÓN FORESTAL**

**AUTORES**

Cesar Daniel Dávila Sánchez

Karen Leticia Torres Torres

**ASESORES**

José Víctor Ruíz Ccancece

Oliver Ríos Cahuaza

Atalaya, Perú

2023

**METADATOS COMPLEMENTARIOS****Datos de los Autores****Autor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

**Autor 2**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

**Autor 3**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

**Autor 4**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

**Datos de los Asesores****Asesor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

**Asesor 2**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

### Datos del Jurado

#### Presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

#### Tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

### Datos de la Obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

**\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesauro).**



## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 012 - 2024/UCSS/FIA/DI

Siendo las 10:00 a.m. del martes 12 de marzo de 2024 a través de la plataforma virtual zoom de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis integrado por:

- |                                 |                 |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. José Luis Sosa León          | presidente      |
| 2. Juan José Monroy Ramos       | primer miembro  |
| 3. Rossio del Pilar Alva Pretel | segundo miembro |
| 4. José Víctor Ruiz Ccancce     | asesor(a)       |

Se reunieron para la sustentación virtual de la tesis titulada **Evaluación de dos densidades de siembra en la producción de *Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818 "paco", en la provincia Atalaya, departamento Ucayali** que presentan los bachilleres en Ingeniería Agraria con mención Forestal, **Cesar Daniel Davila Sanchez y Karen Leticia Torres Torres**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Agrario con mención Forestal**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el jurado acuerda:

APROBAR

DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **BUENA** y eleva la presente acta al decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO de INGENIERO AGRARIO CON MENCIÓN FORESTAL**.

Lima, 12 de marzo de 2024.

José Luis Sosa León  
Presidente

Juan José Monroy Ramos  
1° miembro

Rossio del Pilar Alva Pretel  
2° miembro

José Víctor Ruiz Ccancce  
Asesor(a)

**Anexo 2**

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Atalaya, 15 de mayo de 2024

Señor(a),  
Wilfredo Mendoza Caballero  
Jefe del Departamento de Investigación  
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis**, bajo mi asesoría, con título: **Evaluación de dos densidades de siembra para el cultivo de *Piaractus brachyomus* Cuvier, 1818 "paco", en la provincia Atalaya, departamento Ucayali**, presentado por **Cesar Daniel Dávila Sánchez** (código de estudiante: 2011101552 y DNI: 47042271) y **Karen Leticia Torres Torres** (código de estudiante: 2011101547 y DNI: 72262712) para optar el título profesional/grado académico de **Ingeniero Agrario con Mención Forestal**. Ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %** (poner el valor del porcentaje).\* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Firma

José Víctor Ruiz Ccancce

DNI N°: 10150044

ORCID: 0000-0002-2804-6233

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Estefani, mis hijos Alejandro, Ángel y Salvador por darme fuerzas y ánimos, los amo.

**Cesar Daniel Dávila Sánchez**

A mi familia, especialmente a mi madre María Torres, siempre serás mi más grande fortaleza, te amo.

**Karen Leticia Torres Torres**

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestros asesores José Víctor Ruíz Ccance y Oliver Ríos Cahuaza, quienes nos brindaron su apoyo constante en todo el proceso de tesis.

A mi esposa, por su apoyo y ánimo constante en el proceso de titulación.

A mi madre María Torres, hermanas Jennie Torres y María Casafranca por su incondicional apoyo emocional y económico

A Noe Alejandro Vergaray Guevara, por su apoyo incondicional durante el desarrollo de la etapa experimental.

A nuestros amigos Alan Torres, José Ventura, Adrián Zegarra, Larry Zegarra por su apoyo en las evaluaciones en la etapa experimental.

# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE APÉNDICES.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	5
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Bases teóricas especializadas.....	11
1.2.1. Morfología.....	11
1.2.2. Taxonomía del paco.....	11
1.2.3. Características del paco.....	12
1.2.4. Distribución geográfica.....	12
1.2.5. Características fisicoquímicas del agua para el cultivo del paco.....	13
1.2.6. Consideraciones sobre la calidad de agua para el cultivo del paco.....	16
1.2.7. Requerimientos nutricionales del paco.....	16
1.2.8. Bondades del alimento artificial extruido.....	17
1.2.9. Índice de factor alimenticia aparente del paco.....	19
1.2.10. Rentabilidad económica.....	20
1.2.11. Acondicionamiento del estanque para la siembra del paco.....	20
1.2.12. Densidad de Siembra del paco.....	21
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
2.1. Diseño de la investigación.....	22
2.2. Lugar y Fecha.....	22
2.3. Descripción del experimento.....	25
2.4. Tratamientos.....	30
2.5. Unidades experimentales.....	31
2.6. Identificación de variables y su mensuración.....	32
2.7. Diseño estadístico del experimento.....	33
2.8. Análisis estadísticos de datos.....	33
2.9. Materiales y equipos.....	34
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	35
3.1 Índices zootécnicos.....	35
3.1.1 Ganancia de peso.....	35
3.1.2 Ganancia de talla.....	37
3.1.3 Índice de conversión alimenticia aparente (ICAA).....	39
3.2 Parámetros fisicoquímicos del agua.....	41
3.3 Rentabilidad económica.....	42
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	43
4.1. Índices zootécnicos.....	43

4.1.1 Ganancia de peso .....	43
4.1.2 Ganancia de talla .....	44
4.1.3 Índice de conversión alimenticia aparente (ICAA) .....	45
4.2. Parámetros fisicoquímicos del agua .....	47
4.3. Rentabilidad económica .....	48
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES .....	49
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES .....	50
REFERENCIAS .....	51
TERMINOLOGÍA .....	62
APÉNDICES .....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Paco: Taxonomía</i> .....	12
Tabla 2. <i>Parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua</i> .....	13
Tabla 3. <i>Requerimientos nutricionales del paco (Piaractus brachypomus)</i> .....	17
Tabla 4. <i>Tasa diaria de alimentación del paco (Piaractus brachypomus)</i> .....	18
Tabla 5. <i>Coordenadas del espacio físico donde se realizó el experimento</i> .....	23
Tabla 6. <i>Tratamientos utilizados</i> .....	30
Tabla 7. <i>Distribución del material experimental</i> .....	31
Tabla 8. <i>Distribución de la muestra</i> .....	31
Tabla 9. <i>Ganancia de peso logrados por los peces</i> .....	36
Tabla 10. <i>Efecto de las densidades de siembra sobre la ganancia de peso en los pacos a través de la prueba de medias de Duncan a un nivel de significancia del 5 %</i> ....	36
Tabla 11. <i>Ganancia de talla logrados por los peces</i> .....	38
Tabla 12. <i>Efecto de las densidades sobre el crecimiento (cm) de los pacos mediante la prueba de medias de Duncan al 5 %</i> .....	38
Tabla 13. <i>Conversión alimenticia logrado por los peces</i> .....	40
Tabla 14. <i>Efecto de las Densidades Sobre la Conversión Alimenticia en Pacos</i> .....	40
Tabla 15. <i>Promedio de medidas de los parámetros fisicoquímicos del agua, durante el proceso de crianza con las diferentes densidades del P. brachypomus</i> .....	41
Tabla 16. <i>Retribución económica en relación a densidades de siembra utilizados en la crianza de Piaractus brachypomus</i> .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Área de experimentación fundo El Triunfo.....	24
<i>Figura 2.</i> Proceso de vaciado de la poza.....	26
<i>Figura 3.</i> Limpieza de fondo del estanque.....	26
<i>Figura 4.</i> Proceso de encalado .....	27
<i>Figura 5.</i> Delimitación de los tratamientos.....	28
<i>Figura 6.</i> Preparación de vacaza .....	28
<i>Figura 7.</i> Llenado del estanque.....	29
<i>Figura 8.</i> Siembra de alevinos .....	30
<i>Figura 9.</i> Gráfico de ganancia de peso promedio por tratamiento (g/pez) .....	37
<i>Figura 10.</i> Gráfico de ganancia de talla promedio por tratamiento (cm/pez) .....	39
<i>Figura 11.</i> Efecto de las densidades sobre el ICAA .....	41
<i>Figura 12.</i> Retribución económica por tratamientos.....	42

## ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Peso y tara de alimentos.....	64
Apéndice 2. Medida de Oxígeno.....	64
Apéndice 3. Alimentación de alevinos.....	65
Apéndice 4. Proceso de captura para evaluación biométrica.....	65
Apéndice 5. Evaluación biométrica.....	66
Apéndice 6. Alimento extrusado.....	66
Apéndice 7. Consumo de alimentos durante la fase experimental.....	67
Apéndice 8. Registro de Parámetros: T, pH, O.D., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y NH <sub>3</sub> .....	68

## RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en la provincia Atalaya, departamento Ucayali, en donde se evaluaron dos densidades de siembra para el cultivo de *Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818 “paco”, con el objetivo de analizar su efecto en los índices zootécnicos, parámetros fisicoquímicos del agua y retribución económica; para explorar diferentes y mejores opciones en la crianza de esta especie. El estudio se desarrolló durante 90 días, de octubre a diciembre del 2022, en el fundo el Triunfo. Se utilizaron tres tratamientos con cuatro replicas, obteniendo un total de 12 unidades experimentales. Como material biológico se utilizaron 1 776 peces, con peso y longitud promedio inicial de 0,5 g y 2 cm. Los tratamientos fueron T0: 1 pez/m<sup>2</sup> (testigo), T1: 2 pez/m<sup>2</sup> y T2: 3 pez/m<sup>2</sup> presentaron una densidad mayor, con el fin de obtener información sobre que densidad favorece un mejor crecimiento y desarrollo del “paco”. Los peces fueron alimentados por la mañana y la tarde. La evaluación biométrica se realizó quincenalmente (ver Apéndice 4 y 5). Los resultados obtenidos en cuanto a ganancia de peso y longitud no revelaron diferencia significativa, es decir, el efecto de la densidad de siembra sobre la ganancia de peso y longitud fue igual en los tratamientos mencionados. En el índice de conversión alimenticia aparente (ICAA), el T2: 1,49 mostró diferencia estadística significativa en comparación con el T0 y T1, que no presentaron diferencia estadística 1,99 y 2,26 respectivamente. Los parámetros fisicoquímicos del agua mantuvieron un rango óptimo para el normal desarrollo de los peces. En cuanto a la retribución económica los mejores resultados se obtuvieron con el T2: S/ 0,85 y T0: S/ 0,75. En conclusión, la densidad óptima basada en la conversión alimenticia y retribución económica es el T2: 3 pez/m<sup>2</sup>.

**Palabras clave:** densidad, *Piaractus brachypomus* Cuvier, índices zootécnicos, retribución económica.

## ABSTRACT

The present investigation was developed in the Atalaya province, Ucayali department, where two sowing densities were evaluated for the cultivation of *Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818 “paco”, with the objective of analyzing its effect on the zootechnical indices, physicochemical parameters of the water and economic remuneration; to explore different and better options in breeding this species. The study was carried out for 90 days, from October to December 2022, at the Triunfo farm. Three treatments with four replicas were used, obtaining a total of 12 experimental units. 1 776 fish were used as biological material, with an initial average weight and length of 0,5 g and 2 cm. The treatments were T0: 1 fish/m<sup>2</sup> (control), T1: 2 fish/m<sup>2</sup> and T2: 3 fish/m<sup>2</sup> presented a higher density, in order to obtain information on which density favors better growth and development of the “paco”. The fish were fed in the morning and afternoon. The biometric evaluation was carried out biweekly (see Appendix 4 and 5). The results obtained in terms of weight and length gain did not reveal a significant difference, that is, the effect of planting density on weight and length gain was the same in the aforementioned treatments. In the apparent feed conversion index (ICAA), T2: 1,49 showed a significant statistical difference compared to T0 and T1, which did not present a statistical difference, 1,99 and 2,26 respectively. The physicochemical parameters of the water maintained an optimal range for the normal development of the fish. Regarding economic remuneration, the best results were obtained with T2: S/ 0,85 and T0: S/ 0,75. In conclusion, the optimal density based on feed conversion and economic remuneration is T2: 3 fish/m<sup>2</sup>.

**Keywords:** density, *Piaractus brachypomus* Cuvier, zootechnical indices, economic compensation.

## INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO, 2018) establece en el marco del Código de Conducta para la Pesca Responsable; que la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible busca un mundo justo y sostenible, libre de pobreza y desnutrición, comprometido con la igualdad y no discriminación. También establece metas relacionadas con la acuicultura y la pesca, para promover la seguridad alimentaria y nutricional, así como el uso de los recursos naturales de la industria para asegurar un desarrollo social, económico y ambientalmente sostenible. La producción mundial de pescado fue de alrededor de 179 millones de toneladas en el 2018, de las cuales 82 millones de toneladas provinieron de la acuicultura. De éste, 156 millones de toneladas se destinan al consumo humano, lo que corresponde a un suministro per cápita anual estimado de 20,5 kg (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO], 2020). En general, la producción acuícola está aumentando constantemente y la acuicultura de agua dulce en particular está expandiendo su participación en la producción total de pescado cultivado (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación [FAO], 2014).

Sandoval *et al.* (2020) sostienen que América Latina es rica en recursos fluviales y fomentan la investigación acuícola para mejorar la eficiencia de la producción, pero la región está amenazada por el aumento de la contaminación de la agricultura y la ganadería, por lo que garantizar la calidad del agua es muy importante para el desarrollo de la acuicultura. Mientras que Hernández *et al.* (2019) señalan que el renglón de la acuicultura es la piscicultura, que es una actividad que se enfoca en el desove y engorde de peces debido a la alta eficiencia y modernidad en la calidad de agua, el manejo, reproducción y desarrollo de los peces de cultivo, bajo alta densidad de siembra. La piscicultura también es un factor de bajo riesgo para el desarrollo rural si se integra adecuadamente y puede aplicarse en zonas continentales y costeras. Asimismo, Ramírez *et al.* (2018) sostienen que se están produciendo cambios rápidos y profundos en la tecnología, los mercados, el entorno natural en el que opera la industria pesquera y acuícola mundial y los enormes desafíos que enfrentamos como nación, requiere una transformación drástica de la industria pesquera y acuícola en el Perú. Los modelos de cultivo intensivo mal gestionado de acuicultura, entre

estos las raciones de alimentos ofrecidos y no consumidos, la alta concentración de nitrógeno y fosforo debido a las heces, la respiración de los peces, pueden provocar graves daños ambientales.

Ramírez *et al.* (2018) sostienen que la Amazonía peruana está en una posición única para desarrollar la piscicultura tropical, esto se debe a que dicha actividad tiene un impacto positivo en la seguridad alimentaria de la región, abre nuevas oportunidades comerciales y laborales, reduce la presión sobre los recursos naturales en relación a la calidad del agua y la generación de divisas. En ese contexto se han venido realizando múltiples acciones a cargo de organismos del estado, privados y organismos no gubernamentales, para el desarrollo de la acuicultura amazónica centrada en las especies *Arapaima gigas* “paiche”, *Piaractus brachypomus* “paco”, *Prochilodus lineatus* “sábalo”, *Prochilodus nigricans* “boquichico” y algunos bagres grandes. Además, Arenales (2015) afirma que la densidad de siembra es importante en cualquier proceso de cultivo ya que está en función de la intensidad de cultivo a aplicar; representa el punto de partida de las estimaciones de la producción y costos hacia el futuro, cabe señalar que la densidad es el punto de partida de un cultivo. Asimismo, la FAO (2020) sostiene que el uso de una tecnología adecuada contribuye al desarrollo sostenible de la acuicultura, con el alcance de oportunidades relacionadas con los mecanismos correspondientes al entorno local. La difusión de estas tecnologías requiere de redes de comunicación efectivas, datos confiables y ayuda en el proceso de toma de decisiones para que los productores puedan elegir el sistema de producción que mejor se adapte a su entorno.

Por otra parte, Sukardi *et al.* (2018) describen que en la crianza de peces la densidad de siembra influye sobre la calidad del agua, la alimentación, el crecimiento y rendimiento de producción económica. Otro factor es la tecnología utilizada en la piscicultura ya que esto puede hacer que el negocio sea económicamente viable, ambientalmente sostenible y rentable. Además en la provincia de Atalaya, a través del Proyecto: “Mejoramiento de las capacidades productivas en crianza y comercialización de peces en el ámbito de 16 localidades del distrito de Raymondi, provincia de Atalaya, departamento de Ucayali” con código único de inversiones (CUI) N.º 2465191, ejecutado por la Municipalidad Provincial de Atalaya, describen que a la fecha se cuenta con un promedio de 93 piscigranjas, en los

cuales el manejo por parte de los productores es de manera empírica, siendo necesario una adecuada asistencia técnica, con el objetivo de mejorar su producción.

En este contexto se plantea la presente investigación, donde se evaluó el efecto de la densidad de siembra en la producción de paco en la provincia de Atalaya – Ucayali. Este trabajo de investigación se divide en seis capítulos. El Capítulo I, Marco Teórico, presenta una visión general del contexto y los principales fundamentos teóricos relacionados con el tema de investigación. El Capítulo II, Materiales y métodos, muestra la ubicación y duración del estudio, las bases metodológicas y una descripción detallada del estudio. El Capítulo III, Resultados, detalla los principales logros del estudio y los análisis estadísticos realizados. La parte IV, Discusión, compara los hallazgos con el contexto. El Capítulo V, Conclusiones, presenta brevemente las conclusiones del estudio, mientras que el Capítulo VI, Recomendaciones, proporciona pautas a considerar en futuras investigaciones.

## OBJETIVOS

### Objetivo general

Evaluar el efecto de dos densidades de siembra en la producción de *Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818 “paco”, en la provincia Atalaya, departamento Ucayali

### Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de 1, 2 y 3 peces/m<sup>2</sup> en los índices zootécnicos: ganancia de peso y talla, conversión alimenticia del *P. brachypomus* en el fundo El Triunfo, distrito de Raymondi, provincia de Atalaya.
- Determinar la concentración y el nivel de los parámetros fisicoquímicos del agua: temperatura, oxígeno, pH, nitritos, nitratos, amonio, durante el proceso de crianza con las diferentes densidades del *P. brachypomus* en el fundo El Triunfo distrito de Raymondi, provincia de Atalaya.
- Establecer que densidad de siembra genera mayor rentabilidad económica en el cultivo de *P. brachypomus* en el fundo El Triunfo distrito de Raymondi, provincia de Atalaya.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### Internacionales

Cuan *et al.* (2021), en la investigación “Parámetros productivos del cultivo de cachama blanca *P. orinoquensis*, en jaulas flotantes”, Orinoquia, Colombia; tuvieron como objetivo evaluar el rendimiento productivo de esta especie. La evaluación tuvo un enfoque cuantitativo y escala experimental. Aplicaron el método del diseño completamente al azar, analizando la varianza mediante la prueba de Tukey al 5 % de significancia en la que manejaron tres densidades: T1: 150, T2: 200 y T3: 250 peces/m<sup>3</sup>. Sembraron alevinos en jaulas de dimensiones 10,2 m<sup>3</sup> (3 x 2 x 1,7 m). Durante 126 días usaron alimento balanceado para la nutrición de los peces. Finalizada su investigación, los individuos fueron evaluados, teniendo como resultados: una biomasa media por densidad de 47,42 kg/m<sup>3</sup> en el T1: 45,11 kg/m<sup>3</sup> en el T2 y 79,65 kg/m<sup>3</sup> en el T3. La conversión alimenticia para el T1: 1,1; T2: 1,32 y T3: 0,8, el porcentaje de sobrevivencia en el T1: 83,51 %, en el T2: 78,98 % y en el T3: 93,72 %. La investigación concluyó que la cachama blanca puede ser cultivada en jaulas flotantes a altas densidades T3: 250 peces/m<sup>3</sup>, resultando parámetros productivos óptimos, lo que paralelamente, puede ser una fuente de ingresos significativa para las comunidades.

Sanguino (2014), en el estudio “Mejora de los estándares productivos del proceso de cultivo de cachama blanca *P. brachypomus* en la fase de pre-cría a partir de la ingeniería de calidad utilizando el diseño de parámetros L8” en Putumayo, Colombia; tuvo como objetivo analizar la mejora de los estándares productivos del proceso de cultivo de dicha especie, la investigación fue de enfoque cuantitativo y presentó un alcance experimental, a través de una matriz experimental factorial fraccionada que a su vez es ortogonal y equilibrado, en la cual midió la influencia sobre las respuestas de los factores de control con dos niveles: (A)

densidad de siembra, tasa de alimentación B), frecuencia alimentaria (C), nivel de proteína del alimento (D) y de un factor de ruido (periodo de cultivo), además la interacción de los factores AD. Los resultados mostraron que el estándar de producción del cultivo de cachama blanca mejoró en la etapa de pre-cría. Lograron la siguiente combinación de niveles de factores A2, B1, C1 y D2, el cual verificaron experimentalmente a través de un control en un periodo de comprobación, consiguieron aumentar la variable respuesta IP a un valor de 4,63 g/periodo, disminuir la variable respuesta CA a un valor final de 0,75:1 y lograron un 93,33 % de sobrevivencia, en las variables de respuesta estudiadas lograron disminuir la variabilidad ocasionada por el factor de ruido. El estudio concluyó que la interacción de los factores de control A y D tiene influencia en las variables presentadas. La mezcla de los niveles de los factores de control determinados en este estudio (A2, B1, C1 y D2), dan como resultado la optimización de las utilidades en un ciclo de producción de Cachama blanca en la fase de pre-cría para una hectárea, con ingresos por 21 267 659 pesos colombianos.

Poleo (2011) en la investigación “Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados” en el Estado Yaracuy, Venezuela; tuvieron como objetivo la evaluación de la tolerancia a altas densidades de siembra de este cultivo en sistemas cerrados en la estación de Piscicultura de la Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. La evaluación fue de enfoque cuantitativo y alcance experimental. Para la metodología aplicaron el análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido por una prueba de Tukey al 5 %, en la que consideraron seis tanques de concreto con 4,8 m<sup>3</sup> de agua, utilizaron 900 alevinos de 44,3 ± 26 g de peso. Tres tratamientos no presentaron recambios de agua (SCR), para los siguientes tres tratamientos, usaron un bioclarificador (SRA) para hacer fluir el agua. Estos tratamientos tenían muy buena oxigenación con lo cual pudieron mantener los sólidos en suspensión y una adecuada suministración de aire. La alimentación de los peces fue ad libitum por 192 días con alimento comercial. Midieron también los parámetros de calidad de agua semanalmente, como: alcalinidad, nitritos, amonio total, oxígeno disuelto, nitratos, temperatura, pH y dureza. Los resultados reportados en el SCR mostraron un crecimiento a una tasa de 2,34 ± 0,05 g por día, y obtuvieron un peso final de 449,5 ± 99 g, una conversión alimenticia de 1,5 ± 0,06, con densidad final de 12,96 ± 0,53 kg/m<sup>3</sup>. Los peces en el SRA, crecieron 2,33 ± 0,03 g por día, su densidad final de 12,13 ± 1,12 kg/m<sup>3</sup>, conversión alimenticia fue de 1,6 ± 0,07 y con peso final de 446,5 ± 10 g. La investigación concluyó

afirmando que la cachama blanca puede ser cultivada en sistemas cerrados con cero recambios de agua en altas densidades.

## Nacionales

Coral (2022), en el estudio “Cultivo de postlarvas de *P. brachypomus* (Cuvier 1 818) bajo tres densidades de siembra en un sistema de recirculación acuícola” en Banda de Shilcayo, San Martín; tuvo como objetivo la evaluación de diferentes densidades de siembra de postlarva (pl) de “paco” de 10 días post eclosión DPE en un sistema RAS durante 35 días. La evaluación fue de alcance experimental y enfoque cuantitativo. Para la metodología utilizó el diseño completamente al azar, el análisis de varianza fue mediante la prueba de Tukey a nivel de significancia del 5 %, para ello trabajó con 3 tratamientos (T1: 1 pl/l, T2: 3 pl/l y T3: 5 pl/l). Suministró la alimentación en dos fases: 1era fase: alimento vivo + Alimento comercial + aditivo; 2da fase: alimento comercial + aditivo, además, evaluó el crecimiento en longitud y peso, los parámetros de calidad de agua y los índices zootécnicos. Cada 17 días registró las evaluaciones de crecimiento, mientras que diariamente registró los parámetros como temperatura, pH, oxígeno disuelto y saturación de oxígeno, a diferencia de la alcalinidad, nitritos, nitratos y amoníaco, que analizó cada semana. Según los resultados tanto en la ganancia de longitud y peso; factor de condición y tasa de crecimiento específico no registraron diferencias significativas entre los tratamientos, muy al contrario, en el T1 la sobrevivencia indica mejor rendimiento, donde registra diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos. La investigación demostró que la densidad de siembra no tiene una relación directa con el rendimiento de las postlarvas en un sistema de recirculación acuícola destinado a la producción de peces de tamaño y peso comerciales.

Reyes (2022), en la investigación “Evaluación de densidades de cultivo de alevinos de gamitana (*C. macropomum*) bajo sistema RAS” en Yurimaguas, Loreto; tuvo como objetivo determinar la densidad de carga óptima en el cultivo de alevinos de dicha especie manejados en un sistema de recirculación acuícola. La investigación fue de alcance experimental, explicativo y enfoque cuantitativo, utilizó el diseño completamente al azar, usó cuatro tanques de geomembrana (Tq) con una capacidad de 40 m<sup>3</sup>. Los tratamientos fueron: Tq1: 20, Tq2: 40, Tq3: 50 y Tq4: 60 alevinos/m<sup>3</sup> T1, T2, T3 y T4 respectivamente; el alimento que proporcionó tenía 30 % de proteína, el cual en un periodo de cuatro meses lo redujeron

según el control de biomasa y el requerimiento nutricional, donde evaluó talla y peso. Los datos que obtuvo en la investigación fueron analizados mediante un perfil hematológico y un análisis proximal, asimismo los resultados en crecimiento promedio de longitud y peso que obtuvo fueron T1 (7,5 y 115,24), T2 (7,14 y 100,82) y T3 (7,22 y 101,92) y T4 (6,42 y 79,62) medidos y pesados en centímetros y gramos; el análisis hematológico mostró que el nivel de glucosa fue mayor en T4, mientras que los niveles de triglicéridos y colesterol fueron mayores en T2. Por otro lado, el análisis proximal reveló que los niveles de grasa cruda y proteína fueron de 30,78 y 48,51 % en T1 y T3, respectivamente. Finalmente concluyó que T1 mostró la menor densidad de siembra y mejores resultados en longitud, peso, expresando alto porcentaje de grasa y proteína.

Oliva *et al.* (2021) en el estudio “Policultivo de paco (*P. brachypomus*) y gamitana (*C. macropomum*) a diferentes densidades en la fase de engorde utilizando estanques circulares” en Alto Saposoa, San Martín; tuvieron como objetivo evaluar el desempeño productivo de ambas especies criados bajo el sistema de policultivo, utilizando estanques circulares y alimentados con una dieta extrusada durante 165 días. La evaluación fue de alcance experimental y enfoque cuantitativo. En la metodología utilizaron el diseño completamente al azar con un análisis de varianza mediante la prueba de Tukey a un nivel de significancia del 5 %, donde utilizaron 2 000 peces con peso inicial de 5,38 y 5,43 g para paco y gamitana respectivamente, con los siguientes tratamientos T1: 4 peces/m<sup>3</sup>, T2: 6 peces/m<sup>3</sup>, T3: 8 peces/m<sup>3</sup>, T4: 9 peces/m<sup>3</sup> y T5: 10 peces/m<sup>3</sup>, distribuidos según la metodología completamente al azar en cinco estanques circulares de concreto, con sus respectivas repeticiones de 18 m<sup>3</sup> por tratamiento. De manera periódica fueron evaluados los parámetros de calidad del agua (temperatura, oxígeno disuelto, transparencia y pH). Obtuvieron como resultado en el caso de ganancias de peso, tasa de conversión alimenticia aparente y nivel de sobrevivencia acumulada semejantes e interesantes datos; mientras tanto la evaluación de parámetros como ganancia de peso diario, peso promedio final y productividad unitaria, mostraron realmente diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ). El estudio concluyó que el tratamiento T3 cuya densidad de policultivo manejada de 8 peces/m<sup>3</sup> fue quien mostró mejor desempeño productivo.

Castro y Bustamante (2020) en la investigación “Densidades de carga en el crecimiento de alevinos de "paco" *P. brachypomus*” en Pichari, Cusco; tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la densidad de carga en el crecimiento de alevinos de paco, para determinar la más adecuada. La investigación fue de enfoque cuantitativo y alcance experimental, en el cual utilizó un Diseño experimental Completamente Randomizado (DCR), con tres repeticiones, donde los tratamientos fueron T1: 25, T2: 50 y T3: 75 peces/m<sup>3</sup>. Realizaron la investigación con 450 alevinos, teniendo una longitud total promedio de 3,96 cm y un peso promedio de 1,8 g. Después de 42 días de análisis con una tasa del 10 % de su biomasa y un 28 % de proteínas en el alimento. Los datos alcanzados en la investigación fueron procesados estadísticamente a través del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey, éstos fueron los resultados que obtuvieron: no hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para el incremento de peso en los tratamientos 1, 2 y 3, siendo 15,47; 12,58 y 11,97 g respectivamente. Concluyeron que la densidad de siembra más adecuada para la crianza de alevinos de pacos fue el T1.

Reátegui *et al.* (2018), en el estudio “Efecto de la densidad de siembra en el desempeño productivo y parámetros hematológicos de juveniles de *P. brachypomus* “paco” cultivados en jaulas flotantes” en Yarinacocha, Ucayali; tuvieron como objetivo evaluar el efecto de la densidad de siembra sobre el desempeño productivo y los valores hematológicos de paco. El estudio presentó un enfoque cuantitativo y fue de alcance experimental, como metodología utilizaron el modelo estadístico completamente aleatorizado (DCA), donde repitieron tres tratamientos (T1: 20 peces/m<sup>3</sup>, T2: 40 peces/m<sup>3</sup> y T3: 60 peces/m<sup>3</sup>). Utilizaron 540 juveniles de paco con talla basal media T1:  $9 \pm 0,86$  cm; T2:  $10,57 \pm 1,58$  cm; T3:  $10,47 \pm 1,15$  cm y peso corporal basal medio T1:  $0,03 \pm 0,01$  kg; T2:  $0,03 \pm 0,01$  kg; T3:  $0,03 \pm 0,01$  kg. Los análisis de variancia y comparación de medias lo realizaron mediante el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 1998) y la prueba Tukey con un intervalo de confianza de 95 % ( $p < 0,05$ ). Al culminar el estudio los resultados no fueron significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ) en los siguientes parámetros característicos: tasa de crecimiento absoluto, tasa de crecimiento relativo, crecimiento absoluto, crecimiento relativo, tasa de supervivencia y tasa de conversión alimenticia. Finalmente, concluyeron que el T3: 60 peces/m<sup>3</sup> mostró diferencia significativa ( $p > 0,05$ ); teniendo el rango efectivo más alto en con un valor de 8,33 kg/m<sup>3</sup>. No son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ), en los siguientes índices hematológicos: hematocritos, hemoglobina y glóbulos rojos. Encontraron una diferencia

significativa en el parámetro hematológico, los leucocitos en el valor final del T1 tenían el recuento mayor a  $1,376 \text{ cel} \times 10^3/\text{mm}^3$ .

Aldava (2017), en la investigación “Evaluación de la densidad de cultivo del híbrido (*P. brachypomus* ♀ x *C. macropomum* ♂) “Pacotana” en Sistema Semiintensivo” en Tingo Maria, Huánuco; tuvo como objetivo evaluar la densidad óptima de cultivo del híbrido “Pacotana” en 135 días. La investigación fue de alcance experimental y enfoque cuantitativo, a través del diseño completamente al azar, donde utilizó nueve estanques con áreas de  $1\ 000 \text{ m}^2$  de espejo de agua, fraccionados en tres tratamientos con densidades de T1: 1, T2: 2 y T3: 3 peces/ $\text{m}^2$ , con tres repeticiones por tratamiento. La población fue 21 632 unidades y evaluaron 90 alevinos por repeticiones. Los datos resultantes en la investigación fueron procesados estadísticamente a través del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Duncan, obtuvo los siguientes resultados: peces cultivados a densidad de 1 pez/ $\text{m}^2$  obtuvieron mejores resultados en términos de ganancia de peso 278,54 g, tasa de crecimiento específico 1,2 % g/día, tasa de crecimiento 2,06 g/día, también en la tasa de conversión alimenticia 1,21 % y eficiencia alimentaria 82,32 %; en comparación con el pescado obtenido con densidades de 2 y 3 peces/ $\text{m}^2$ . Sin embargo, a una densidad de 2 peces/ $\text{m}^2$  muestra una utilidad de S/ 2,18/kg y un valor económico 37,35 % en comparación con densidades de 3 y 1 pez/ $\text{m}^2$ . El estudio concluyó que la densidad óptima basada en el valor económico es del T2: 2 peces/ $\text{m}^2$ .

Guarniz (2014), en el estudio “Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *P. brachypomus* “paco” (Cuvier 1818), en estanques seminaturales” Bagua, Amazonas; tuvo como objetivo evaluar el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento paco durante 180 días. El estudio presentó un enfoque cuantitativo y fue de alcance experimental, como metodología aplicó un diseño completamente al azar, donde aplicó tres tratamientos, T1: 0,5; T2: 1,0 y T3: 1,5 peces/ $\text{m}^2$ . Durante su investigación evaluó parámetros de alimentación y crecimiento en tres estanques diferentes con áreas de T1: 300; T2: 250 y T3: 320  $\text{m}^2$ ; con una frecuencia de alimentación de tres veces al día. Los datos resultantes en la investigación fueron procesados estadísticamente mediante el análisis de varianza y las comparaciones de las medias por la prueba de Tukey, obtuvo los siguientes resultados T1 tasa crecimiento 27,3 cm, peso de 322,5 g, T2 crecimiento de 27,4 cm, peso de 329,5 g y T3 crecimiento 22 cm,

peso de 214,7 g; las tasas medias de crecimiento específico de los tratados fueron T1: 1,51 % g/día, T2: 1,56 % g/día y T3: 1,42 % g/día. Las tasas de conversión alimenticia fueron T1: 66,08 %, T2: 74,69 % y T3: 84,27 %. Al finalizar el estudio concluyó que el paco en el T2 a densidad de 1,0 pez/m<sup>2</sup>, aumento más en peso y longitud, sin mostrar diferencia significativa entre los tres tratamientos.

## **1.2. Bases teóricas especializadas**

### **1.2.1. Morfología**

Las características externas de *P. brachypomus*, presenta el dorso y costados son gris con brillo azulado, el vientre es blanco con manchas anaranjadas pálidas, el hueso opercular y cabeza son más angostos y la aleta adiposa es carnosa. Los juveniles suelen ser más pálidos, con una coloración rojo oscuro en las aletas anteriores ventral, anal y caudal (Santamaría, 2014).

Es un pez omnívoro, que prefiere insectos. Sus grandes dientes tipo molariformes ayudan a romper frutos y semillas en pequeños pedazos. Es dócil y rústico, escondiéndose entre cardúmenes de pirañas en las etapas juveniles. Su peso comercial varía de 300 a 1 000 g, su índice de conversión alimenticia es de 1,8 a 1; a los 5 años alcanza la madurez sexual, es una especie con importancia económica dentro de la actividad pesquera (Ministerio de la Producción [PRODUCE], 2018).

### **1.2.2. Taxonomía del paco**

La definición taxonómica del paco se describe en la Tabla 1.

**Tabla 1***Paco: Taxonomía*

Reyno	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Actinoptergii
Orden	Characiformes
Familia	Characidae
Género	<i>Piaractus</i>
Especie	<i>Piaractus brachypomus</i> (Cuvier, 1818)
Nombre común	Paco, cachama blanca

*Nota.* Adaptado de Salinas y Agudelo (2000). Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana.

<https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LIBRO%20PECES%20IMPORTANCIA%20ECONOMICA%20AMAZONAS%202000web.pdf/140>.

### 1.2.3. Características del paco

El paco es considerado como una especie de mayor potencial en piscicultura en aguas cálidas del continente latinoamericano, debido a su resistencia a la manipulación y fácil adaptación a consumir alimentos concentrados y alimentos naturales en condiciones de cautiverio, así como su rápido crecimiento, con excelentes conversiones alimenticias y alta demanda en el mercado (Aldava, 2017). Una característica importante es la calidad superior de su carcasa el cual convierte a esta especie en una excelente alternativa para la acuicultura (Fresneda *et al.*, 2004).

### 1.2.4. Distribución geográfica

El *P. brachypomus* “paco”, comparte distribución geográfica junto a la *Colosoma macrompomum* “Gamitana”, con la que además comparte hábitat y nicho ecológico (Sánchez, 2018). La misma que se distribuye a lo largo de las cuencas del Amazonas y del Orinoco ya que es una especie de comportamiento migratorio, suele desplazarse aguas arriba en la temporada de verano buscando asegurar su supervivencia, preparándose de esta manera para su ciclo de reproducción que se desarrolla en invierno, ya que con la crecida de los ríos el pez va dejando sus huevos fertilizados en la margen de éstos y en zonas recién anegadas,

donde prosperarán los alevines (Zavaleta, 2016). Por otra parte, es de gran importancia acuícola en varios países, incluidos Colombia, Brasil, Perú, Venezuela y América Central (Fresneda *et al.*, 2004).

### 1.2.5. Características fisicoquímicas del agua para el cultivo del paco

El éxito de una producción piscícola depende completamente de la calidad de agua. Los peces necesitan condiciones óptimas para llevar a cabo todas sus funciones vitales que faciliten su cultivo (Pilco, 2015). El paco gusta de los valores químicos y físicos que deben estar en los rangos mostrados en la Tabla 2 y de aguas turbias.

**Tabla 2**

*Parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua en la especie *Piaractus brachypomus**

Parámetro	Condición óptima
Oxígeno O <sub>2</sub>	>4 mg/l
Amonio no Ionizado NH <sub>3</sub>	0,1 – 0,3 mg/l
Amonio Ionizado NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<1 mg/l
Nitratos	<200 mg/l
Nitritos	<1 mg/l
Alcalinidad	50 – 200 mg/l CaCO <sub>3</sub>
Potencial de hidrógeno (pH)	6,4 – 9
Temperatura	Óptima: 28 – 31 °C Aceptable: 25 – 32 °C

*Nota.* Adaptado de Pilco (2015 p. 47). Comportamiento productivo de dos densidades de siembra de *P. brachypomus* “paco” en un sistema acuapónico superintensivo, en el IESPPB. <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/109>.

Asimismo, Copatti *et al.* (2019) argumentan que el paco opta por aguas cálidas con rangos de temperatura que oscilan entre 25 y 30 °C. En condiciones costeras pueden tolerar temperaturas de hasta 18 °C. Además, requieren niveles de oxígeno disuelto en el rango de 4 - 7 mg/l, soportando cuando hay stress hasta 2,5 y 3 mg/l. Un pH de 6 a 7 y una dureza sobre 30 mg/l, el dióxido de carbono por debajo a 20 mg/l y los valores de amonio entre 0,2 a 0,4 mg/l.

## **Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto (OD), es considerado uno de los parámetros más importantes en la piscicultura, ya que es un indicador del estado general del cultivo, por esta razón, es importante saber la cantidad de OD y entender los múltiples factores y sus interacciones que influyen sobre los peces, como se ilustra en el Apéndice 2 (Meter, 2019).

Bocanegra (2005) indica que el oxígeno disuelto debe ser mayor de 4 ppm en el agua para el normal desarrollo del cultivo de peces tropicales. Aunque existen peces que pueden tolerar concentraciones menores a 2 ppm, pero que se ven afectados y más susceptibles a enfermedades debido a la disminución del consumo de alimento.

El contenido de oxígeno disuelto es importante en el proceso respiratorio de los peces en estanques y cambia durante el día, siendo alto durante el día y bajo durante la noche debido a que está fuertemente influenciado por la presencia de microorganismos vegetales. Ello hace que el agua se vuelva verde, provocando la muerte de los peces por falta de oxígeno, el boqueo es el intento del pez para compensar la falta de oxígeno en el agua tomándolo de la película superficial del agua. En el paco se puede observar una dilatación del labio inferior hacia adelante y hacia los lados, cuando los niveles de oxígeno se encuentran cercanos a cero. Para combatir esta deficiencia se recomienda suspender la fertilización y en casos extremos, suspender la alimentación por una semana y si existe agua a disponibilidad se debe renovar una parte del volumen (Capuñay, 2019).

## **Temperatura**

El productor debe controlar la temperatura en la entrada, dentro y fuera de la instalación, y este control es sumamente importante, ya que influye sobre la cantidad de alimento introducido y la activación del sistema de aireación u oxígeno (Lujano, 2021).

La temperatura más idónea para el paco está en los rangos que van entre 24 – 29 °C. Tolera por cortos periodos de tiempo temperaturas por debajo a 22 °C o encima de 34 °C. Si

permanecen durante más tiempo bajo estas condiciones presentan estrés, disminución del consumo de alimento, se tornan susceptibles a enfermedades y mueren prematuramente. A exposiciones prolongadas de temperaturas mayores a las óptimas se puede presentar mortalidad de los peces, además los estanques con profundidades menores de 60 centímetros tienden a calentarse rápidamente en especial cuando llega la época seca (Bocanegra, 2005).

### **Amoniaco**

Es un compuesto orgánico que contiene nitrógeno, cuya presencia en el agua es un síntoma de la descomposición incompleta de la materia orgánica, a menudo asociada con la presencia de nitritos y nitratos (Seoáñez, 2012).

Capuñay (2019) sugiere que, al recurrir a altas tasas de fertilización o de alimentación de los peces o cuando se asocia peces y cerdos, se debe medir con frecuencia el nivel del pH del agua. La presencia de excretas en el estanque puede aumentar los derivados nitrogenados y, con ello, el nivel de nitrógeno amoniacal. Cuando el pH alcanza un valor alto ( $> 9,5$ ), el nitrógeno amoniacal del agua se vuelve tóxico, por lo que conviene suspender la alimentación o fertilización, y si hay agua, añadir suficiente cantidad al estanque para asegurar la reposición de al menos  $1/3$  del volumen.

### **Potencial de hidrógeno**

El término pH indica la concentración de iones hidrógeno en una solución. Este es un indicador de la acidez de la solución. También a menudo se expresa en términos de concentración de iones hidronio (Rivera *et al.*, 2018).

El Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES, 2017b) lo describe como la naturaleza ácida o básica del agua.

## **Nitritos y Nitratos**

EcoInteligencia (2015) informa que al sembrar los peces en el estanque se empieza a producir amoníaco, nitritos y nitratos. En otras palabras, la presencia de amoníaco en el agua promueve el crecimiento de bacterias conocidas como nitrosomonas, las cuales descomponen el amoníaco en nitritos. Esto a su vez favorece la proliferación de bacterias Nitrobacter, que utilizan los nitritos como fuente de energía y los transforman en nitratos.

Los nitritos son tóxicos, estos compuestos se forman en las articulaciones, son metabolizados por los organismos huéspedes y liberados durante la descomposición bacteriana de la materia orgánica animal o vegetal (Rodríguez y Anzola, 2021). El desecho nitrogenado se convierte en amoníaco o nitrato, proceso que es resultado de la actividad de bacterias aeróbicas como las nitrosomonas, que se encargan de la conversión del amoníaco a nitrito, mientras que Nitrobacter se encarga de la conversión de óxido de nitrógeno a nitrato. Si se sospecha intoxicación por nitritos, se necesitan análisis de sangre ya que los nitritos producen metahemoglobina que genera que la sangre se torne de un color marrón chocolate y los peces contaminados mueren cuando apertura la boca y cierra las branquias (Rodríguez y Anzola, 2021).

### **1.2.6. Consideraciones sobre la calidad de agua para el cultivo del paco**

Amacifen y Guevara (2017) establecen que los principales indicadores para el desarrollo de la actividad piscícola son los parámetros de transparencia, temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitritos, alcalinidad, nitratos, amoníaco y dureza, los cuales no deben exceder los parámetros de calidad ambiental para agua, determinados a través del D. S. N° 015-2015-MINAM: Estándares nacionales de calidad ambiental para agua y parámetros adecuados para la crianza de peces en ambientes controlados, ya sea para cualquier especie.

### **1.2.7. Requerimientos nutricionales del paco**

Los requerimientos nutricionales están en función de la biomasa de los peces en cultivo (Tabla 3). En la fase de pre-cría, varía del 5 al 7 %, aunque el suministro general es “ad libitum”, es decir, se gestiona en función de su consumo. Durante la fase de engorde, el 3 %

se considera la proporción adecuada. Al término de la crianza, tomando en consideración al tiempo se suele disminuir la tasa a niveles del 1,5 al 2 %. Los requerimientos nutricionales pueden ser reajustado debido a muchos factores, entre estos tenemos: tamaño del pez, temperatura, densidad de los peces, nivel de alimentación, la acumulación de desechos y el estrés (Colquehuanca, 2015).

**Tabla 3**

*Requerimientos nutricionales del *Piaractus brachypomus* “paco”*

Insumos	Etapas de crecimiento		
	Inicio (Alevinos)	Crecimiento (Juveniles)	Engorde (Adultos)
Energía digestible (Mcal/kg)	3,00	2,90	2,90
Proteína (% Mín)	35,00	30,00	26,00
Lípidos (% Mín)	6,00	7,00	8,00
Fibra (% Máx)	5,00	6,00	8,00
Calcio (% Mín)	1,00	1,00	1,00
Fosforo (% Mín)	0,80	0,80	0,80
Ácidos grasos omega -6 (%)	0,60	0,50	0,70
Lisina (%)	2,20	1,80	1,50
Arginina (%)	2,00	1,90	1,80
Metionina-Cistina (%)	1,20	1,00	0,86

*Nota.* Adaptado de Colquehuanca (2015). Efecto de diferentes niveles de dietas alimentarias en base a torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) en la alimentación de paco (*Piaractus brachypomus*) en la región Madre de Dios. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4046>.

### **1.2.8. Bondades del alimento artificial extruido**

De acuerdo con Sorensen (2012) las características que debe poseer un alimento extruido de buena calidad son: tensión a la fractura, dureza, durabilidad, estabilidad en agua, velocidad de hundimiento, densidad aparente, absorción y pérdida de grasa.

De la misma forma FONDEPES (2017a) comenta que para la mezcla y compactación de los insumos se realiza cerca de 100 °C y alta presión; la densidad de las partículas es baja y

emerge a la superficie del agua por más de una hora; lo que resulta en el mejor aprovechamiento del alimento; posee alta digestibilidad y tasas de conversión menores a dos. El paco, es un cultivo que está siendo incorporado paulatinamente, cabe señalar que, si bien se han logrado tasas de conversión alimenticia absolutamente aceptables usando alimento artificial peletizado, es probable mejorar esas tasas de conversión mediante el uso de alimento artificial extruido.

### Técnicas de alimentación

Es necesario controlar la cantidad y calidad de alimento, ya que éste es el parámetro rentable más importante de los proyectos en piscicultura (Pereyra, 2013). Es necesario muestrear periódicamente los peces para ajustar las dietas en base a la tasa de alimentación, la cual se muestra en la Tabla 4 y el Apéndice 3.

Prácticas inadecuadas en la alimentación de peces repercute en el crecimiento y la sobrevivencia de los peces en cultivo e incrementan los costos de producción, se requiere ajustar la cantidad de alimento suministrada en cada etapa de crecimiento en proporción a la biomasa, con el fin de reducir las pérdidas y la acumulación de alimento en el fondo del acuario o estanque, lo que puede afectar la calidad del agua y la supervivencia de la especie (Bauza, 2008).

**Tabla 4**

*Tasa diaria de alimentación del *Piaractus brachypomus* “paco”*

Fase de cultivo	Etapas	Peso promedio (g)	Tasa de alimentación (%)
Alevinaje	1	0,5 – 5	15
		6 – 50	10
Crecimiento	2	51 – 100	5
		101 – 200	3
Engorde	3	201 – 500	2 – 1

*Nota.* Adaptado de Pereyra (2013). Tasa de alimentación y ajuste de cantidad de alimentación. Guía Técnica “Piscicultura” AGROBANCO. <https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/037-a-piscicultura.pdf>.

## **Frecuencia de alimentos**

FONDEPES (2017a) resalta que no es recomendable suministrar alimento una vez al día, ya que se observa pérdida de alimento no consumido por los peces. Para un mejor uso, la ración diaria se divide en dos o tres porciones en diferentes momentos, es decir, mañana, mediodía y tarde como se ilustra en el Apéndice 1.

Uzcátegui *et al.* (2014) efectuaron la alimentación de alevines con una mezcla comercial al 28 % de proteína cruda (PC) suministrada al 5 % de su biomasa en horario fijo dos veces al día (9:00 y 16:00 h) y a saciedad con la finalidad de no desperdiciar alimento, al no ser consumido éste por los peces acumulándose en el fondo del estanque por consiguiente contaminando el agua.

### **1.2.9. Índice de factor alimenticia aparente del paco**

Es un parámetro importante donde se usa el consumo de alimento junto a la ganancia de peso para conocer la eficiencia de la alimentación administrada (Cahuaza, 2020).

Bajo dietas alimenticias con alimentos balanceados extruidos comercialmente, dosificados de acuerdo con la edad, el tamaño y la proporción alimenticia; permite determinar un factor de conversión alimenticia de 1,4 con respecto al tiempo (Montalvo, 2019).

En un estudio realizado por Mejía *et al.* (2016), evaluaron el efecto de diferentes niveles de proteína en la dieta sobre el crecimiento y la eficiencia alimentaria de paco. Los autores encontraron que la CA varió desde 1,44 hasta 2,05, dependiendo del nivel de proteína en la dieta. En otro estudio, realizado por Orozco *et al.* (2010), evaluaron el efecto de la densidad de población sobre la eficiencia alimentaria y otros parámetros productivos de esta especie en cultivo. Los autores encontraron que la CA varió desde 5,98 hasta 7,63; dependiendo de la densidad de población.

### **1.2.10. Rentabilidad económica**

De acuerdo con Acosta y Farfán (2015) la rentabilidad económica se realiza teniendo en cuenta los costos e ingresos del proceso de cultivo, los cuales se obtienen de las siguientes fórmulas:

Ingresos Netos (IN) = Ingreso Bruto - Costo Total de operación

$$\text{Merito Económico (ME)} = \frac{\text{Costo de alimento}}{\text{Ganancia de peso}}$$

Retorno por sol invertido (RSI) = Ingreso neto - Costo del alimento

### **1.2.11. Acondicionamiento del estanque para la siembra del paco**

Se utilizan estanques excavados en tierra arcillosa con profundidad mínima de 1,5 metros (Hacienda, 2017). La porosidad del suelo del estanque también es un factor importante, ya que el exceso de arcilla es difícil de drenar, así como tampoco los suelos con altos contenidos de arena por la alta tasa de infiltración. Lo más adecuado y recomendado es un estanque con un suelo de 35 % a 60 % de arcilla y no más de un 30 % de arena (Pacic, 2010).

Asimismo, se inicia con retirar el agua del estanque, dejándolo secar durante una semana, posteriormente se realiza la limpieza, el cual consta de la eliminación de malezas y todo tipo de objetos presentes en el estanque. Posteriormente se esparce cal al suelo del estanque (30 - 50 g/m<sup>2</sup>) para desinfectar, eliminar parásitos y contribuir a la cadena alimenticia del zoo y fitoplancton, se deja actuar la cal por un día y finalmente, el estanque se llena hasta alcanzar una profundidad de aproximadamente 1,60 m (Castillo *et al.*, 2018).

### **1.2.12. Densidad de Siembra del paco**

Para cultivos semi intensivos, se trabajan con densidades de 1 alevino/m<sup>2</sup> o 0,5 alevino/m<sup>2</sup> En el caso de cultivos intensivos se trabajan densidades que oscilan entre 1,5 alevinos/m<sup>2</sup> a 2,5 alevinos/m<sup>2</sup> (Arenales, 2015).

En México, Martínez *et al.* (2002) utilizaron densidades de 16 peces/m<sup>3</sup>, con excelentes resultados en términos de crecimiento y sobrevivencia trabajadas en jaulas flotantes. Orozco *et al.* (2010) mencionan que una alta densidad puede afectar negativamente la ganancia de longitud y la eficiencia alimenticia del paco, es decir que a mayor cantidad de individuos en un determinado espacio menor será su desarrollo. Por el contrario, Mejía *et al.* (2015) experimentaron con diferentes densidades de siembra y diferentes tipos de alimento, resultando que la densidad de siembra no tuvo un efecto significativo en la tasa de sobrevivencia ni en el peso promedio de los peces.

## **CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño de la investigación**

La investigación fue de alcance explicativo porque buscó establecer que densidad de siembra generó mejores índices zootécnicos y mayor rentabilidad económica en el cultivo de paco en la provincia de Atalaya. Siguiendo las pautas de Hernández *et al.* (2014) la investigación fue aplicada bajo el enfoque cuantitativo, ya que recogió y analizó datos numéricos, a fin de probar la hipótesis establecida, a través del diseño experimental con la manipulación de la variable independiente mediante un diseño completo al azar (DCA), el estudio fue basado a una medición inicial y final para el control de las unidades experimentales, teniendo como objetivo evaluar dos densidades de siembra para el cultivo de *Piaractus brachypomus* “paco” en la ciudad de Atalaya.

### **2.2. Lugar y Fecha**

El trabajo de investigación se realizó en el estanque piscícola del predio privado fundo El Triunfo, que se encuentra ubicado en la Ciudad de Atalaya, distrito de Raimondi, provincia de Atalaya, departamento Ucayali. El departamento de Ucayali cuenta con una superficie de 38 924,43 km<sup>2</sup>, una población de 52 885,00 habitantes y una densidad poblacional promedio de 1,36 habitantes/km<sup>2</sup>. Atalaya se ubica en la parte central del departamento Ucayali, concretamente al sureste de la ciudad de Pucallpa, donde converge con el río Tambo y Urubamba.

La provincia de Atalaya está ubicada en bosques tropicales. Se caracteriza por precipitaciones pluviales de 6 – 7 meses. La precipitación media anual es de 2 344 mm, la temperatura media mensual es de 25,5 °C y las temperaturas extremas son de 20,5 y 35 °C, la humedad relativa anual es del 83,50 %, la dirección del viento es principalmente norte-

sur y la velocidad media del viento es de 1,4 m/s (Municipalidad Provincial de Atalaya [MPA] - Plan de desarrollo concertado provincial, 2007 - 2015).

El trabajo de investigación abarcó un periodo de 90 días, la evaluación se realizó en la etapa de crecimiento en la que se utilizaron dos tratamientos, un testigo y cuatro repeticiones. Las coordenadas se encuentran descritas en la Tabla 5 y la Figura 1.

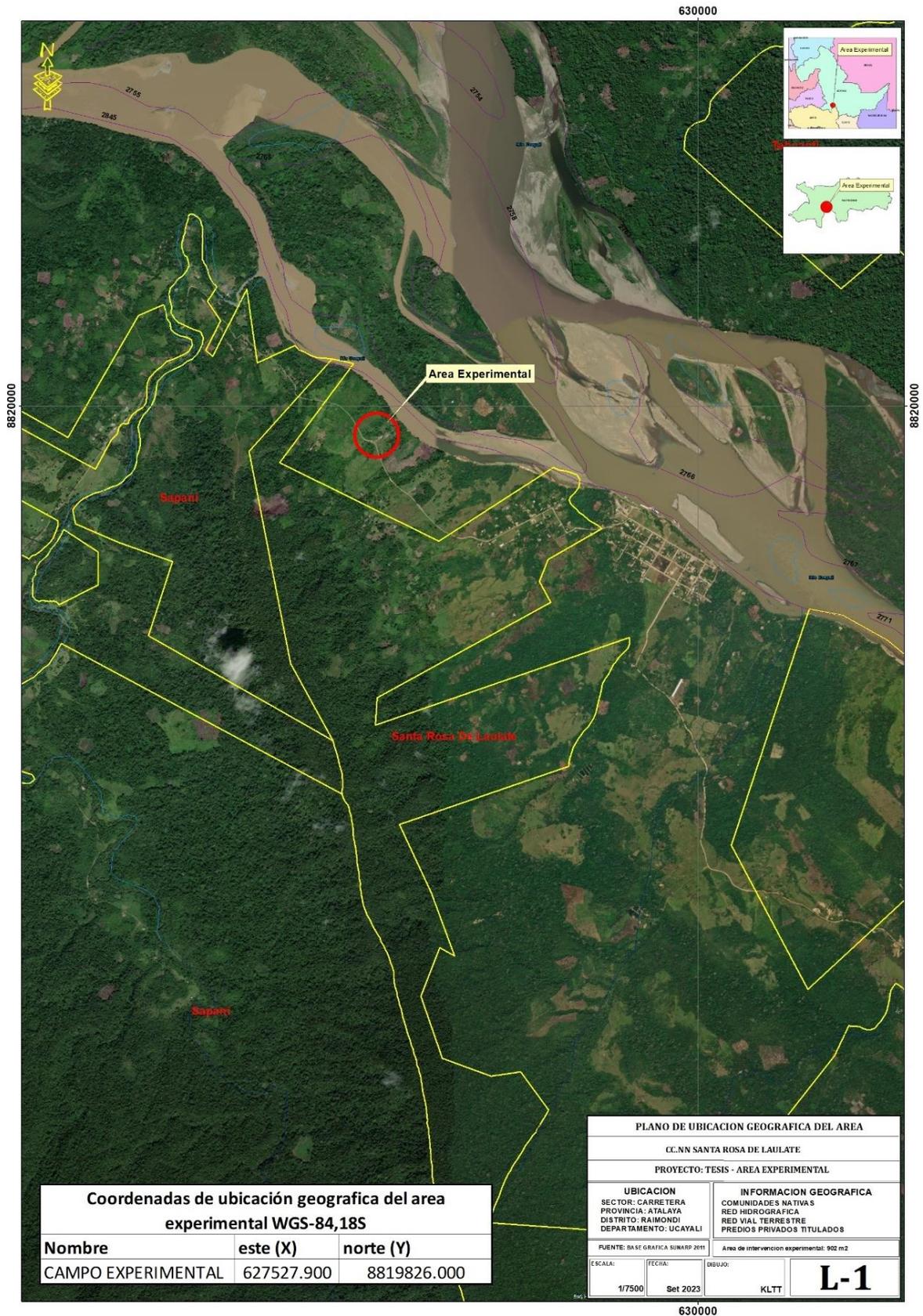
**Tabla 5**

*Coordenadas del espacio físico donde se realizó el experimento*

Este (x)	Norte (y)
627 527,9	8 819 826

**Figura 1**

Área de experimentación fundo El Triunfo



### 2.3. Descripción del experimento

La investigación se dividió en tres etapas. Etapa pre-experimental, experimental y procesamiento de datos, las cuales están descritas de la siguiente manera:

#### a) Etapa pre-experimental

Esta etapa comprendió las siguientes actividades:

- **Descripción del área experimental**

El trabajo se realizó en las instalaciones del fundo El Triunfo, el cual cuenta con infraestructura adecuada, se acondicionó una poza de 22 x 41 m, dividido en 12 secciones, para la evaluación de las dos densidades de siembra (T1: 2 pez/m<sup>2</sup> y T2: 3 pez/m<sup>2</sup>) y un testigo (T0: 1 pez/m<sup>2</sup>) por cada una de las cuatro repeticiones ejecutadas.

- **Preparación y acondicionamiento de las unidades experimentales**

Para la investigación se consideró un estanque con un área total de 902 m<sup>2</sup> (22 x 41 m), dividido en 12 secciones de prueba, que son unidades experimentales, es necesario precisar que la división de los espacios se realizó considerando los puntos de entrada y salida del agua del estanque con el objetivo de uniformizar las condiciones fisicoquímicas del agua para los distintos tratamientos. La preparación del estanque se llevó a cabo en julio del 2022, con los siguientes pasos:

**Vaciado total:** se realizó usando una motobomba de cuatro pulgadas y nueve caballos de fuerza (Figura 2), dejándolo secar por una semana para que de esta manera queden expuestos insectos y organismos dañinos para la crianza del cultivo (Castillo *et al.*, 2018).

## Figura 2

### *Proceso de vaciado de la poza*



*Nota.* A. Labores iniciales de vaciado. B. Vista del área experimental sin agua.

**Limpieza y acondicionamiento:** consistió en la extracción de lodo del fondo del estanque, fortalecer el terraplén, deshierbar el banco y el fondo del estanque (Figura 3). Es decir, recolectar todos los restos de hierbas, ramas e insectos que quedaron después del vaciado en la parte de la base y de los costados del estanque (Vargas, 2023).

## Figura 3

### *Limpieza de fondo del estanque*



*Nota.* Extracción de hiervas y palos de la base del área experimental.

**Encalado:** como demostró Guarniz (2014) se aplicó cal agrícola  $[Ca(OH)_2]$  a una dosis de  $1\ 000\ kg\ ha^{-1}$ , distribuida uniformemente en el fondo del estanque, mediante esparcimiento (rociado de cal en polvo sobre el fondo del estanque), dando la espalda al viento, se dejó expuesto al sol durante una semana para nivelar el pH y como medida profiláctica (Figura 4).

#### Figura 4

*Proceso de encalado*



*Nota.* A. Proceso de encalado en los bordes del área experimental. B. Proceso de encalado en el fondo del área experimental.

**Colocación de las mantas:** con el objetivo de dividir el estanque en áreas de tamaño similar para obtener cuatro espacios para el desarrollo y evaluación de los tratamientos (Figura 5). Para ello se colocaron listones-estacas de madera quinilla  $2\ in\ x\ 3\ in\ x\ 2\ m$ , que fueron prendidas en el fondo del estanque en forma vertical (Chirinos, 2015). Luego se realizó el corte y tendido del plástico, se enterró  $20\ cm$  de plástico en el fondo del estanque usando una pala para asegurarla en los listones, finalmente se clavaron las ripas de quinilla (madera delgada de  $1\ in$  de espesor).

## Figura 5

### *Delimitación de los tratamientos*



*Nota.* A. Preparación de estacas para las unidades experimentales. B. Separación de las unidades experimentales.

**Fertilizado:** para la fertilización del estanque se utilizó estiércol de vacuno (vacaza), a una proporción de 1 500 kg ha<sup>-1</sup> (Figura 6), para promover el crecimiento de alimento natural (planctón). Consistió en llenar ligeramente el estanque para depositar al fondo sacos con la vacaza por aproximadamente 15 días (Morantes, 2023).

## Figura 6

### *Preparación de vacaza*



*Nota.* A. Recolección de vacaza. B. Proceso de preparación de la vacaza para su uso en el estanque.

**Llenado:** esto se hizo suministrando agua al estanque mediante un sistema de entrada por gravedad (Figura 7).

### Figura 7

*Llenado del estanque*



Nota. A. Proceso de llenado de agua a las unidades experimentales. B. Vista de unidades experimentales.

### b) Etapa Experimental

- **Procedencia del material biológico**

Para este ensayo se trabajó con la muestra de *Piaractus brachypomus* “paco” que pertenecen a la empresa Agropez SAC, de donde se compró 1 776 animales, que se encuentra ubicado en el Laboratorio de reproducción del fundo Castilla, los cuales fueron trasladados en bolsas con oxígeno con mucho cuidado hasta el fundo el Triunfo, en la cual se realizó la aclimatación previa a la siembra, buscando igualar las temperaturas del agua de transporte y el agua donde los peces fueron sembrados, por un tiempo de 15 a 30 minutos. Durante el procedimiento las bolsas plásticas estaban flotando sobre la superficie del agua donde fueron soltados, finalmente se permitió nadar a los peces fuera de las bolsas hacia su nuevo ambiente (Figura 8).

## Figura 8

### Siembra de alevinos



Nota. A. Proceso de aclimatación de los alevinos. B. Proceso de siembra de alevinos en las unidades experimentales.

### c) Etapa Procesamiento de los datos

Posterior al ordenamiento y tabulación de los datos obtenidos en la etapa experimental, se realizó la interpretación de los resultados obtenidos para la redacción del informe final del trabajo de investigación.

## 2.4. Tratamientos

Para la presente investigación se consideró dos tratamientos a evaluar con cuatro repeticiones y un tratamiento control, como se muestra en la Tabla 6.

**Tabla 6**

*Tratamientos utilizados*

Tratamientos	Densidades	Repeticiones
T - 0	1 pez/m <sup>2</sup>	
T - 1	2 pez/m <sup>2</sup>	4
T - 2	3 pez/m <sup>2</sup>	

## 2.5. Unidades experimentales

Se utilizó un estanque de 22 x 41 m (902 m<sup>2</sup>) de forma rectangular, dividido en 12 unidades experimentales y cada una de estas con dimensiones 22 x 3,4 m con un área de 74 m<sup>2</sup>, haciendo una unidad experimental, como se detalla en la Tabla 7. La distribución se realizó de forma aleatoria para cada una de las repeticiones.

**Tabla 7**

*Distribución del material experimental*

T0	T1	T2	Repeticiones
74 peces	148 peces	222 peces	
74 peces	148 peces	222 peces	4
74 peces	148 peces	222 peces	
74 peces	148 peces	222 peces	4
296 peces	592 peces	888 peces	1 776,0 peces

En total se tuvieron 1 776 individuos. Para las evaluaciones biométricas se consideró una muestra representativa por cada tratamiento y repetición, teniendo en cuenta una muestra estadística del 10 % al azar del total asignado a cada unidad experimental, como se detalla en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Distribución de la muestra a partir del total de material experimental por tratamiento*

Tratamientos	T0	T1	T2	Total
N	74 peces	148 peces	222 peces	444 peces
N (10 % del total)	7 peces	14 peces	22 peces	43 peces

## 2.6. Identificación de variables y su mensuración

### Variable independiente

La densidad de siembra adecuada se determina según la ganancia de peso, longitud y supervivencia de la especie como lo explican Acosta y Farfán (2015), para determinar cuál es la más indicada en condición de Atalaya se optaron por los siguientes:

T0: 1 Pez/m<sup>2</sup>

T1: 2 Pez/m<sup>2</sup>

T2: 3 Pez/m<sup>2</sup>

### Variable dependiente:

Ganancia de peso (g):

Vílchez (2019) determinó que este parámetro al restar el peso final menos el peso inicial cada 15 días.

$$GP = Pf - Pi$$

Ganancia de talla (cm):

Para Miranda (2018) se obtiene los datos de ganancia de talla, considerando la talla final (Tf) menos la talla inicial (Ti). Se realizó cada 15 días.

$$T = Tf - Ti$$

Índice de Conversión Alimenticia Aparente (ICAA):

Como lo menciona Chirinos (2015) la tasa de conversión alimenticia fue evaluada cada 15 días, el cual resultado del insumo de alimento ofrecido, dividido por la producción neta resultante, dando a conocer la cantidad de unidades de alimento necesarias para producir una unidad de biomasa.

$$\text{ICAA} = \frac{\text{ALIMENTO BALANCEADO SECO OFRECIDO}}{\text{PESO HUMEDO GANADO}}$$

Tasa de crecimiento específico, (TCE), expresada en % g día<sup>-1</sup>:

Basado en Cayturo y Villaruel (2017), quienes determinaron la tasa de crecimiento específico como una medida del aumento de peso corporal porcentual por día. Dichos datos fueron evaluados cada 15 días.

$$\text{TCE} = \frac{\text{PESO FINAL (g)} - \text{PESO INICIAL (g)}}{\text{PERIODO (DIAS)}} \times 100$$

Rendimiento:

Abad *et al.* (2014) evaluaron este parámetro al culminar la fase experimental en el cual se dividió la biomasa total obtenida por metro cuadrado.

$$\frac{\text{BIOMASA}}{\text{m}^2}$$

## **2.7. Diseño estadístico del experimento**

Este estudio utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), por lo que el peso y la altura inicial fueron homogéneos y la única fuente de variación fue los tratamientos aplicados.

## **2.8. Análisis estadísticos de datos**

Después de recopilados los datos semanales y finales, se ordenaron mediante plantillas Excel, se procedió a realizar las pruebas de normalidad y homogeneidad, consecutivamente fueron procesados mediante un análisis de varianza (ANVA), esto para cada variable y validar la hipótesis. Posteriormente para determinar la diferencia entre las medias de los tratamientos se empleó la prueba de Duncan al 5 % de nivel de significancia. Los datos fueron procesados mediante el software estadístico Infostat 2022.

## 2.9. Materiales y equipos

Los materiales y equipos usados en la fase de campo y gabinete se describen a continuación:

Materiales:

- Jalones de madera
- Lapiceros y lápices
- Libreta de apuntes
- Mallas de pesca
- Mangueras
- Mantada
- Recipientes de plástico

Equipos e insumos:

- Alimento balanceado – Extrusada (ver Apéndice 6)
- Balanza gramera
- Equipo cómputo
- Equipo portátil medidor de parámetros fisicoquímicos del agua (HANNA Instruments: Medidor multiparámetro - HI9829)
- Ictiómetro
- Motobomba
- Oxímetro (HANNA Instruments: medidor De Oxígeno Disuelto Portátil - Hi 9147)

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS**

### **3.1 Índices zootécnicos**

#### **3.1.1 Ganancia de peso**

El peso promedio inicial de los peces fue de 0,50 g para todos los tratamientos evaluados, como se muestra en la Tabla 9. Al realizar la prueba de medias de Duncan para el análisis estadístico, a un nivel de significancia del 5 %, entre los tratamientos T0, T1 y T2 no se encontraron diferencias significativas para la variable ganancia de peso, como se puede observar en la Tabla 10. Sin embargo, se puede apreciar una mínima diferencia numérica (Figura 9).

**Tabla 9***Ganancia de peso logrados por los peces*

Tratamiento	Repetición	Meses							Ganancia de peso
		Oct.	Oct.	Oct.	Nov.	Nov.	Dic.	Dic.	
T-0	R1	0,50	3,63	10,88	13,88	28,13	46,63	78,75	78,25
	R2	0,50	9,50	9,50	41,31	66,25	103,50	82,63	82,13
	R3	0,50	9,63	11,88	41,31	66,88	121,38	105,00	104,50
	R4	0,50	7,50	9,00	45,81	66,25	118,25	115,13	114,63
T-1	R1	0,50	4,67	7,40	13,90	22,67	34,40	68,67	68,17
	R2	0,50	6,27	8,00	23,10	32,00	37,33	73,67	73,17
	R3	0,50	11,47	12,33	49,93	79,00	100,13	100,47	99,97
	R4	0,50	10,20	10,93	43,25	78,67	102,73	112,20	111,70
T-2	R1	0,50	2,30	6,78	11,78	19,13	39,83	59,04	58,54
	R2	0,50	7,35	7,35	18,70	27,61	41,96	94,61	94,11
	R3	0,50	7,70	8,43	17,57	26,09	42,13	103,96	103,46
	R4	0,50	7,13	7,70	18,23	27,83	42,35	91,48	90,98
Días de evaluación		0	15	30	45	60	75	90	

Como se puede observar en la Tabla 10 para la variable de ganancia de peso, el análisis de varianza no mostró diferencia estadísticamente significativa para los tratamientos evaluados en la prueba de comparación de medias de Duncan al nivel de significancia de 5 %, pero se puede apreciar una mínima diferencia numérica.

**Tabla 10**

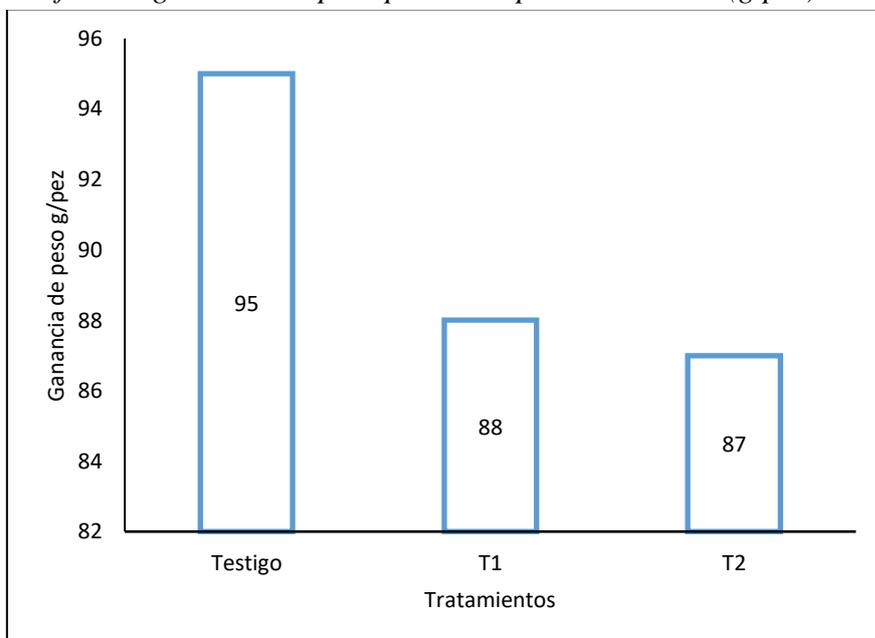
*Efecto de las densidades de siembra sobre la ganancia de peso en los pacos (g/pez) a través de la prueba de medias de Duncan a un nivel de significancia del 5 %.*

Variables (g)	Tratamientos		
	T-0	T-1	T-2
Peso inicial	0,50	0,50	0,50
Peso final	95,38 a	88,75 a	87,27 a
Ganancia de peso total	94,88 a	88,25 a	86,77 a
Ganancia diaria	1,05	0,98	0,96
Ganancia de peso (% del p.v.)	99,48	99,44	99,43

En la Figura 9, no presentó diferencia estadística significativa para los tratamientos evaluados. Teniendo los siguientes resultados del T0: 95 g; T1: 88 g y T2: 87 g.

### Figura 9

Gráfico de ganancia de peso promedio por tratamiento (g/pez)



### 3.1.2 Ganancia de talla

La talla promedio inicial de los peces fue de 2 cm para todos los tratamientos evaluados, como se muestra en la Tabla 11. Al realizar la prueba de medias de Duncan para el análisis estadístico, a un nivel de significancia del 5 %, entre los tratamientos T0, T1 y T2 no se encontraron diferencias significativas para la variable ganancia de talla, como se puede observar en la Tabla 12. Este mismo resultado se observó en la ganancia de talla diaria, y el crecimiento de cada repetición se detallan en la Tabla 11. A pesar de no haber diferencia estadística significativa entre los tratamientos, se puede apreciar una mínima diferencia numérica (Figura 10).

**Tabla 11***Ganancia de talla logrados por los peces*

Tratamiento	Repetición	Meses							Crecimiento
		Oct	Oct	Oct	Nov	Nov	Dic	Dic	
T-0	R1	2,00	5,55	7,61	8,94	11,63	13,63	15,63	13,63
	R2	2,00	7,88	7,88	14,44	14,50	17,06	15,13	13,13
	R3	2,00	7,33	8,06	14,44	14,56	18,19	16,50	14,50
	R4	2,00	6,78	7,33	16,00	14,69	18,19	16,75	14,75
T-1	R1	2,00	5,90	6,83	9,07	10,77	12,23	14,90	12,90
	R2	2,00	6,27	7,11	10,62	11,70	12,63	14,50	12,50
	R3	2,00	10,25	11,12	13,36	15,53	17,50	15,93	13,93
	R4	2,00	8,99	10,33	12,76	15,57	17,63	16,67	14,67
T-2	R1	2,00	4,95	6,77	8,56	10,28	12,70	14,13	12,13
	R2	2,00	7,08	7,08	11,23	11,37	13,48	15,85	13,85
	R3	2,00	10,25	7,73	10,41	11,13	13,50	16,26	14,26
	R4	2,00	8,99	7,05	10,68	11,39	13,54	15,35	13,35
Días de evaluación		0	15	30	45	60	75	90	

Como se puede observar en la Tabla 12, para la variable de ganancia de talla, el análisis de varianza no mostró diferencia estadísticamente significativa para los tratamientos evaluados en la prueba de comparación de medias de Duncan al nivel de significancia de 5 %, pero se puede apreciar una mínima diferencia numérica.

**Tabla 12**

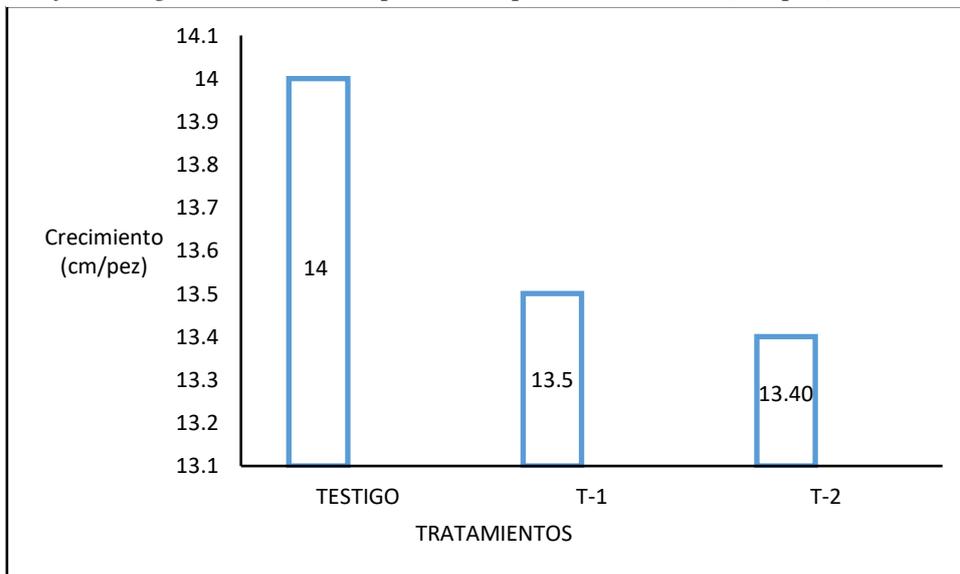
*Efecto de las densidades sobre el crecimiento (cm) de los pacos mediante la prueba de medias de Duncan al 5 %*

Tratamientos	Crecimiento (cm)
Testigo	14,00 a
T-1	13,50 a
T-2	13,40 a

Del mismo modo se puede apreciar en la Figura 10, los siguientes resultados para el T0: 14,00 cm seguido del T1: 13,50 cm; T2: 13,40 cm. Finalmente no se encontró diferencia estadística significativa para los tratamientos evaluados.

**Figura 10**

*Gráfico de ganancia de talla promedio por tratamiento (cm/pez)*



### **3.1.3 Índice de conversión alimenticia aparente (ICAA)**

Tras realizar la prueba de Duncan con un nivel del 5 % de significancia, se encontró una diferencia significativa entre las medias de los tratamientos T2 en comparación con T0 y T1, lo que sugiere que el tratamiento T2 fue más efectivo. Por otro lado, se observó que las densidades de siembra de 1 y 2 pez/m<sup>2</sup> no dieron lugar a buenas conversiones. Sin embargo, entre los tratamientos T0 y T2 no se encontró una diferencia significativa en cuanto a la conversión, lo que indica que ambos obtuvieron resultados similares, como se puede ver en la Tabla 14. Adicionalmente, la Tabla 13 muestra los resultados de la conversión alimenticia de los peces durante el periodo de investigación de 90 días. Asimismo, se puede observar que la mejor conversión alimenticia fue 1,49 para el T2 (Figura 11).

**Tabla 13***Conversión alimenticia logrado por los peces*

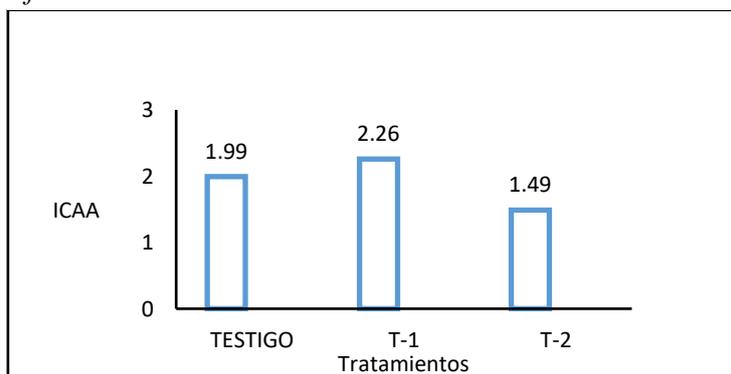
Tratamiento	Repetición	Consumo total (g)	Biomasa ganada (g)	C.A.	Promedio
T-0	R1	158,53	78,25	2,03	1,99
	R2	187,86	82,13	2,29	
	R3	200,12	104,50	1,92	
	R4	197,49	114,63	1,72	
T-1	R1	129,18	68,17	1,89	2,26
	R2	161,18	73,17	2,20	
	R3	216,04	99,97	2,16	
	R4	310,80	111,70	2,78	
T-2	R1	102,68	58,54	1,75	1,49
	R2	134,59	94,11	1,43	
	R3	132,94	103,46	1,29	
	R4	134,79	90,98	1,48	

Como se puede observar en la Tabla 14 para la variable de conversión alimenticia, el análisis de varianza evidenció la existencia de diferencia estadísticamente significativa para los tratamientos evaluados y en la prueba de comparación de medias de Duncan al 5 % indicó que el tratamiento T2 obtuvo mejores resultados, seguido del T0, y T1 respectivamente.

**Tabla 14***Efecto de las densidades sobre el ICAA en Pacos*

Tratamiento	Conversión alimenticia
Testigo	1,99 a
T-1	2,26 a
T-2	1,49 b

Al igual que se aprecia en la Figura 11, el mejor resultado fue del T2 con 1,49 seguido del T0: 1,99 y el T1: 2,26. Se encontró que existe diferencia estadística significativa para los tratamientos evaluados.

**Figura 11***Efecto de las densidades sobre el ICAA*

### 3.2 Parámetros fisicoquímicos del agua

En la investigación, los datos obtenidos para los parámetros fisicoquímicos del agua se detallan en la Tabla 15, en los cuales se muestra que los promedios están en los rangos normales para el desarrollo del paco (ver Apéndice 8).

**Tabla 15**

*Promedio de medidas de los parámetros fisicoquímicos del agua, durante el proceso de crianza con las diferentes densidades del P. brachypomus*

Tratamiento	Repetición	Parámetros fisicoquímicos del agua					
		T	pH	O.D.	Nitrito	Nitrato	Amoniaco
T-0	R1	28,00	7,45	4,20	0,00	0,00	0,08
	R2	28,00	7,51	4,20	0,00	0,00	0,00
	R3	28,01	7,50	4,20	0,00	0,00	0,00
	R4	28,00	7,40	4,00	0,00	0,00	0,00
T-1	R1	28,00	7,45	4,20	0,00	0,00	0,00
	R2	28,00	7,50	4,00	0,00	0,00	0,00
	R3	28,01	7,51	4,00	0,00	0,00	0,00
	R4	28,00	7,40	4,20	0,00	0,00	0,00
T-2	R1	28,00	7,45	4,00	0,00	0,00	0,00
	R2	28,00	7,50	4,00	0,00	0,00	0,00
	R3	28,01	7,50	4,00	0,00	0,00	0,00
	R4	28,00	7,49	4,20	0,00	0,00	0,00
Promedios		28,00	7,47	4,10	0,00	0,00	0,01

### 3.3 Rentabilidad económica

Fue evaluado el rendimiento económico de cada uno de los tratamientos y los resultados se presentan en la Tabla 16. En ella se muestran los valores de retribución económica de T0, T1 y T2, los cuales son 215,93; 348,69 y 757,46 soles respectivamente. Se observa que se obtuvieron las mejores retribuciones con los tratamientos T1 y T2, respectivamente.

**Tabla 16**

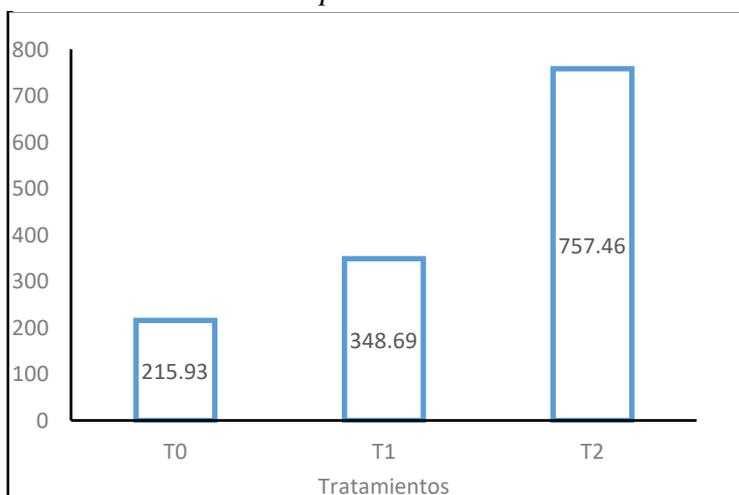
*Retribución económica en relación a las densidades de siembra utilizados en la crianza de *Piaractus brachypomus**

Índice	Tratamientos		
	T0	T1	T2
Precio por pez (S/ /kg)	15,0	15,0	15,0
Peso final pez (kg)	0,0954	0,0888	0,0873
Ingreso bruto por pez logrado (S/)	1,43	1,33	1,31
Alimento concentrado			
Costo alimento (S/ /kg)	3,63	3,63	3,63
Consumo (kg)	0,186	0,204	0,126
Total (S/)	0,675	0,741	0,457
Retribución económica por pez logrado (S/)	0,755	0,589	0,853
Retribución económica por tratamiento (S/)	223,48	348,69	757,46

Tal cual se aprecia en la Figura 12 el mejor resultado fue del T2 con S/ 757,46 seguido del T1: S/ 348,69 y el T0: S/ 215,93. Se encontró que existe diferencia numérica para los tratamientos evaluados.

**Figura 12**

*Retribución económica por tratamientos*



## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

### 4.1. Índices zootécnicos

#### 4.1.1 Ganancia de peso

Los hallazgos obtenidos en relación a la ganancia de peso promedio durante este estudio fueron los siguientes: T0: 94,88 g, T1: 88,25 g y T2: 86,77 g respectivamente. Guarniz (2014) estudió como la densidad de siembra en estanques seminaturales influye en el crecimiento del *P. brachypomus* durante 180 días, donde reportó ganancias de peso en: T1: 322,5 g; T2: 329,5 g; T3: 214,7 g; alimentados tres veces al día. Al finalizar el estudio, el autor concluye que el paco en el T2 a densidad de 1 pez/m<sup>2</sup>, presentó un incremento de peso significativo de 329,5 g, mientras que en el estudio actual el T0 obtuvo 94,88 g, donde el peso inicial fue de 0,5 g. Mientras que Aldava (2017) evaluó la densidad de siembra óptima de alevinos del híbrido *Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum* “Pacotana”, por un período de 135 días, durante el trabajo de campo se reportaron incrementos en el peso de los peces: para el T1, se reportó una ganancia de 278,54 g; para el T2, una ganancia de 258,67 g; y para el T3, una ganancia de 250,33 g. El investigador concluyó que la densidad óptima fue el T1 con 1 pez/m<sup>2</sup> con una ganancia de 278,54 g. En ambas investigaciones se pudo observar que los tratamientos con menores densidades obtuvieron mejores resultados. Castro y Bustamante (2020) en su investigación trabajaron con densidades de T1: 25, T2: 50 y T3:75 peces/m<sup>3</sup>, con el objetivo de determinar el óptimo crecimiento del paco, teniendo pesos promedios de 1,8 g. Durante 42 días de evaluación obtuvieron pesos de 15,47; 12,58 y 11,97 g en las densidades de 25, 50 y 75, respectivamente, resultando el T1 como la mejor carga, siendo similar a los resultados a la investigación realizada, ya que a menor densidad de siembra mayor ganancia de peso ya que no hay competencia por espacio ni alimento (Hoyos y Lainas, 2016).

Así mismo, Rebaza *et al.* (2000) evaluaron en 30 días, juveniles de paco en diferentes densidades y en estanques seminaturales utilizando estos tratamientos T1: 10 peces/m<sup>2</sup>, T2: 15 peces/m<sup>2</sup> y T3: 20 peces/m<sup>2</sup>, tuvieron resultados en cuanto a ganancia de peso de 21,94; 20,79 y 23,49 g en los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente con pesos iniciales promedió 3,8 g. Señalando que el mejor resultado fue el tratamiento con la mayor cantidad de peces/m<sup>2</sup> diferenciándose con la presente investigación, demostrando que a menos tiempo de crianza es menor la competencia por alimentos de los peces dentro de la misma área, pero al crecer estos compiten por alimento, espacio y agua, dificultando así su crecimiento como explican Oliva *et al.* (2021). Los diferentes resultados obtenidos, a pesar de que los autores citados han trabajado con diferentes etapas y por un tiempo más prolongado, a diferencia de Rebaza *et al.* (2000) son similares a la investigación llevada a cabo desde la etapa de alevinaje hasta tres meses (90 días) de crecimiento. Sin embargo, no se evidencia una diferencia estadística en relación con la ganancia de peso. Según lo reportado por Moura *et al.* (2007) es importante mencionar que, en los estanques de tierra, la incidencia de la luz es directa, esta tiene relación con la temperatura del agua, por lo que influye de manera positiva en el metabolismo digestivo de los peces y en el desarrollo de plancton, por ende, mayor ganancia de peso.

#### **4.1.2 Ganancia de talla**

Los hallazgos de este estudio indican que los peces experimentaron un crecimiento uniforme a lo largo de los 90 días de cultivo. Al realizar la prueba de Duncan a un nivel de significancia del 5 % (Tabla 12), de los promedios de los tratamientos evaluados para la variable crecimiento, no se encontró diferencia estadística significativa entre el T0 y los T1 y T2, esto indica que todos los tratamientos tuvieron el mismo efecto sobre el crecimiento, ya que se trabajó con alevinos con tallas promedio inicial de 2 cm y no se observó mayor desarrollo por el tiempo que duro la investigación. López (2020) indica que en esta fase los alevinos aún están empezando a desarrollarse y recomienda que se trabajen por más tiempo o bien en otra fase del cultivo para tener mejores resultados. En la Figura 12 se evidencia lo manifestado para los tratamientos evaluados. Estos resultados se asemejan al trabajo realizado por Reyes (2022), quien determinó la densidad de carga óptima en el cultivo de alevinos de *Colossoma macropomum* “gamitana” cultivados en un sistema RAS. El ensayo se llevó a cabo en cuatro tanques de geomembrana (Tq) con una capacidad de 40 m<sup>3</sup> los tratamientos fueron: Tq1: 20, Tq2: 40, Tq3: 50 y Tq4: 60 alevinos/m<sup>3</sup> T1, T2, T3 y T4

respectivamente; el alimento que se proporcionó tenía 30 % de proteína, en un periodo de 4 meses. Los resultados en crecimiento promedio de longitud y peso fueron T1 (7,5 y 115,24), T2 (7,14 y 100,82) y T3 (7,22 y 101,92) y T4 (6,42 y 79,62) medidos y pesados en gramos y centímetros, este resultado es debido al tipo de investigación que se realizó puesto que el filtro biológico utilizado en estos sistemas mantuvo estable los metabolitos tóxicos durante el periodo de experimentación y lo que resulta en un uniforme crecimiento de los peces (Coral, 2022). Guarniz (2014) en su investigación sobre el efecto de la densidad de siembra en estanques seminaturales en la etapa de crecimiento del *Piaractus brachypomus* por un periodo de 180 días, obtuvo resultados en crecimiento promedio para los tratamientos T1: 27,3 cm, T2: 27,4 cm y T3: 22 cm con densidades de 0,5 peces/m<sup>2</sup>, 1 pez/m<sup>2</sup>, 1,5 peces/m<sup>2</sup> respectivamente siendo el mejor de estos el T2 debiéndose a que el crecimiento de los peces se ve afectado entre algunos factores por una mayor densidad, ya que tardan en alcanzar su peso comercial por la competencia tanto de espacio como de alimento que hay (Quiroz, 2000).

Otra investigación realizada por Pilco (2015) en la cual evaluó dos densidades de siembra, sobre el comportamiento productivo de *Piaractus brachypomus* “Paco”, en un sistema superintensivo donde los peces fueron sembrados con un peso promedio de 10,1 g y 8,20 cm en densidades de T1: 50 peces/m<sup>3</sup> y T2: 75 peces/m<sup>3</sup>, con 4 repeticiones cada uno, luego de 120 días de investigación obtuvieron los siguientes resultados: T1: 70,65 g y 16,14 cm mientras que T2: 53,25 g y 14,58 cm concordando con otros autores donde manifiestan que a menor densidad de siembra mayor desarrollo de los peces (Deza *et al.*, 2002) en este caso como lo menciona Granado (2000) la circulación del agua en estanques seminaturales hace que se desarrolle mejor la vida acuática que en un sistema cerrado o de jaulas flotantes.

#### **4.1.3 Índice de conversión alimenticia aparente (ICAA)**

En la investigación realizada, se obtuvieron los siguientes valores de índice de conversión alimenticia aparente (ICAA): T0: 1,99; T1: 2,26 y T2: 1,49. Donde el valor de T1 está por encima de los parámetros de conversión alimenticia recomendados para la crianza del paco, según lo reportado por Poleo (2011) que señala que un buen factor de conversión alimenticia se considera en un rango entre 1,0 y 2,0. No obstante, en estudios realizados por Aldava (2017) quien mediante el uso de diferentes densidades de siembra en pacotana T1: 1 pez/m<sup>2</sup>,

T2: 2 pez/m<sup>2</sup> y T3: 3 pez/m<sup>2</sup>, obtuvieron valores de T1: 1,21; T2: 1,23 y T3: 1,25. De lo anterior se observa que la mejor conversión alimenticia fue el T1: 1,21; la razón es que en crianzas con escasa recirculación de agua y al haber menos individuos, hay menos consumo de oxígeno, por lo mismo se obtiene una cantidad menor de residuos metabólicos y los organismos tienen más espacio vital para su desarrollo, lo que favorece un mejor resultado en la tasa de conversión alimenticia. También Oliva *et al.* (2021) en su investigación sobre policultivo de paco y gamitana a diferentes densidades en la fase de engorde utilizando estanques circulares en Alto Saposoa reportaron los siguientes resultados para la variable de conversiones alimenticia de T1: 1 pez/m<sup>2</sup>, una conversión de 1,12; con T2: 3 peces/m<sup>2</sup> una conversión de 1,23 y T3: 5 peces/m<sup>2</sup>, obtuvo una conversión de 1,33; concluyendo que la mejor conversión alimenticia se dio en el T1, con menor densidad de peces/m<sup>2</sup>. Caso similar con López y Lora (2013) que trabajaron en policultivo de *Colossoma macropomum* y *Oreochromis spp.* durante cinco meses y alimentados con alimento balanceado, se obtuvo un valor de 0,95 para la densidad total de 5,5 peces/m<sup>2</sup>, pero los valores fueron menores para las densidades de 6,0 peces/m<sup>2</sup> (1,23) y 6,5 peces/m<sup>2</sup> (1,11).

Por otro lado Cuan *et al.* (2021) evaluaron los parámetros productivos del cultivo de cachama blanca, en jaulas flotantes ubicadas en el río Manacacias, región Orinoquia, Colombia, manejando tres densidades: T1: 150, T2: 200 y T3: 250 peces/m<sup>3</sup>. Obteniendo la conversión alimenticia de T1: 1,1; T2: 1,32 y T3: 0,8. Mientras que en el presente estudio se reportó valores similares de conversión alimenticia siendo el T2: 1,49 el que presentó diferencia estadísticamente significativa en relación al T0 y T1; Acosta y Farfán (2015) argumentan que puede atribuirse a la constante circulación (entrada y salida) de agua, el cual ayuda a la oxigenación del espejo de crianza, permitiendo el mayor aprovechamiento de los alimentos suministrados durante el tiempo de evaluación. FONDEPES (2017a) sugiere que la frecuencia de alimentación no se debe limitar a solo una vez, muy al contrario, para un mejor aprovechamiento recomienda que la frecuencia sea de dos a tres veces por día, en nuestra investigación se consideró suministrar el alimento dos veces al día (Turno mañana 07:00 y turno tarde 16:00). También es necesario mencionar la forma física de presentación del alimento, ya que fue de naturaleza industrial (extrusada), considerando lo mencionado por Cruz *et al.* (2006) para la forma de presentación del alimento y su influencia en el consumo y aprovechamiento por parte de los peces, debido a que tiene mayor suspensión en el agua. Por consiguiente, los peces consumen casi en su totalidad el alimento.

## 4.2. Parámetros fisicoquímicos del agua

Los parámetros fisicoquímicos del agua al ser analizados dieron como resultado niveles que no son perjudiciales para la especie paco, como es el caso del oxígeno disuelto (O.D.) 4,10 ppm; pH 7,47; temperatura (T) 28 °C; nitritos 0,00 ppm; Nitratos 0,00 ppm y amoniaco 0,01 ppm, estos mismos se encuentran entre los rangos obtenidos por Inga (2021) pH 6,7,  $\text{NO}_2^- > 0,5$ ;  $\text{NO}_3 > 0,01$ ; T 27,7 °C; O.D. 5,86 en su investigación sobre el crecimiento de alevinos de paco, criados en jaulas flotantes bajo diferentes densidades utilizando T1: 10, T2: 15 y T3: 20 peces/m<sup>3</sup> en un total de 140 días, sin mostrar diferencias estadísticas significativas en cuanto a estos parámetros y que son aceptables para la sobrevivencia de la especie, cabe mencionar que a diferencia de la presente investigación la cual se desarrolló en estanques seminaturales, el estudio en contraste fue llevado a cabo en jaulas flotantes, de allí a que los resultados no sean iguales, pero están en el rango óptimo para la crianza de paco (Pilco, 2015). En la investigación desarrollada por Oliva *et al.* (2021) que trabajaron en policultivo de paco y gamitana en estanques circulares durante 165 días con cinco densidades T1: 4 peces/m<sup>3</sup>, T2: 6 peces/m<sup>3</sup>, T3: 8 peces/m<sup>3</sup>, T4: 9 peces/m<sup>3</sup> y T5: 10 peces/m<sup>3</sup> nos dice que en general los parámetros de calidad del agua para la crianza de estas especies, oscilaron dentro de los rangos aceptables para el desarrollo normal de los peces, así tuvieron como resultado en el oxígeno disuelto un promedio de 7,59 mg/l, cuya concentración es considerada como adecuada; por su parte el nivel pH del agua se encontró en un nivel superior a 6,50; en estanques para manejo de paco y gamitana se recomienda un pH entre 6 y 7,5 (Deza *et al.*, 2002). En tanto, la temperatura del agua alcanzó en su investigación un promedio de 22,71 °C, el cual está dentro del rango aceptable que oscila entre 20 y 31 °C como manifiesta el Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD, 2005); en comparación a nuestra investigación también está dentro de los rangos permitidos y teniendo en cuenta que la especie gamitana requiere de iguales condiciones que el paco para desarrollarse según Arenales (2015). Del mismo modo Guarniz (2014) quien investigó en la comunidad nativa de Sasa, Imaza, el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento del paco en estanques seminaturales, trabajando con tres densidades T1: 0,5 peces/m<sup>2</sup>, T2: 1 pez/m<sup>2</sup> y T3: 1,5 peces/m<sup>2</sup> durante 180 días logró estos registros de los parámetros físico químicos: temperatura entre 25,8 y 28,9 °C, Oxígeno Disuelto entre 4 y 7 mg/l, pH entre 6,2 a 7,4, amonio 0 a 1 mg/l, nitritos de 0 a 1 mg/l y nitratos de 0 a 17 mg/l teniendo en cuenta que si los nitratos se elevan el nivel de oxígeno descende, este trabajo coincide con los resultados de la presente investigación tanto porque ambos estudios fueron realizados en

estanques seminaturales consintiendo el ingreso y salida de agua lo que permitió que el oxígeno disuelto este entre su rango óptimo de 5 mg/l en el caso del cultivo de paco según Erazo y Valles (2010).

### **4.3. Rentabilidad económica**

Según los resultados de este estudio, el precio promedio del alimento comercial para peces en Atalaya es de S/ 3,63 por kg. Al observar el consumo de alimentos (ver Apéndice 7) en los T0, T1 y T2 para los pacos, se pudo notar una gran diferencia en la retribución económica entre T1 y T2 en comparación con T0. Aunque las ganancias de peso fueron similares para los tres grupos, el costo del alimento por kilo y la densidad de siembra influyeron en la rentabilidad. Con T0, la ganancia fue de S/ 0,755, mientras que con T1 y T2 fue de S/ 0,589 y 0,853, respectivamente. El incremento del costo del alimento en Atalaya se debe principalmente al transporte, ya que no hay plantas de producción de alimento balanceado en la zona y todo debe ser importado de Lima o de Pucallpa. En el presente trabajo la mayor retribución económica se logró con T1 y T2, por su parte en un estudio realizado por Aldava (2017), sobre la evaluación de la densidad de cultivo del híbrido (*Piaractus brachipoma* × *Colossoma macropum*) “Pacotana” en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, obtuvo como resultado que la densidad de 2 peces/m<sup>2</sup> muestra una utilidad de S/ 2,18/kg y un valor económico 37,35 % en comparación con densidades de 3 y 1 pez/m<sup>2</sup>. Es necesario considerar que a mayor tiempo de crianza los costos de producción se van regulando con la densidad de siembra.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES**

1. Con relación al efecto de las densidades estudiadas sobre los índices zootécnicos, podemos concluir que para la ganancia de peso y el crecimiento los resultados no mostraron diferencia significativa. Esto indica que el efecto en la ganancia de peso y el crecimiento fueron similares en todos los tratamientos. El T2 presentó las mejores conversiones alimenticias debido a la densidad de siembra utilizada y el consumo de alimento en relación al T0 y T1.
2. Los tratamientos experimentales de densidad de siembra y la concentración de los parámetros físicoquímicos del agua, no tuvieron efectos negativos importantes, ya que no se generó mortandad de peces. Esto podría deberse a la gran capacidad de adaptabilidad de la especie a nuevos ambientes y a un suministro constante de entrada y salida de agua a los estanques de crianza.
3. La densidad que presentó mayor retribución económica fue el T2: S/0,853. Debido a la densidad de siembra usada. La implementación de diferentes densidades de siembra en el cultivo de pacos, supervisada de manera constante, se presenta como una opción viable para el crecimiento juvenil de estos peces. Esto se debe a que reduce los costos de producción y, al mismo tiempo, en un aumento de las ganancias económicas.

## **CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que, para futuras investigaciones sobre la densidad óptima de cultivo de pacos, los investigadores uniformicen sus muestras tomando en cuenta un peso promedio de 100 g. De esta manera, podrán obtener resultados significativos en las diferentes variables que se estudien.
2. Se recomienda utilizar espacios controlados y/o estanques de tierra separados para asignar las unidades experimentales en futuros trabajos, lo que facilitará una gestión más eficiente de los procesos de investigación.
3. Se sugiere que en futuras investigaciones se utilicen densidades de siembra mayores, tomando en consideración los resultados obtenidos en el presente estudio.

## REFERENCIAS

- Abad, D., Rincón, D. y Poleo, G. (2014). Índices de rendimiento corporal en morocoto *Piaractus brachipomus* cultivado en sistemas Biofloc. *Zootecnia Tropical*, 32(2), 119-130. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692014000200003&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692014000200003&lng=es&tlng=es).
- Acosta, R. y Farfán, A. (2015). *Policultivo en dos densidades de siembra de Piaractus brachipomus "PACO" y Oreochromis spp. (O. nilótica var. Stirling x O. aureus) "tilapia híbrida" en estques seminaturales* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. Repositorio institucional <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/834/BC-TES-3627.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Aldava, P. (2017). *Evaluación de la densidad de cultivo del híbrido (Piaractus brachipomus ♀ x Colossoma macropomum ♂) «Pacotana» en Sistema Semiintensivo en Selva Alta* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria De La Selva]. Repositorio institucional <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1192>.
- Amacifen, C. y Guevara, C. (2017). *Incidencia de la crianza de "Tilapia" Oreochromis niloticus en la calidad del agua y su impacto ambiental, en el distrito de Moyobamba* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional De San Martín]. Repositorio institucional <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2551/AMBIENTAL%20-%20Max%20henry%20Amacifen%20y%20Rosa%20V.%20Guevara.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Arenales, L. (2015). *Efecto de tres densidades de crianza en la fase de engorde de la gamitana (Colossoma macropomun) sobre los índices biométricos en estanques seminaturales en Pucallpa* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. Repositorio institucional. <https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f50f0664-1367-4303-91da-d8fbcecb1fc4/content>
- Balbuena, E. (2011). Manual Básico de Piscicultura para Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería, FAO. 50pp.
- Bauza, R. (2008). *Composición bromatológica de dos dietas preparadas con harina del camarón Macrobrachium sp y su influencia sobre el crecimiento y sobrevivencia de alevines de cachama (Colossoma macropomum)* [Tesis de pregrado, Universidad de Oriente Nucleo de Sucre]. Repositorio institucional. [http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2957/2/TESIS\\_RMBC--%5B00170%5D--%28ne%29.pdf](http://ri2.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/2957/2/TESIS_RMBC--%5B00170%5D--%28ne%29.pdf)

- Bocanegra, F. (2002). Cartilla de Acuicultura en la Amazonía. 3a ed. Iquitos, Perú. Edit. Pond Dynamics. pp 1 – 48. [https://aquaculture.oregonstate.edu/sites/aquaculture.oregonstate.edu/files/2022-05/cartilla\\_de\\_acuicultura\\_en\\_la\\_amazonia\\_2002.pdf](https://aquaculture.oregonstate.edu/sites/aquaculture.oregonstate.edu/files/2022-05/cartilla_de_acuicultura_en_la_amazonia_2002.pdf)
- Bouvier, J. y Campanella, O. H. (2014). Future Trends EN: Extrusion Processing Technology: Food and Non-Food Biomaterials [Tendencias futuras: Tecnología de procesamiento por extrusión: biomateriales alimentarios y no alimentarios]. Wiley-Blackwell.10(2). 504. [https://www.researchgate.net/publication/281709884\\_Extrusion\\_Processing\\_Technology\\_Food\\_and\\_Non-Food\\_Biomaterials](https://www.researchgate.net/publication/281709884_Extrusion_Processing_Technology_Food_and_Non-Food_Biomaterials)
- Cahuaza, O., (2020). *Evaluación de dos tipos de dieta y su efecto en los parámetros productivos y económicos del “paco” Piaractus brachypomus Cuvier* [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. Repositorio institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.14095/959>
- Campos, L. (2015). El Cultivo de la “Gamitana” en Latinoamérica. Perú, Iquitos: Gabriel Vargas Arana y Manuel Martín Brañas.
- Capuñay, L (2019). *Inclusión de harina de levadura de cerveza (Saccharomyces cerevisiae) en dietas de alevinos de paco (Piaractus brachypomus) criados bajo condiciones controladas en Pucallpa* [Tesis de maestría, Universidad Agraria De La Selva] <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1382>
- Carciofi, I. y Rossi, L (2021). Acuicultura en Argentina: red de actores, procesos de producción y espacios para el agregado de valor. En búsqueda del impulso exportador para los productos acuícolas. Documentos de Trabajo del CCE N° 13, Consejo para el Cambio Estructural - Ministerio de Desarrollo Productivo de la Nación. [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt\\_13\\_-\\_acuicultura.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/dt_13_-_acuicultura.pdf)
- Castillo, Q., Castillo, Q., Giraldo, R., Díaz, V., Chañi, P. y Muñoz, B. (2018). Efecto de dietas balanceadas con harina de semillas de copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en el crecimiento de Paco (*Piaractus brachypomus* Cuvier). *Livestock Research for Rural Development*. 30, (1) 17. <http://www.lrrd.org/lrrd30/1/larr30017.html>.
- Castro C. y Bustamante S. (2020). Densidades de carga en el crecimiento de alevinos de "paco" *Piaractus brachypomus*. Kimbiri - cusco, 2019. *Investigación e Innovación Ciencias Biológicas*, 28(1), 106–111. <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.28.1.2020.362>

- Cayturo, J. y Villaruel, V. (2017). *Influencia de la dieta balanceada con Espirulina (Arthrospira platensis) en el cultivo de Paco (Piaractus brachypomus) etapa de engorde* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios] Repositorio Institucional <http://hdl.handle.net/20.500.14070/685>
- Chirinos, N. (2015). *Efecto de dietas extruidas en base a torta de castaña (bertholletia excelsa) y fruto de camambú (theobroma bicolor), sobre los índices de crecimiento y zootécnicos en el cultivo de pacos juveniles (piaractus brachypomus), provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. Repositorio Universitario <http://hdl.handle.net/20.500.14070/68>
- Colquehuanca, E. (2015). *Efecto de diferentes niveles de dietas alimentarias en base a torta de sacha inchi (Plukenetia volubilis) en la alimentación de paco (Piaractus brachypomus) en la región Madre de Dios* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4046>.
- Copatti, C. E., Baldisserotto, B., Freitas-Souza, C. y Garcia, L. (2019). Protective effect of high hardness in pacu juveniles (*Piaractus mesopotamicus*) under acidic or alkaline pH: Biochemical and haematological variables [Efecto protector de la alta dureza en juveniles de pacú (*Piaractus mesopotamicus*) bajo pH ácido o alcalino: variables bioquímicas y hematológicas]. *Aquaculture*, 502, 250-257. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848618319495>
- Coral, C. (2022). *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* [tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio institucional <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7888>
- Cruz, E., Ruiz, P., Cota, E., Nieto, M., Guajardo, C., Tapia, M., Villarreal, D. y Ricque, D. (2006). Revisión sobre algunas características físicas y control de calidad de alimentos comerciales para camarones. [https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/VIII/archivos/21CruzSuarez.pdf](https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/21CruzSuarez.pdf)
- Cuan, J. A., Parada, S. L., Murillo, R. y Ramírez, J. A. (2021). Parámetros productivos del cultivo de cachama blanca *Piaractus orinoquensis*, en jaulas flotantes. *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*. 24 (2), 1-2. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.2068>.
- Deza, S., Quiroz, S., Rebaza, M. y Rebaza, C. (2002). Efecto De La Densidad De Siembra En El Crecimiento De Castillo (Cuvier, 1818) “Paco” En Estanques Seminaturales

De Pucallpa. *Folia amazónica*. 13 (1-2) – 2002. Disponible en:  
DOI <https://doi.org/10.24841/fa.v13i1-2.137>

EcoInteligencia. (2015). EcoInteligencia. Obtenido de EcoInteligencia:  
<http://www.ecointeligencia.com/2015/03/acuaponia-equilibrio-pec-es-tomates/>

Erazo, S. y Valles, C. (2010). *Determinación de condiciones de crecimiento para el manejo de cachama (Piaractus brachyomus), parroquia la belleza, provincia de orellana* [Tesis de pregrado, Universidad técnica del norte]. Repositorio institucional. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/116>

Flores, D., Zometa, G. y Bazán S. (2006). *Diseño de un sistema de costo detallado para la determinación razonable del costo unitario de producto de producción de las empresas del subsector acuícola* [Tesis de pregrado, Universidad Francisco Gavidia]. <https://docplayer.es/179474931-Universidad-franciscogavidia-facultad-de-ciencias-economicas-escuela-de-ciencias-empresariales.html>.

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero [FONDEPES]. (23 de noviembre de 2021a). Manual de cultivo de gamitana en ambientes convencionales. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2499354/Manual-de-Cultivo-de-Gamitana.pdf>.

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero [FONDEPES]. (23 de noviembre de 2021b). Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2496894/Manual-de-Cultivo-de-Trucha.pdf>.

Fresneda, G., Lenis, E., Agudelo, M. y Olivera-Angel. (2004). Espermiación inducida y crioconservación de semen de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 17, pp. 46 – 52.

Fundación Biodiversidad. (2016). Guía para periodistas sobre acuicultura. [https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/guia\\_periodistas\\_acuicultura\\_web.pdf](https://www.observatorio-acuicultura.es/sites/default/files/images/adjuntos/libros/guia_periodistas_acuicultura_web.pdf).

Gómez, E., (2014). Las relaciones longitud peso en algunos peces tropicales de acuario. *AquaTIC*, (41) 1-7.  
<http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/57>

- González, A., (2012). Uso y manejo de sedimentos provenientes de piscicultura como base para el manejo sostenible: revisión del tema. *Revista Ciencia Anima. 1* (5). 10 <https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1053&context=ca>.
- Granado, A., (2000). *Efecto de la densidad de cultivo sobre el crecimiento del morocoto, Piaractus brachypomus, CUVIER, 1818, (Pisces: Characiformes), Confinado en jaulas flotantes* [Tesis de pregrado, Universidad de Oriente, Venezuela]. [http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/570/1/EFEECTO\\_DE\\_LA\\_DENSIDAD-12-2.pdf](http://ri.bib.udo.edu.ve/bitstream/123456789/570/1/EFEECTO_DE_LA_DENSIDAD-12-2.pdf)
- Guarniz, S. (2014). *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* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4386>.
- Guerra, H., Saldaña, G., Tello, S. y Alcántara, F. (2006). *Cultivando Peces Amazónicos. Cultivo de Peces Nativos, una Opción de Desarrollo Sostenido en el Área de Influencia del Parque Nacional Río Abiseo. San Martín, Perú*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana 188 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/96>
- Hacienda (2017). Informes de cadena de valor - pesca y puertos pesqueros. Ministerio de Hacienda [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe\\_cadena\\_de\\_valor\\_pesca\\_y\\_puertos\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspe_cadena_de_valor_pesca_y_puertos_0.pdf)
- Halver, J.E. y Hardy, R.W. (2002). *Nutrition Fish*. En: Sargent, JR, Tocher, DR y Bell, G., Eds., *The Lipids*, 3.<sup>a</sup> edición, Academic Press, California, 182-246
- Hernández, L., Londoño, J., Hernández, K. y Torres, L. (2019). Los sistemas biofloc: Una estrategia eficiente en la producción acuícola. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14 (1), 70-99. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.6>.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación 6.aed. pp. 88 – 100. McGraw- Hill / Interamericana editores, S.A. de C.V. [https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia\\_de\\_la\\_investigacion\\_-\\_roberto\\_hernandez\\_sampieri.pdf](https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf)
- Hoyos, A. y Lainas, E. (2016). *Crecimiento de “pacotana” (Piaractus brachypomus ♂ x Colossoma macropomum ♀) cultivada en tres densidades de siembra, bajo la modalidad de policultivo con “tilapia híbrida” (Oreochromis aureus ♂ x Oreochromis niloticus ♀ var. Chitralada) en estanques seminaturales* [Tesis de

pregrado – Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]  
<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/774/BC-TES-5629.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Inga, J. (2021). *Crecimiento de alevinos de paco Piaractus brachypomus, criados en jaulas flotantes bajo diferentes densidades de siembra, lago Valencia, Madre de Dios, Perú* [tesis de pregrado – Universidad Nacional de la Amazonía Peruana] Repositorio institucional <https://hdl.handle.net/20.500.12737/7475>

IRD (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Instituto de Investigación para el Desarrollo). (2005). *Biología de las poblaciones de peces de la amazonía y piscicultura*. Iquitos (Perú): IIAP

López, J. y V. Lora (2013). *Policultivo en tres densidades de siembra de Colossoma macropomum “Gamitana” y Oreochromis spp. (O. niloticus Var. Stirling x O. aureus) “Tilapia híbrida” en un sistema intensivo* [tesis de pregrado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo] Lambayeque-Perú.

López, G. (2020). *Evaluación de un sistema acuapónico de pequeña escala, para la producción limpia de tilapia roja (Oreochromis sp), Cachama blanca (Piaractus brachypomus) y Rúgula (Eruca vesicaria sativa)* [Tesis de Pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37793/Lo%CC%81pezVottelerGretta2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Lujano, R. (2021). *Evaluación de las condiciones de cultivo de alevinos oncorhynchus mykiss “trucha arco iris” en estanques de concreto en los distritos de San Antón y Crucero* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17073>.

Martínez, C., Ross, L. G., y Verlhac, V. (2002). Densities and growth of the pacu *Piaractus brachypomus* in cages in the tropical region of Mexico [Densidades y crecimiento del pacú *Piaractus brachypomus* en jaulas en la región tropical de México]. *Aquaculture Research*, 33(8), 609-614.  
<http://www.scielo.org.ar/pdf/biocell/v30n1/v30n1a19.pdf>

Mejía, L., Molano, J., Hernández, C., y Acosta, J. (2015). Efecto de la densidad y tipo de alimento en el cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). *Agronomía Colombiana*, 33(2), 248-254.  
<https://www.redalyc.org/toc.oa?id=1803&numero=41167>

- Mejía, J., Velasco, Y. y López, J. (2016). Efecto de tres niveles de proteína sobre el crecimiento y la eficiencia alimentaria de juveniles de *Piaractus brachypomus* Cuvier, cultivados en un sistema de recirculación de agua. *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), 371-380. <https://www.udca.edu.co/wp-content/uploads/2018/01/revista-udca-actualidad-divulgacion-cientifica-2016-2.pdf>
- Meter, D. (2019). Introduccion a la acuicultura. Biblioteca Digital Wilson Popenoe. [https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2490/1/208986\\_0363%20-%20Copy.pdf](https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2490/1/208986_0363%20-%20Copy.pdf).
- Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2018). Especies cultivadas en el Perú. Despacho viceministerial de Pesquería – Dirección General de Acuicultura. Lima. <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/boletines/FI CHA S%20PRINCIPALES%20ESPECIES.pdf>
- Miranda, J. (2018). *Digestibilidad de nutrientes y determinación del requerimiento energético de juveniles de paco (Piaractus brachypomus)* [tesis de posgrado, Universidad Nacional Agraria La Molina] Repositorio institucional <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3994>
- Montalvo, L. (2019). *Manejo de la producción intensiva del “Paco” Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818) en el Centro de Reproducción de Peces Amazónicos Malanquiato, Echarate, La Convención - Cusco* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cuzco]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/3891>.
- Moura, G. Oliveira, M. Lanna, E. Junior, A. y Maciel, C. (2007). Desempenho e atividade de amilase em tilápias-do-nilos submetidas a diferentes temperaturas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42(11), 1609-1615. <https://www.scielo.br/pdf/pab/v42n11/v42n11a13.pdf>
- Morantes, F. (2023). *Implementación de infraestructura para la producción de Tambaqui (Piaractus Brachypomus), en la Central Iro De Abril, Municipio de Villa Tunari – Departamento de Cochabamba*. [tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Simón]. Repositorio digital universitario <http://hdl.handle.net/123456789/36415>
- Municipalidad Provincial de Atalaya [MPA]. (2007-2015). Plan de desarrollo concertado provincial. [https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/11781/PLAN\\_11781\\_Plan%20de%20Desarrollo%20Regional%20Concertado\\_2012.pdf](https://www.peru.gob.pe/docs/PLANES/11781/PLAN_11781_Plan%20de%20Desarrollo%20Regional%20Concertado_2012.pdf).

- Oliva, M., Medina, M., Uriarte, W. y Alvis, R (2021). Policultivo de paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) a diferentes densidades en la fase de engorde utilizando estanques circulares en Alto Saposoa - San Martín. *Agroproducción sustentable*, 5(3), 48-54. <http://dx.doi.org/10.25127/aps.20213.818>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1996). Cumbre Mundial de Alimentación. <https://www.fao.org/3/x2051s/x2051s00.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2014). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2014. <https://www.fao.org/3/a-i3720s.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2017). El futuro de la alimentación y la agricultura tendencias y desafíos. <http://www.fao.org/3/a-i6881s.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. <https://www.fao.org/3/I9540ES/i9540es.pdf>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. La sostenibilidad en acción. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- Orozco -Cardenas, M. L., Guevara, J. M., y Valencia, A. (2010). Efectos de la densidad de siembra en el cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) en un sistema de producción acuícola. *Revista Científica FCV-LUZ*, 20(1), 7-14.
- Peck, LL. S. Morley, S. A. Richard, R. y Clark, M. S. (2014). Acclimation and thermal tolerance in Antarctic marine ectotherms [Aclimatación y tolerancia térmica en ectotermos marinos antárticos]. *Journal of Experimental Biology*. 217(1), 16-22. <http://www.10.1242/jeb.08994>
- Pereyra, P. G. (2013). Tasa de alimentación y ajuste de cantidad de alimentación. *Guía Técnica "Piscicultura" AGROBANCO*. <https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/037-a-piscicultura.pdf>.
- Pacic, A. (2010). Cría de pacú en cautiverio. INTA. Centro Regional Chaco Formosa Estación Experimental Agropecuaria Sáenz Peña. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_cra\\_del\\_pacu.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_cra_del_pacu.pdf)

- Pilco, V. J. (2015). *Comportamiento productivo de dos densidades de siembra de Piaractus brachypomus "paco" en un sistema acuapónico superintensivo, en el IESPPB* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía]. Repositorio institucional. <http://repositorio.unia.edu.pe/handle/unia/109>.
- Poleo, G. (2011). Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 46. 429-437. Disponible en <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000400013>
- Quiroz, S. (2000). *Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de Piaractus brachypomus (Cuvier, 1818) "Paco", en estanques semi naturales de Pucallpa* [tesis de pregrado, universidad nacional de Trujillo] disponible en: <https://docplayer.es/51225968-Efecto-de-la-densidad-de-siembra-en-el-crecimiento-de-piaractus-brachypomus-cuvier-1818-paco-en-estanques-seminaturales-de-pucallpa-resumen.html>
- Ramírez, J., Roe, G., Sandoval, N. y Vicente, K. (2018). Sistema Nacional de Innovación en pesca y acuicultura Fundamentos y Propuestas 2017-2022. [Estudios de preinversión, Programa nacional de innovación en pesca y agricultura]. Repositorio institucional. <https://repositorio.pnipa.gob.pe/handle/20.500.12864/211>.
- Reátegui, A., Oliva P., Villegas P. y Vargas F. (2018). *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* [Tesis de grado, Universidad Privada de Pucallpa]. Repositorio institucional <https://doi.org/10.37292/riccva.v2i02.58>.
- Rebaza, C., Villafana, E., Rebaza, M. y Deza, S. (2000). Influencia De Tres Densidades De Siembra En El Crecimiento De *Piaractus brachypomus*. "Paco" En Segunda Fase De Alevinaje En Estanques Seminaturales. *Folia amazónica*. 13 (1-2) – 2002. Disponible en: DOI <https://doi.org/10.24841/fa.v13i1-2.142>
- Reyes, M.R. (2022). Evaluación de densidades de cultivo de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum*) bajo sistema RAS en la Amazonía Peruana. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, 1(1), e8. <https://doi.org/10.56926/repia.v1i1.8>
- Rivera, E., Sánchez, M., y Domínguez, H. (2018). pH como factor de crecimiento en plantas. *Revista De Iniciación Científica*, 4, 101-105. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1829>

- Rodríguez, G. H. y Anzola, E. E. (2021). La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/34940>
- Salinas Y. y Agudelo E. (2000). *Peces de importancia económica en la cuenca amazónica colombiana*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, SINCHI. Santafé de Bogota - Colombia. 140 p. <https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LIBRO%20PECES%20IMPORTANCIA%20ECONOMICA%20AMAZONAS%202000web.pdf>
- Sánchez, M. L. (2018). *La producción acuícola mediante la adición de concentrado de pescado en el alimento y de un probiótico (enzima) en el agua para el crecimiento y supervivencia del paco (*Piaractus brachyomus*, Cuvier, 1818)* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio universitario. <http://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/UNFV/2056/SANCHEZ%20MORA%20LAURA%20MILAGROS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sanguino, (2014). *Mejora de los estándares productivos del proceso de cultivo de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) en la fase de pre-cría en el departamento del Putumayo – Colombia a partir de la ingeniería de calidad utilizando el diseño de parámetros L8* [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Bolívar]. Repositorio institucional. <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/2975>.
- Sandoval V., Jiménez A., Rodríguez P., Guaje R., Ramírez M., y Medina R. (2020). Applying biofloc technology in the culture of juvenile of *Piaractus brachyomus* (Cuvier, 1818): Effects on zootechnical performance and water quality [Aplicación de la tecnología biofloc en el cultivo de juveniles de *Piaractus brachyomus* (Cuvier, 1818): efectos sobre el desempeño zootécnico y la calidad del agua]. *Aquaculture Research*, 51(9), 3865-3878. <https://doi.org/10.1111/are.14734>
- Santamaría, S. (2014). *Nutrición y alimentación de peces nativos*. [Monografía, Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2697>.
- Seoáñez, C. M. (2012). Manual de las aguas residuales industriales. [https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=4099](https://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=4099)
- Sorensen, M., A. (2012). Review of the effects of ingredient composition and processing conditions on the physical qualities of extruded high-energy fish feed as measured by prevailing methods [Revisión de los efectos de la composición de los ingredientes y las condiciones de procesamiento sobre las cualidades físicas de los alimentos para peces extruidos de alta energía, medidos con los métodos predominantes]. *Aquac.*

*Nutr.* 18, 233-248. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2095.2011.00924.x>

Sukardi, P., Prayogo, N., Winanto, T., Siregar, A., y Harisam, T. (2018). Nursery I: The effect of stocking density on the performance of glass eels, *Anguilla bicolor* in the biofloc system [Vivero I: El efecto de la densidad de población en el desempeño de angulas, *Anguilla bicolor* en el sistema biofloc]. *E3S Web of Conferences*, 47, 1-5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184702009>.

Uzcátegui, J., Méndez, X., Isea, F. y Parra, R. (2014). Evaluación de dietas con diferente contenido proteico sobre el desempeño productivo de alevines del híbrido Cachamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) en condiciones de cautiverio. *Revista Científica*, 24 (5), 458-465.

Vargas, J., (2023). *Aplicación de dos sistemas de aireación y tres densidades de siembra en la etapa de crecimiento en el cultivo de paco (piaractus brachypomus), provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas* [tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. Repositorio Universitario <https://hdl.handle.net/20.500.14077/3206>

Venou, B., Alexisa, M. N., Fountoulakia, E., Nengas, I., Apostolopouloub, M. y Castritsi-Cathariou, I. (2003). Effect of extrusion of wheat and corn on gilthead sea bream (*Sparus aurata*) growth, nutrient utilization efficiency, rates of gastric evacuation and digestive enzyme activities [Efecto de la extrusión de trigo y maíz sobre el crecimiento de la dorada (*Sparus aurata*), la eficiencia de utilización de nutrientes, las tasas de evacuación gástrica y las actividades de las enzimas digestivas]. *Aquaculture* 225. 207 – 223. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848603002904>

Vílchez, G. (2019). *Evaluación de tres niveles de inclusión de harina de subproducto avícola en dietas de acabado para peces paco (Piaractus brachypomus)* [ Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio universitario <https://hdl.handle.net/20.500.12996/4324>

Zavaleta, J. (2016). *Concentración letal media (Cl50) del cloruro de mercurio (HgCl2) sobre alevinos de gamitana Colossoma macropomum (cuvier, 1818) en ambientes controlados* [Tesis de pregrado, universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio institucional. [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3296/TESIS\\_Bach.\\_Javier\\_Zavaleta.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3296/TESIS_Bach._Javier_Zavaleta.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## TERMINOLOGÍA

**Aclimatación:** es el proceso de adaptación del estado fisiológico estacionario a otro estado bajo la influencia de factores ambientales (Peck *et al.*, 2014).

**Acuicultura:** es un medio adecuado para producir las plantas y/o animales en diferentes ambientes acuáticos (naturales o hechos por el hombre) (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2017).

**Alevino:** es un estado intermedio entre la eclosión de la larva y el estado juvenil de un pez (Campos, 2015). Pez de pequeña edad y tamaño, que se utiliza mayormente para colonizar estanques y ríos (Flores *et al.*, 2006).

**Alimento extruido:** producto que flota de acuerdo con la expansión de la masa (Venou *et al.*, 2003), cubre ciertos requisitos como tamaño, textura y densidad apropiadas (Bouvier y Campanella, 2014).

**Calidad de agua:** buen abastecimiento de agua, con la cantidad adecuada de acuerdo con la especie-objetivo (Balbuena, 2011). Está determinada por los valores de ciertos parámetros físicos y químicos (Guerra *et al.*, 2006).

**Estanque piscícola:** son estructuras que contienen agua y peces, generalmente construidas sobre el suelo a menudo con una alta tasa de intercambio de agua en una corriente continua y en un ambiente controlado (Fundación Biodiversidad, 2016).

**Ganancia de longitud:** es el crecimiento de longitud durante un periodo de prueba de un individuo (Halver y Hardy, 2002).

**Ganancia de peso:** se refiere al aumento de masa obtenido por un individuo en un periodo de tiempo determinado (Halver y Hardy, 2002).

**Longitud y peso:** es un rasgo individual que indica el estado nutricional de un ejemplar (Gómez, 2014).

**Piscicultura:** medio eficiente para producir alimento de alta calidad, que involucra la interacción entre agua y sedimento (González, 2012). El cultivo racional de peces, comprendiendo el control de su crecimiento y su reproducción (Carciofi y Rossi, 2021).

**Seguridad alimentaria:** acceso económico, social y físico a cantidades adecuadas de alimentos nutritivos e inocuos para satisfacer necesidades nutricionales, para una vida activa y saludable (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1996).

**Siembra de alevinos:** es el traslado de los alevinos, estandarizando sus pesos y tallas para depositarlos en los estanques según la densidad determinada (Reyes, 2022).

# APÉNDICES

## Apéndice 1

### *Peso y tara de alimentos*



## Apéndice 2

### *Medida de Oxigeno*



### Apéndice 3

#### *Alimentación de alevinos*



### Apéndice 4

#### *Proceso de captura para evaluación biométrica*



## Apéndice 5

### Evaluación biométrica



## Apéndice 6

### Alimento extrusado

Inicio 35 %

**AQUAflot** 3mm

Peso neto 25 kg

Ingredientes: Harina de pescado, torta de soya, harina de trigo, sub productos de cereales, torta de palmiste, aceite de pescado y vegetal, fosfato dicálcico, cloruro de colina, aminoácidos, enzimas, vitaminas, minerales, antifúngico y antioxidantes.

**AQUA INDUSTRIAS DEL ORIENTE SRL.**  
 RUC: 20603393369  
 Planta industrial: CFB Km. 12.4 Int. 600  
 PUCALLPA - UCAYALI  
 CEL: 969 081 186 - 949 801 986

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	
Proteína (Min)	35 %
Ceniza (Max)	10 %
Fibra (Max)	8.0 %
Grasa (Min)	4.4 %
Humedad (Max)	12 %

F. Producción
F. Vencimiento
Lote

Crecimiento 30 %

**AQUAflot** 6mm

Peso neto 25 kg

Ingredientes: Harina de pescado, torta de soya, harina de trigo, sub productos de cereales, torta de palmiste, aceite de pescado y vegetal, fosfato dicálcico, cloruro de colina, aminoácidos, enzimas, vitaminas, minerales, antifúngico y antioxidantes.

**AQUA INDUSTRIA DEL ORIENTE SRL.**  
 RUC: 20603393369  
 Planta industrial: CFB Km. 12.4 Int. 600  
 PUCALLPA - UCAYALI  
 CEL: 969 081 186 - 949 801 986

COMPOSICIÓN NUTRICIONAL	
Proteína (Min)	30 %
Ceniza (Max)	10 %
Fibra (Max)	8.0 %
Grasa (Min)	4.4 %
Humedad (Max)	12 %

F. Producción
F. Vencimiento: 6 meses
Lote

## Apéndice 7

### *Consumo de alimentos durante la fase experimental*

Tratamiento	Repetición	Días						Consumo total de alimento
		Oct	Oct	Nov	Nov	Dic	Dic	
T-0	R1	83,25	603,56	1207,13	1540,13	3121,88	5175,38	11731,31
	R2	83,25	1054,50	1054,50	4585,69	3676,88	3446,55	13901,36
	R3	83,25	1068,38	1318,13	4585,69	3711,56	4041,79	14808,79
	R4	83,25	832,50	999,00	5085,19	3676,88	3937,73	14614,54
T-1	R1	166,50	1554,00	1642,80	3085,80	5032,00	7636,80	19117,90
	R2	166,50	1391,20	1776,00	5128,20	7104,00	8288,00	23853,90
	R3	166,50	2545,60	2738,00	11085,20	8769,00	6668,88	31973,18
	R4	166,50	2264,40	2427,20	9600,76	8732,00	22806,80	45997,66
T-2	R1	249,75	1151,02	2258,61	3923,61	6370,43	8841,39	22794,82
	R2	249,75	2446,83	2446,83	6228,55	9193,70	9314,35	29879,99
	R3	249,75	2562,65	2808,78	5852,11	8686,96	9352,96	29513,21
	R4	249,75	2374,43	2562,65	6069,29	9266,09	9401,22	29923,43
Días de evaluación		15	30	45	60	75	90	

## Apéndice 8

Registro de Parámetros: T, pH, O.D., NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>3</sub>

		Parámetros: T, pH, O.D., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y NH <sub>3</sub>																					
		Meses																					
Tratamiento	Repeticiones	Oct						Oct						Nov									
		T	pH	O.D.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	T	pH	O.D.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	T	pH	O.D.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>				
T-0	R1	28,00	7,45	4,2	0	0	0,25	28,00	7,45	4,2	0	0	0,25	28,00	7,45	4,2	0	0	0				
	R2	28,00	7,51	4,2	0	0	0	28,00	7,51	4,2	0	0	0	28,00	7,51	4,2	0	0	0				
	R3	28,01	7,5	4,2	0	0	0	28,01	7,5	4,2	0	0	0	28,01	7,5	4,2	0	0	0				
	R4	28,00	7,4	4	0	0	0	28,00	7,4	4	0	0	0	28,00	7,4	4	0	0	0				
T-1	R1	28,00	7,45	4,2	0	0	0	28,00	7,45	4,2	0	0	0	28,00	7,45	4,2	0	0	0				
	R2	28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,5	4	0	0	0				
	R3	28,01	7,51	4	0	0	0	28,01	7,51	4	0	0	0	28,01	7,51	4	0	0	0				
	R4	28,00	7,4	4,2	0	0	0	28,00	7,4	4,2	0	0	0	28,00	7,4	4,2	0	0	0				
T-2	R1	28,00	7,45	4	0	0	0	28,00	7,45	4	0	0	0	28,00	7,45	4	0	0	0				
	R2	28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,5	4	0	0	0				
	R3	28,01	7,5	4	0	0	0	28,01	7,5	4	0	0	0	28,01	7,5	4	0	0	0				
	R4	28,00	7,49	4,2	0	0	0	28,00	7,49	4,2	0	0	0	28,00	7,49	4,2	0	0	0				
Días de eval.								15						30					45				

Registro de Parámetros: T, pH, O.D., NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> y NH<sub>3</sub> (Continuación)

Parámetros: T, pH, O.D., NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> y NH <sub>3</sub>																							
Meses																		PROMEDIO					
Nov						Dic						Dic											
T	pH	O.D.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	T	pH	O.D.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	T	pH	O.D.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>	T	pH	O.D.	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>3</sub>
28,00	7,45	4,2	0	0	0	28,00	7,45	4,2	0	0	0	28,00	7,45	4,2	0	0	0	28,00	7,45	4,20	0,00	0,00	0,08
28,00	7,51	4,2	0	0	0	28,00	7,51	4,2	0	0	0	28,00	7,51	4,2	0	0	0	28,00	7,51	4,20	0,00	0,00	0,00
28,01	7,5	4,2	0	0	0	28,01	7,5	4,2	0	0	0	28,01	7,5	4,2	0	0	0	28,01	7,50	4,20	0,00	0,00	0,00
28,00	7,4	4	0	0	0	28,00	7,4	4	0	0	0	28,00	7,4	4	0	0	0	28,00	7,40	4,00	0,00	0,00	0,00
28,00	7,45	4,2	0	0	0	28,00	7,45	4,2	0	0	0	28,00	7,45	4,2	0	0	0	28,00	7,45	4,20	0,00	0,00	0,00
28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,50	4,00	0,00	0,00	0,00
28,01	7,51	4	0	0	0	28,01	7,51	4	0	0	0	28,01	7,51	4	0	0	0	28,01	7,51	4,00	0,00	0,00	0,00
28,00	7,4	4,2	0	0	0	28,00	7,4	4,2	0	0	0	28,00	7,4	4,2	0	0	0	28,00	7,40	4,20	0,00	0,00	0,00
28,00	7,45	4	0	0	0	28,00	7,45	4	0	0	0	28,00	7,45	4	0	0	0	28,00	7,45	4,00	0,00	0,00	0,00
28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,5	4	0	0	0	28,00	7,50	4,00	0,00	0,00	0,00
28,01	7,5	4	0	0	0	28,01	7,5	4	0	0	0	28,01	7,5	4	0	0	0	28,01	7,50	4,00	0,00	0,00	0,00
28,00	7,49	4,2	0	0	0	28,00	7,49	4,2	0	0	0	28,00	7,49	4,2	0	0	0	28,00	7,49	4,20	0,00	0,00	0,00
					60						75						90						