

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS

FACULTAD DE CIENCIAS  
Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y Acuicultura



**DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE SUSTITUCIÓN DE  
POLVILLO DE ARROZ POR HARINA DE *Lemna minor* en dietas  
balanceadas PARA *Piaractus brachypomus* EN ALTO AMAZONAS**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO  
ACUÍCOLA**

**Autor:** Silvia Milagros Valles Torres

**Asesor:** Dr. Fred William Chu Koo

**Área de investigación:** Programa de manejo y conservación de  
ecosistemas acuáticos

**Yurimaguas-Perú**

2024

- I. **Propósito de trabajo de investigación:** Obtener el grado profesional de Biólogo Acuícola.
- II. **Autor:** Silvia Milagros Valles Torres
- III. **Asesor:** Dr. Fred William Chu Koo
- IV. **Lugar y año de sustentación:** Yurimaguas, 2024

## MDJ-02. DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Dr. Fred William Chu Koo de la Facultad de Ciencias, Programa de Estudios de Acuicultura, de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado : “DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE SUSTITUCIÓN DE POLVILLO DE ARROZ POR HARINA DE *Lemna minor* en dietas balanceadas PARA *Piaractus brachypomus* EN ALTO AMAZONAS”, constituye la memoria que presenta el Bachiller Silvia Milagros Valles Torres para aspirar al título de Profesional en Biólogo Acuícola Ha sido realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Yurimaguas, a los 01 Días del mes de diciembre Del año 2024.



---

FIRMA

Dr. Fred William Chu Koo

Asesor

DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE SUSTITUCIÓN DE POLVILLO DE ARROZ POR HARINA DE *Lemna minor* en dietas balanceadas PARA *Piaractus brachypomus* EN ALTO AMAZONAS.

## TESIS

Presentada para optar el título profesional de Biólogo Acuícola

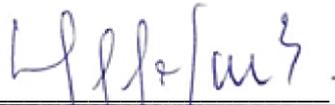
### JURADO CALIFICADOR



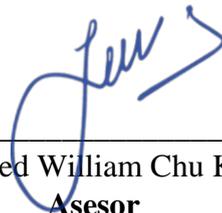
Dr. MAGNO ROSENDO  
REYES BEDRIÑANA  
Presidente



Mg. JUVENAL NAPUCHI  
LINARES  
Miembro



Dr. WILLIAM CELIS  
PINEDO Miembro



Dr. Fred William Chu Koo  
Asesor

Yurimaguas, 01 de Diciembre del 2024

## **V. Dedicatoria:**

El presente informe de tesis está dedicado a todos los interesados en el sector acuícola sobre todo a los del área de nutrición, de igual manera está dirigido principalmente a los piscicultores de la provincia de Alto Amazonas.

## **VI. Agradecimiento:**

Agradezco principalmente a Dios, a mis padres, hermanos y a todas las personas que hicieron posible la ejecución del presente proyecto de tesis, también a mí misma por ser constante y aplicada a lo largo de mi carrera universitaria. Esta tesis es un homenaje a todos aquellos que, directa o indirectamente, contribuyeron a mi crecimiento y formación profesional.

## RESUMEN

El objetivo principal del estudio fue determinar el nivel óptimo de sustitución del polvillo de arroz por la harina de *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*. Cuatro dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de *L. minor* (T0= 0%, T1= 25%, T2= 50% y T3= 100%), fueron formuladas y evaluadas por cuadruplicado en un ensayo de crecimiento de 75 días de duración dentro de 16 hapas de volumen útil de 2 m<sup>3</sup> cada una. Las dietas y sus respectivas réplicas fueron distribuidas siguiendo un diseño completamente al azar (DCA). Se emplearon 160 juveniles con peso promedio de 64 g y talla de 14 cm, los cuales fueron colocados en las hapas a una densidad de 5 peces/ m<sup>3</sup>, siendo alimentados con una tasa de 5% de la biomasa existente. Se utilizó ANOVA (P<0.05) para analizar los datos. Al final del experimento, no se registraron diferencias significativas (P>0.05) en los índices de crecimiento (GP, GT, TCE y GB), así como tampoco en los índices de asimilación alimenticia (CA y TCA) de los peces sujetos de estudio. Tampoco se detectaron diferencias significativas (P>0.05) en los índices de bienestar de los peces (K, TS e IHS) que pudiesen ser atribuidas a los niveles de sustitución dietaría evaluadas. De acuerdo a los resultados, se concluye que el desempeño productivo, la asimilación alimenticia y el estado de bienestar de los juveniles de *P. brachypomus* no se ve afectado por la sustitución parcial del polvillo de arroz y que, por lo tanto, la harina de *L. minor* puede reemplazar hasta en un 100% al polvillo de arroz en dietas balanceadas peletizadas para este pez. En otras palabras, es técnicamente posible reemplazar completamente el polvillo de arroz con la harina de *L. minor*, convirtiendo a este insumo como una alternativa alimenticia real para la piscicultura de pequeña escala en la Amazonía peruana.

**Palabras claves:** piscicultura, Amazonía, Perú, nutrición, macrófitas, dietas.

## ABSTRACT

The main goal of this study was to determine the optimal level of replacement of rice dust with *Lemna minor* flour in balanced diets for *Piaractus brachypomus*. Four diets containing different levels of replacement of rice dust with *L. minor* flour (T0= 0%, T1= 25%, T2= 50%, and T3= 100%), were formulated and evaluated in quadruplicate in a 75 days duration growth trial within 16 hapas with a useful volume of 2 m<sup>3</sup> each. The diets and their replicates were distributed following a completely randomized design (DCA). A total of 160 juveniles with an average weight of 64 g and size of 14 cm were used, which were placed in 16 hapas at a density of 5 fish/m<sup>3</sup>, being fed at a rate of 5% of the existing biomass. ANOVA (P<0.05) was used to analyze the data. At the end of the experiment, no significant differences (P>0.05) were recorded in the growth indices (GP, GT, TCE, and GB), as well as in the food assimilation indices (CA and TCA) of the fish subject to the study. Nor were any significant differences detected (P>0.05) in the fish welfare indices (K, TS, and IHS) that could be attributed to the dietary replacement levels evaluated. According to the results, it is concluded that the productive performance, nutritional assimilation, and the state of well-being of the juveniles of *P. brachypomus* are not affected by the partial replacement of rice dust and that, therefore, rice flour *L. minor* can replace up to 100% of rice dust in balanced pelleted diets for this fish. In other words, it is technically possible to completely replace rice dust with *L. minor* flour, making this input a real food alternative for small-scale fish farming of *P. brachypomus* in the Peruvian Amazon.

**Keywords:** fish farming, Amazon, Peru, nutrition, macrophytes, diets.

## INDICE

INTRODUCCIÓN .....	7
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	8
1.1. Identificación y determinación.....	8
1.2. Delimitación de la investigación.....	9
1.3. Formulación del Problema.....	10
1.3.1. Problema General.....	10
1.3.2. Problemas Específicos .....	10
1.4. Objetivos de la investigación.....	10
1.3.3. Objetivo General.....	10
1.3.4. Objetivos Específicos.....	10
1.5. Justificación de la investigación .....	11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	12
2.1. Antecedentes del estudio.....	12
2.2. Bases teóricas – científicas .....	17
2.3. Definición de términos básicos .....	20
2.4. Formulación de hipótesis .....	21
2.5. Identificación de variables .....	21
2.6. Operacionalización de variables .....	24
CAPÍTULO III: MÉTODOLÓGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	25
3.1. Tipo de investigación.....	25
3.2. Nivel de Investigación .....	25
3.3. Métodos de investigación .....	25
3.4. Diseño de investigación.....	28
3.5. Población y Muestra .....	28
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	29
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	29
3.8. Tratamiento estadístico.....	29
3.9. Orientación ética filosófica y epistemología .....	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
4.1. Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio.....	31
4.2. Presentación, análisis.....	31
CONCLUSIONES .....	46
RECOMENDACIONES.....	47
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS .....	51

## INTRODUCCIÓN

La industria acuícola nacional enfrenta el desafío constante de encontrar fuentes de alimento sostenibles y económicamente viables para especies de interés comercial como el paco, *Piaractus brachypomus*. En este contexto, la búsqueda de alternativas alimenticias que mantengan la salud y el crecimiento óptimo de los peces se vuelve cada vez más necesaria (FAO, 2022). Entre estas alternativas, se ha explorado la posibilidad de incorporar la harina de lenteja de agua, *Lemna minor*, en las dietas para peces, dada su amplia disponibilidad y potencial nutricional. Por ello, determinar el nivel óptimo de sustitución de estos ingredientes sin comprometer el rendimiento productivo de los peces es esencial para garantizar la viabilidad de esta práctica.

La presente investigación se centra en la determinación del nivel óptimo de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*. Se abordarán aspectos claves relacionados con el crecimiento, asimilación alimenticia e índices de bienestar, con el fin de proporcionar información relevante para la formulación de dietas que promuevan el desarrollo adecuado de esta especie en condiciones de cultivo.

Este estudio no solo contribuirá al conocimiento científico sobre la nutrición y alimentación, sino que también podría tener implicaciones prácticas significativas para la industria acuícola, al ofrecer una alternativa más sostenible y económica en la producción de alimentos para peces.

# CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Identificación y determinación

La acuicultura es el cultivo de recursos hidrobiológicos tales como peces, crustáceos, moluscos, algas, etc. (Varas & Varas, 2021). Según Berger, (2020) la acuicultura peruana requiere el desarrollo de nuevas oportunidades dentro del marco de sostenibilidad, diversidad y competitividad. Por tal motivo, es fundamental la aplicación de alternativas que contribuyan al desarrollo sostenible, principalmente para reducir el costo de la alimentación en los cultivos acuícolas. En ese sentido, utilizar insumos vegetales alternativos locales y abundantes como la macrófita acuática *Lemna minor*, para la elaboración de dietas balanceadas de peces nativos amazónicos omnívoros puede ser una opción válida por la capacidad fisiológica de estos peces para asimilar nutrientes de origen vegetal.

Dentro de los peces omnívoros nativos de la cuenca amazónica de importancia acuícola se destaca el paco *Piaractus brachipomus*, una especie con alta demanda comercial (Tafur Gonzales et al., 2009), la misma que según estadísticas del Ministerio de Producción PRODUCE, (2021) es la especie amazónica cultivada más importante del país con 2695 toneladas cosechadas en el 2021, triplicando la cosecha de gamitana (852 t) y es 6.4 veces la producción de sábalo (420 t) en el mismo periodo de tiempo.

La *Lemna minor* es una planta acuática que cuenta con diversos beneficios nutricionales sobre todo su aporte de hasta 17.4% de proteína que puede ser utilizado en la acuicultura como alimento o incluso filtrador de aguas contaminadas (Arrillaga & Arredondo, 2017). Si bien es cierto en la provincia de Alto Amazonas no es aprovechada por los piscicultores ya que es considerada como plaga debido a que llega a cubrir todo el cuerpo de agua de los estanques, conllevando a reducir el oxígeno disuelto del agua afectando el cultivo

de los recursos hidrobiológicos (Aphrodyanti et al., 2022). Por esto, se requiere de mayor número de estudios que señalen su aporte energético y productividad, mejorando la percepción que tienen los piscicultores de Yurimaguas sobre este vegetal a causa del desconocimiento que tienen de su uso práctico, minimizando con esto su importancia para fines de alimentación de los peces nativos amazónicos (Tripathi et al., 2010). Además, Naseem et al. (2021) indica que a nivel mundial el costo de alimento para especies hidrobiológicas se incrementa paulatinamente debido a la creciente demanda de insumos esenciales como el aceite y la harina de pescado.

En el Perú existen escasos estudios relacionados al uso de la *Lemna minor* como insumo alimenticio en dietas para peces, debido a la falsa percepción que tienen los piscicultores por ser considerado una maleza con nulo aporte nutricional (Val & de Oliveira, 2021). Esto tiene como consecuencia una baja rentabilidad de los piscicultores locales conllevando a una pérdida de oportunidades para generar mayores ganancias en la producción acuícola de la provincia de Alto Amazonas.

## 1.2. Delimitación de la investigación

Por lo mencionado durante todo el planteamiento, se realizó una investigación cuyo objetivo central fue la sustitución de un insumo tradicional (polvillo de arroz) por la harina de *Lemna minor*, evaluando sus efectos en el desempeño productivo, asimilación alimenticia y estado de bienestar del paco bajo condiciones experimentales.

### 1.3. Formulación del Problema.

#### 1.3.1. Problema General

¿Cuál será el nivel óptimo de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*?

#### 1.3.2. Problemas Específicos

- ✓ ¿Cuál será el porcentaje de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* que produzca los mejores índices de crecimiento en *Piaractus brachypomus*?
- ✓ ¿Cuál será el porcentaje de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* que produzca los mejores índices de asimilación alimenticia en *Piaractus brachypomus*?
- ✓ ¿Cuál será el porcentaje de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* que produzca los mejores índices de bienestar en *Piaractus brachypomus*?

### 1.4. Objetivos de la investigación.

#### 1.3.3. Objetivo General

Determinar el nivel óptimo de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*

#### 1.3.4. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el porcentaje de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* que produzca los mejores índices de crecimiento en *Piaractus brachypomus*.
- ✓ Determinar el porcentaje de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* que produzca los mejores índices de asimilación alimenticia en *Piaractus brachypomus*.

- ✓ Determinar el porcentaje de sustitución de polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* que produzca los mejores índices de bienestar en *Piaractus brachypomus*.

## 1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo de investigación surge debido al escaso aprovechamiento de las macrófitas acuáticas en general, como alimento para peces cultivados a causa del limitado conocimiento de sus bondades nutricionales y las pocas experiencias del uso práctico de estos vegetales en acuicultura. Por tanto, consideramos qué estudiar el efecto de la harina de *Lemna minor* en la alimentación de peces amazónicos significa una alternativa interesante ya que es una planta acuática que ha sido usada como alimento en otros animales, contribuyendo a la reducción del costo de producción.

En ese sentido, la investigación que se propone buscará reemplazar el polvillo de arroz por la harina de *L. minor*, pues en las operaciones acuícolas de pequeña escala, la alimentación puede llegar a representar en un 60% los costos totales de producción (Gabriel et al., 2018), además es fácil de encontrar a este vegetal en los lagos y estanques de la provincia de Alto Amazonas e incluso puede ser cultivada debido a su rápida proliferación (Qian et al., 2022). Por ende, tiene como justificación social que contribuirá a que el número de piscicultores aumente en correlación a la producción acuícola ofreciendo un producto orgánico proveniente de la economía circular es decir con menor impacto negativo al ambiente (Roberto & Morocho, 2018). Asimismo, el *Piaractus brachypomus* es una especie de alta demanda comercial que no depende únicamente de la harina de pescado en su dieta pues en su hábitat natural también se alimenta de frutos y semillas (Anupama et al., 2021).

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del estudio

En un estudio realizado por Bello & Cuello (2023), se investigaron los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de la proteína y materia seca de la lenteja de agua incluida en la dieta para gamitana (*Colossoma macropomum*), así como los efectos del rendimiento productivo en la etapa de alevín. Utilizando un método indirecto con el marcador inerte óxido crómico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), se recolectaron las heces mediante sifoneo para estimar los coeficientes de digestibilidad. El estudio contó con la participación de 136 alevinos, los cuales fueron distribuidos al azar en acuarios con una capacidad de 27 litros, en grupos de 17 alevinos por acuario. Se evaluaron dos dietas experimentales: una dieta referencia compuesta por harinas de pescado, yuca, soya y  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , y una dieta prueba que incluía un porcentaje de harinas de la dieta referencia y el ingrediente prueba, la harina de lenteja de agua. Los resultados obtenidos durante la fase experimental mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en los parámetros de crecimiento entre los tratamientos, sin embargo, se observaron mayores rendimientos productivos con la dieta que incluía la harina de lenteja de agua. Además, se obtuvieron altos valores de CDA para la materia seca y proteína de la lenteja de agua, lo que sugiere una buena digestibilidad de este ingrediente por parte de la cachama negra.

Goswami et al. (2022) estudiaron el efecto de las dietas suplementadas con *Lemna minor* sobre el crecimiento, la fisiología digestiva y la expresión de genes de biosíntesis de ácidos grasos de carpa común, *Cyprinus carpio*. Los autores emplearon cuatro dietas con distintos niveles de lenteja de agua (5%, 10%, 15% 20%) más una dieta control que no contenía *L. minor*. Los resultados determinaron que el peso final y la tasa de crecimiento específico fueron significativamente más altos en las dietas con 15% y 20%, mientras que la tasa de conversión alimenticia fue mínima en la dieta alimentada con 20% de *L. minor*. Asimismo, se encontró

una relación directa entre el nivel de inclusión de *L. minor* a la dieta y el contenido de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (LC-PUFA) n-3 de la carpa. Concluyeron que la inclusión de *L. minor* en la dieta mejoró el valor nutricional de la carpa al incrementar el contenido de proteínas, lípidos, aminoácidos y PUFA n-3.

Aslam et al. (2021) compararon el efecto de *L. minor* y *Glycine max* en los parámetros hematológicos de *Ctenopharyngodon idella* y *Hypophthalmichthys molitrix* criados en sistemas de monocultivo y policultivo por un periodo de 90 días. Los autores utilizaron dietas prácticas de 35% de proteínas que contenían F<sub>GM</sub> (pienso con 21% *G. max*) y F<sub>LM</sub> (pienso con un 21% de *L. minor*) como fuentes de proteína. Los resultados obtenidos indicaron que el reemplazo completo de *G. max* por *L. minor* aumentó significativamente el valor de los parámetros hematológicos y el nivel de glucosa en los alevines grandes de *C. idella* cuando se criaron con *H. molitrix*. Sin embargo, obtuvieron resultados contrarios con los alevines grandes de *H. molitrix* cuando se criaron por separado. Concluyeron que el contenido de proteína total en el músculo de los alevines grandes y pequeños de *C. idella* alimentados con F<sub>LM</sub> tanto en el sistema de monocultivo como en el de policultivo fue estadísticamente ( $P < 0.05$ ) mayor en comparación con los peces alimentados con F<sub>GM</sub> dieta. La misma tendencia apareció en el hígado, el cerebro y las branquias, mientras que el hígado mostró un aumento significativamente mayor ( $P < 0.05$ ) en el contenido total de proteínas en ambas especies, en comparación con otros tejidos.

Naseem et al. (2021) realizaron una extensa revisión bibliográfica para constatar si se puede reemplazar a la harina de pescado con macrófitas y de ese modo, reducir el costo de los alimentos. Los investigadores consideraron los estudios realizados con las siguientes plantas acuáticas; *L. minor*, *Azolla*, *Salvinia*, *Pistia stratiotes* y *Eichornia crassipes*. Los resultados indicaron que, sí se puede utilizar diversas macrófitas para la dieta de peces, pero teniendo en cuenta su régimen alimenticio pues se obtuvo mejores resultados con las especies omnívoras y

herbívoras. Concluyeron, que el alimento representa el 60-70% de gasto en la actividad acuícola por ende es factible realizar más investigaciones empleando macrófitas como sustitución de insumos para dietas de peces.

Cipriani et al. (2021) evaluaron el efecto de la ingesta voluntaria de lenteja de agua (*L. minor*) sobre el crecimiento y desempeño productivo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) criada en un sistema de recirculación (RAS). En su metodología aplicaron el diseño completamente al azar con dos tratamientos y siete repeticiones. Los juveniles de tilapia del Nilo con pesos entre  $21,95 \pm 0,22$  g se aclimataron en 14 tanques con una densidad de 10 peces por tanque, todos los peces fueron alimentados diariamente con una dieta comercial extruida (32% PB), tres veces al día hasta saciedad aparente. Los resultados de esta investigación muestran que los juveniles de tilapia del Nilo cultivados en un RAS pueden ingerir voluntariamente hasta el 0,5% del peso vivo en *Lemna* fresca sin efectos sobre el crecimiento y el rendimiento productivo. La cantidad de *Lemna* consumida disminuyó con el tiempo, de 0,5 a 0,2% del peso corporal. Asimismo, Los peces que estuvieron expuestos a *Lemna* consumieron menos alimento en la primera semana del experimento, pero dicha reducción se compensó con el tiempo sin impacto en el consumo total de alimento.

Fatmawati et al. (2021) evaluaron la influencia del polvo *Pistia stratiotes* en el índice de rendimiento y el perfil de glóbulos rojos del pato Magelang macho. Los autores emplearon 100 patos con 4 semanas de edad y tres tratamientos con los siguientes porcentajes T1: 6%, T2:12% y T3:18%. Los resultados obtenidos indicaron que el tratamiento 3 (18%) aumentó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) el índice de rendimiento (PI) a comparación de los demás, También el polvo de *Pistia* influyó en la cantidad de eritrocitos, hemoglobina, el nivel de hematocrito, MCV y MCHC, mientras que en el MCH disminuyó significativamente ( $P < 0.05$ ). Concluyeron que el polvo de *Pistia* con inclusión de 18% en la ración puede aumentar el índice de rendimiento sin alterar en los glóbulos rojos del pato Magelang macho.

Herawati et al. (2020) determinaron el rendimiento del crecimiento y calidad nutricional del alimento para tilapia en diferentes formulaciones usando diferentes cantidades de harina de *L. minor*. La investigación fue de tipo experimental donde utilizaron un diseño completamente al azar con un tratamiento testigo 0% (A), y tres tratamientos o con harina fermentada de *L. minor*: 2,5% (B), 5% (C) y 7,5% (D). Los resultados que obtuvieron indicaron que la harina fermentada de *L. minor* tiene un efecto significativo ( $P < 0,05$ ) sobre el consumo total de alimento, la eficiencia de alimento, el índice de eficiencia proteica y la tasa de crecimiento relativo, mientras que en la tasa de sobrevivencia no hubo un efecto significativo ( $P > 0,05$ ). Concluyeron que la inclusión de harina de *L. minor* en un 2.5% tiende a brindar mejor resultado en la formulación de alimento.

Sonta & Batorska (2019) ejecutaron una revisión sobre el uso de lenteja de agua (*Lemna minor* L.) en ganadería sostenible, producción y acuicultura, con el objetivo de utilizar la macrófita acuática *L. minor* en la acuicultura y la ganadería sostenible, obteniendo como resultado que es una planta rica en proteínas, aminoácidos, vitaminas y carotenoides, que a pesar de tener como limitante que absorbe metales pesados, puede ser utilizada en la alimentación de animales como aves de corral, ganado y peces, aumentando sus biomasa o ganancia de peso.

Méndez-Martínez et al. (2019) evaluaron el efecto de cuatro niveles de inclusión dietaria (0, 10, 20 y 30 %) de harina de helecho acuático (*Azolla filiculoides*) sobre los indicadores de crecimiento y supervivencia de 120 alevines de tilapia roja híbrida (*Oreochromis mossambicus*.. Los resultados indican que hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en el crecimiento y sobrevivencia a excepción del tratamiento sin *A. filiculoides*. Los investigadores concluyeron que la macrófita evaluada tiene una composición química y aminoacídica adecuada y que puede ser utilizada en la alimentación de tilapia roja, hasta en 10 % de inclusión en la dieta.

Blanco et al. (2018) realizaron un estudio cuyo objetivo fue evaluar el desempeño zootécnico y calidad de agua en fase de alevinaje de *Piaractus brachypomus* alimentados con niveles crecientes de inclusión dietaria de harina de *Lemna minor* (T1=0, T2=10, y T3=20%). Los autores recolectaron *L. minor* de los pozos de producción piscícola de la Universidad Cooperativa de Colombia sede Arauca, donde fue secada de forma natural por un periodo de 72 horas. Utilizaron 270 alevines de *P. brachypomus* que fueron distribuidos en nueve unidades experimentales (3 tratamientos y 3 repeticiones) y alimentados por 45 días. Los resultados del experimento indican que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Concluyeron que esta planta acuática posee características para ser usado como suplemento alimenticio en *Piaractus brachypomus*.

## 2.2. Bases teóricas – científicas

### 2.1.1. *Piaractus brachypomus*

#### **Cuadro 1**

*Taxonomía Piaractus brachypomus (Cuvier,1818)*

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	Actinopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Characidae
Subfamilia	Serrasalminae
Género	<i>Piaractus</i>
Especie	<i>Piaractus brachypomus</i>

*Fuente:* (Salinas-Coy & Agudelo-Córdoba, 2000)

#### Características morfológicas

El paco es un pez de cuerpo romboidal que en las etapas de juvenil y adulto presentan una mancha oscura en el opérculo y tonalidades de rojo en la parte baja de su abdomen. Es un pez nativo de la cuenca amazónica que puede crecer hasta los 85 cm de longitud total y pesar hasta 20 kg. Alcanza la madurez sexual a los 5 años, se reproduce artificialmente por medio de inducción hormonal y en cada desove puede producir hasta 100 000 óvulos por kg de peso (IIAP, 2000).

#### Distribución geográfica

El paco, *Piaractus brachypomus* posee una extensa distribución en Sudamérica, hallándose principalmente en Bolivia, Brasil, Colombia, Perú y Venezuela. En la Amazonía

peruana fue registrada ocurriendo naturalmente en los departamentos de Loreto, Ucayali y Madre de Dios (García et al., 2018).

### Alimentación

El paco es una especie de régimen omnívoro, con tendencia a la herbivoría en estado adulto. La dieta de *P. brachypomus* varía durante sus distintas etapas de su ciclo de vida. Por ejemplo, en los primeros estadios larvales se alimentan de plancton, mientras que los juveniles y adultos basan la mayor parte de su dieta en frutos y semillas (Castillo, 2020).

### Importancia económica

Su importancia radica en que es un pez tradicionalmente presente en la mesa de los consumidores amazónicos, por lo que es bastante apreciado en los mercados locales. Su cultivo en cautiverio ha contribuido a que las familias dedicadas a esta actividad puedan generar ingresos económicos por medio de la venta de pescado fresco proveniente de la acuicultura siendo una especie reconocida por su resistencia al manipuleo, buen crecimiento y su adaptación a varios tipos de alimentos en cautiverio (Mesa & Botero, 2007).

### Lemna minor

*Lemna minor* es una macrófita abundante en la naturaleza, especialmente en cuerpos de agua lenticos, con un alto contenido de nutrientes, tales como 23,47% de proteína bruta, 3,99% de grasa bruta, 29,92% de fibra bruta y 19,02% de material de extracto libre de nitrógeno (Pinandoyo et al., 2019).

### Características generales

Es una angiosperma de la familia *Lemnaceae*. Posee una estructura taloide ya que no se logra diferenciar entre sus tallos y hojas, esta última son planas y verdes con una raíz delgada de color blanco, su tamaño alcanza entre los 2 a 4 mm de longitud y 2mm de ancho.

Su reproducción generalmente es asexual por gemación. No obstante, se puede encontrar plantas agregadas formando grupos desde 2 a 4 individuos (Salazar et al., 2004).

#### Distribución geográfica

*L. minor* se encuentra principalmente en agua dulce como charcos, ciénagas, lagos; distribuida universalmente en los siguientes continentes América, Europa, Asia, Oceanía debido a que es una macrófita con rápido crecimiento en zonas tropicales y subtropicales de preferencia lagunas (Salazar et al., 2004).

#### Hábitat

Esta macrófita puede desarrollarse en un rango amplio de temperatura que oscila entre los 5° a 30° C, teniendo un crecimiento óptimo con temperaturas entre los 15° y 18°C. Asimismo, logra adaptarse a cualquier nivel de iluminación, con un pH entre 4.5 y 7.5, crece rápidamente en zonas calmadas con altos niveles de nitrógeno y fosfato. No obstante, la presencia abundante de hierro puede limitar su desarrollo (Keddy, 1976).

#### **Cuadro 2**

##### *Análisis de varias especies de macrófitas acuáticas flotantes*

<i>Lemna minor</i>	Por ciento en base seca
Humedad	80.4
Proteína	17.4
Grasa	0.7
Fibra	19.7

*Fuente:* Arrillaga & Arredondo (2017).

### 2.3. Definición de términos básicos

1. **Acuicultura:** Es el cultivo de recursos hidrobiológicos tales como peces, crustáceos, moluscos, algas entre otros (Ramírez et al., 2018).
2. **Calidad nutricional:** Se define como la capacidad de reponer los nutrientes necesarios para diversas funciones y demandas metabólicas, productivas que tiene el ser vivo en cada etapa de su vida (Zavala, 2011).
3. **Extrusado:** Es el producto que se obtiene por el proceso mecánico de extrusión, consiste en hacer pasar el grano por una cámara donde se incrementa la temperatura por fricción provocada por un tornillo.
4. **Harina:** Es el polvo que se obtiene de un insumo al ser molido.
5. **Impacto Ambiental:** Es la alteración o modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza la cual puede ser positiva o negativa.
6. **Nutrientes:** Son compuestos químicos que los seres vivos requieren para su funcionamiento.
7. **Macrófita:** Se denomina así a todas las plantas acuáticas.
8. **Sostenibilidad:** Es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer al de las futuras generaciones, garantizando el equilibrio entre los factores económicos, sociales y ambientales (Gallopín, 2003).
9. **Seguridad Alimentaria:** Es la disponibilidad suficiente de alimentos, para adquirir, producir o consumir alimentos sanos con adecuados requerimientos nutricionales (Chagua et al., 2019).
10. **Parámetros:** Son los factores físicos y químicos que permiten controlar la calidad del agua tales como Temperatura, Salinidad, turbidez, oxígeno disuelto, potencial de hidrogeno (pH), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), alcalinidad, dureza, compuestos nitrogenados y fosfato (Ramírez et al., 2018).

**11. Polvillo de arroz:** Subproducto rico en almidones, proteínas y grasas utilizado para la elaboración de alimento balanceado (Ruiz et al., 2005).

## 2.4. Formulación de hipótesis

### 2.4.1. Hipótesis general

La harina de *Lemna minor* sustituye adecuadamente el aporte energético del polvillo de arroz en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable independiente

Nivel de sustitución:

El nivel de sustitución se define a cierta cantidad que se reemplazará un insumo por otro con similares resultados o propiedades nutricionales. En este caso la sustitución 17 de polvillo de arroz será de manera parcial y total por la harina de *Lemna minor*. Esta variable es carácter independiente y cuantitativa por su relación en el estudio.

### 2.5.2. Variable dependiente

Esta investigación contará con las siguientes variables dependientes, los cuales se evaluará su eficiencia en cada uno de los tratamientos experimentales:

- a) Índices de Crecimiento (Tasa de crecimiento específico (TCE), ganancia en talla (GT), y ganancia de peso (GP)).
  - b) Índices de asimilación alimenticia (Consumo de alimento (CA), conversión alimenticia aparente (CAA)).
  - c) Índices de bienestar (Factor de condición (FC), tasa de sobrevivencia (S) e índice hepatosomático (IHS).
- Ganancia de peso (GP)

La ganancia de peso se determinó por diferencia entre los pesos cada 25 días; por otro lado, la ganancia de peso acumulada será la diferencia entre el peso final y peso inicial, mediante la relación:

$$GP = \textit{peso promedio final} - \textit{peso promedio inicial}$$

- Ganancia de Talla (GT)

La ganancia de talla se determinó por diferencia entre los pesos cada 25 días; por otro lado, la ganancia de talla acumulada es la diferencia entre la talla final y talla inicial, mediante la relación:

$$GT = \textit{talla promedio final} - \textit{talla promedio inicial}$$

- Crecimiento Específico (TCE)

La Tasa de Crecimiento Específico expresará el porcentaje de crecimiento en relación con el peso (gramos) diario de los peces.

$$TCE = 100 (\text{Ln}W_{\text{final}} - \text{Ln}W_{\text{inicial}}) / t$$

Donde:  $W_{\text{final}}$  = Peso final  $W_{\text{inicial}}$  =

Peso inicial

$t$  = período experimental (días)

- Conversión Alimenticia Aparente (CAA)

La Conversión Alimenticia Aparente expresa la cantidad de alimento (en Kg) necesario para obtener 1 Kg de carne del pez en cultivo. Este parámetro permitirá determinar la efectividad de los alimentos suministrados. Se calculará de la siguiente manera:

$$K = \frac{W}{L^3} \cdot A$$

Biomasa ganada

- **Factor de condición**

El factor de condición es una medida utilizada para evaluar la salud y el estado físico de los peces. En este estudio, el factor de condición se calculó utilizando la relación entre el peso corporal y la longitud estándar de los ejemplares de *Piaractus brachypomus*. Se empleó la fórmula del factor de condición de Fulton:

$$F = \frac{W}{L^3}$$

- **Sobrevivencia (S)**

La Sobrevivencia expresará el porcentaje de individuos vivos, al finalizar un experimento o cultivo.

$$S = 100 \times \frac{\text{Peces cosechados}}{\text{peces sembrados}}$$

- **Índice hepatosomático (IHS)**

El índice hepatosomático viene ser el peso del hígado expresado como porcentaje del peso corporal total, se calcula estableciendo la relación existente entre el peso del hígado y el peso total, expresado en porcentaje (López et al., 2012).

$$IHS = 100 \cdot \frac{PH(g)}{PT(g)}$$

Donde:

- IHS: índice hepatosomático

- PH: Peso hígado(g)
- PT: Peso total(g)

## 2.6. Operacionalización de variables

### Cuadro 3

Operacionalización de variables para el estudio del desempeño productivo de *Piaractus brachypomus*.

Variable	Tipo de variable	Categorización/ Dimensión	Definición Operacional	Indicador	Nivel de medición	Unidad de medida
Nivel de sustitución	Independiente	Aditivo	Sustitución total o parcial de polvillo de arroz por harina de <i>Lemna minor</i> , dietas balanceadas para la alimentación de <i>Piaractus brachypomus</i> , optimizando el desempeño productivo.	0% 25% 50% 100%	Cualitativa	%
Desempeño productivo	Dependiente	Tasa de crecimiento específico	Está determinada por la diferencia de talla final y talla de siembra entre el tiempo de cultivo.	Ganancia de peso	Cuantitativa	%
		Ganancia de talla.	Es la talla adquirida en toda la etapa de cultivo	Aumento de tamaño	Cuantitativa	Cm
		Ganancia de peso.	Es el peso adquirido en todo el cultivo.	Aumento de peso	Cuantitativa	G
		Eficiencia proteica	Es el aumento de peso adquirido en una etapa evaluada por medio de la ingesta de nutrientes.	Aumento de peso en relación a cantidad de nutrientes	Cuantitativa	%
		Factor de condición	Comparación de “condición” o “bienestar” de una población basándose en peces de mayor tamaño, a una determinada longitud presenta mejor condición.	Relación talla - peso	Cuantitativa	%
		Conversión alimenticia aparente	Cantidad de alimento suministrado traducido en biomasa.	Proporción de alimento convertido en biomasa	Cuantitativa	Kg
		Tasa de sobrevivencia	Está determinada por el número de peces vivos al final de una etapa de cultivo, entre el número de peces al inicio.	Número de individuos vivos.	Cuantitativa	%

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III: METODOLOGIA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación del presente estudio fue experimental.

### **3.2. Nivel de Investigación**

El nivel de investigación de esta investigación es aplicado porque se centra en resolver problemas prácticos y específicos utilizando conocimientos teóricos y metodologías científicas para obtener resultados útiles y aplicables en un contexto real.

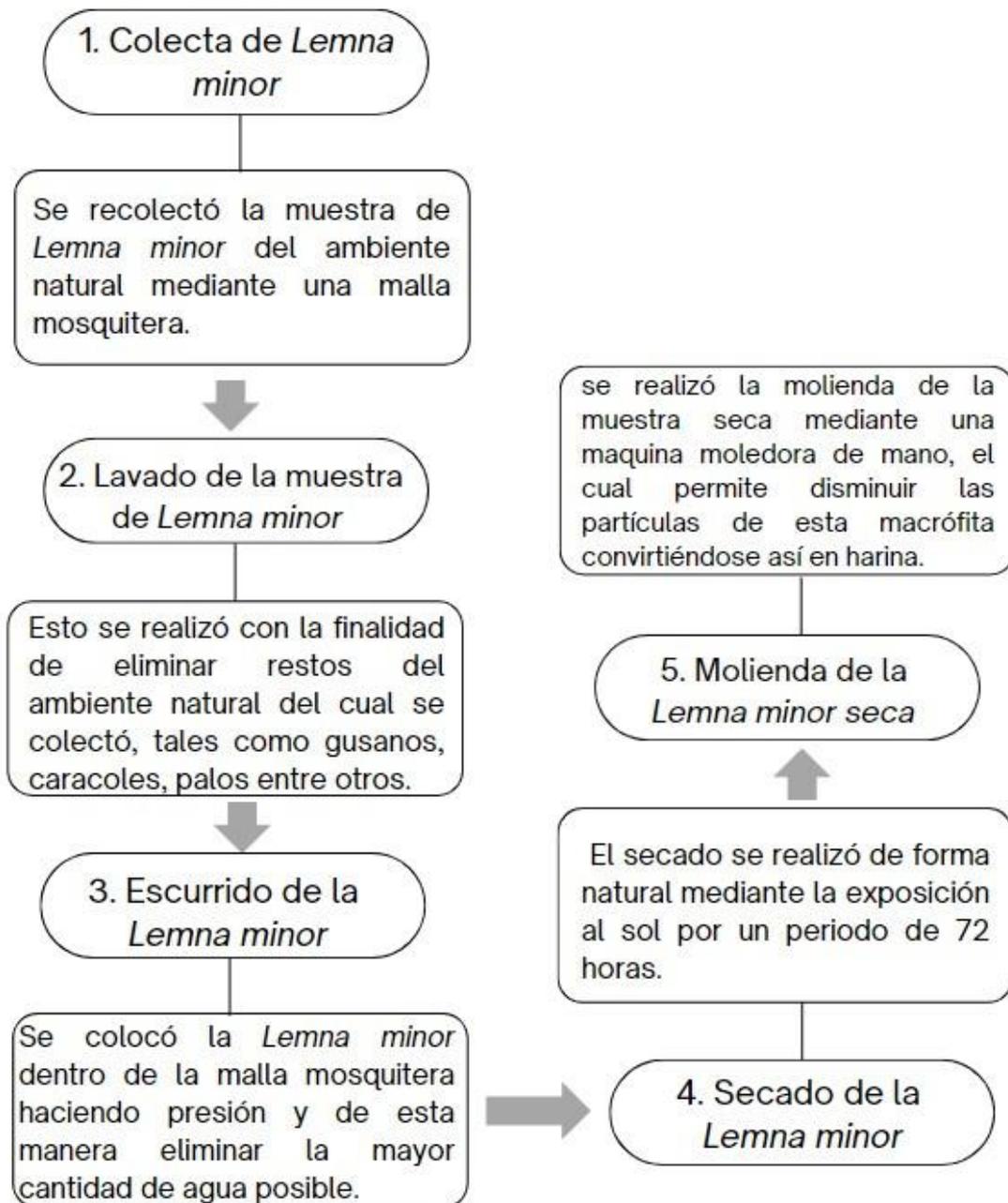
### **3.3. Métodos de investigación**

#### **3.3.1. Ubicación geográfica del área de estudio.**

El presente estudio se realizó en el fundo “El Gavilán”, situado geográficamente entre las coordenadas UTM 18 M 369618 E y 9347395 S, a una altitud de 146 m.s.n.m.1 a la altura del Km 7 de la carretera Yurimaguas-Munichis, Loreto, Perú.

### 3.3.2. Metodología para la obtención de harina de *Lemna minor*

#### 3.3.2.1. Flujograma 1: Elaboración de harina de *Lemna minor*



Fuente: Elaboración propia

### 3.3.3. Dietas experimentales

Para la formulación de la dieta control se utilizó insumos tradicionales tales como harina de pescado, torta de soya, harina de maíz, polvillo de arroz y minerales como el premix, carbonato de calcio entre otros. Por otro lado, para la elaboración de los demás tratamientos se añadió el insumo experimental de harina de *Lemna minor* a los insumos mencionados (T1 = 25% de harina de *Lemna minor* y 75% de polvillo de arroz, T2 = 50% de harina de *Lemna minor* y 50% de polvillo de arroz y T3= 100% harina de *Lemna minor*).

**Tabla 1**

*Composición porcentual de la formulación de las dietas experimentales.*

INSUMOS USADOS	TESTIGO	T1-25	T2-50	T3-100
	%	%	%	%
Harina de lentejita de agua	0.00	7.50	15.00	30.00
Harina de maíz amarillo duro	16.00	14.90	14.80	13.00
Polvillo de arroz	30.00	22.50	15.00	0.00
Harina de Pescado FAQ	15.00	15.10	15.00	15.50
Torta de Soya	24.90	25.40	26.80	28.20
Moyuelo de Trigo	12.20	12.70	11.00	10.00
Aceite de Palma	0.50	0.50	1.00	1.90
Carbonato de Calcio	0.50	0.50	0.50	0.50
Sal Marina	0.51	0.51	0.51	0.51
Premix Vitaminico – Mineral	0.15	0.15	0.15	0.15
Cloruro de Colina al 60%	0.12	0.12	0.12	0.12
BHT	0.02	0.02	0.02	0.02
Fungiban	0.10	0.10	0.10	0.10
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Proteína bruta (%)</b>	<b>27.32</b>	<b>27.29</b>	<b>27.29</b>	<b>27.31</b>

*Fuente:* Programa de formulación de dietas económicas Zootech versión 3.0

#### 3.3.4. Alimentación

Los peces fueron alimentados dos veces al día en horarios de 8:00am y 17:30pm, con una tasa de alimentación inicial del 5%. Los reajustes de alimento se realizaron después de cada muestreo biométrico por un periodo de 75 días.

#### 3.3.5. Calidad de agua

El monitoreo de los parámetros físico-químicos tales como temperatura, oxígeno y conductividad se realizó mediante el multiparámetro Az 86031 cada 15 días. Por otro lado, para medir el amonio, nitritos y nitratos se empleó un Kit de prueba de calidad de agua con rangos para acuicultura de agua dulce, dicha medición se realizó cada 25 días.

### 3.4. Diseño de investigación

El diseño de investigación es experimental por ende se aplicó el diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos y 4 repeticiones (T0: 0%, T1: 25%, T2: 50%, T3: 100%), donde uno será el tratamiento testigo o dieta control.

Ración Base (Control)

Ración Base + inclusión de harina de *Lemna minor*

### 3.5. Población y Muestra

La población que se utilizó fue de 160 alevines de *Piaractus brachypomus* con peso promedio de 64 g y talla de 14 cm los cuales fueron distribuidos en 16 hapas a una densidad de 5 peces x m<sup>3</sup>. La muestra constituyó de toda la población y se realizó el muestreo biométrico cada 25 días para reajustar las raciones diarias de alimentación y evaluar la ganancia de peso y talla.

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de medición fueron una ficha de campo para registrar los datos obtenidos del muestreo biométrico, el cual se realizó cada 25 días. También, se empleó de una ficha de control de raciones diarias donde se registró la cantidad de alimento suministrado.

### 3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos colectados fueron ordenados y almacenados en hoja Excel versión 2021 para su posterior análisis. Se utilizó el software estadístico SPSS versión 23 (Marca IBM) para obtener la media y desviación estándar de cada parámetro registrado. Asimismo, se realizó pruebas de mediciones para monitorear los siguientes parámetros de calidad de agua: Temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitritos y nitratos, con un intervalo de confianza del 95%. Los resultados de los parámetros biométricos fueron analizados y procesados mediante una prueba ANOVA, previo a esto se verificó que los datos cumplan las presunciones de normalidad y homogeneidad de varianzas.

### 3.8. Tratamiento estadístico

Se realizó a través de la aplicación de las técnicas mencionadas anteriormente, también se hizo un análisis descriptivo, donde se comparan las medias y desviación estándar de cada variable por tratamiento (nivel de sustitución) evaluada.

### 3.9. Orientación ética filosófica y epistemología

#### 3.9.1. Ética filosófica

En el desarrollo de esta investigación, se siguieron los principios éticos fundamentales, incluyendo el respeto por la dignidad y el bienestar de los organismos vivos utilizados en el estudio, en este caso; los juveniles de *P. brachypomus*, la integridad académica, la

transparencia en la presentación de los resultados y la confidencialidad de la información. Se utilizó el método de sacrificio por inmersión en hielo para evitar el sufrimiento y estrés del animal.

### 3.9.2. Ética epistemológica

El enfoque epistemológico de esta investigación se basa en una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos para obtener una comprensión holística de los efectos de la sustitución de polvillo de arroz por harina de *L. minor* en dietas de *P. brachypomus*. Se reconoce la naturaleza compleja y contextual del conocimiento generado en este estudio, que depende tanto de la evidencia empírica como de la interpretación contextualizada de los resultados.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio

#### 4.1.1. Trabajo de campo

Se realizó en tres etapas principales las cuales fueron: preparación de las dietas experimentales, realización del ensayo de alimentación donde se registraron datos diarios sobre el consumo de alimento y comportamiento de los peces. El análisis de los resultados obtenidos, utilizando métodos apropiados para determinar la influencia del nivel de sustitución de polvillo de arroz por harina de *L. minor* en los parámetros estudiados.

#### 4.1.2. Trabajo de Laboratorio

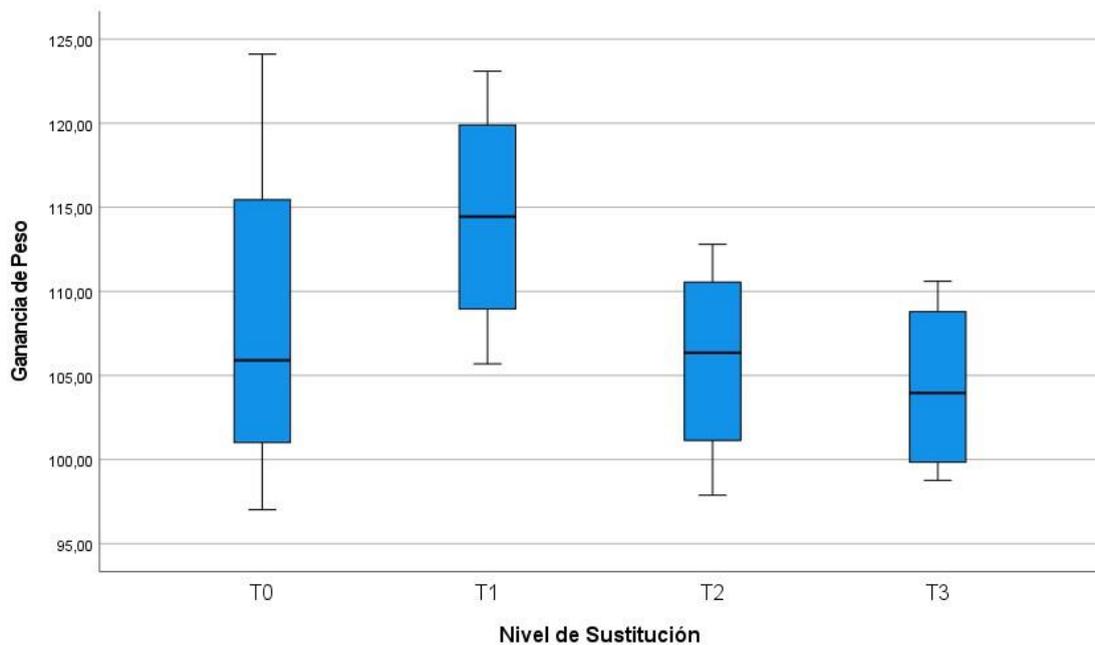
Al finalizar el período de alimentación, se procedió a la toma de muestras biológicas de los peces para su análisis posterior. Se extrajeron muestras de tres peces al azar por hapa, es decir doce peces por tratamiento para evaluar los efectos de las dietas experimentales en el índice hepatosomático del *P. brachypomus*.

### 4.2. Presentación, análisis

En esta sección, se presentan los resultados de los parámetros evaluados.

#### 4.2.1. Ganancia de peso.

La Figura 1, muestra la ganancia de peso promedio de los ejemplares de *P. brachypomus* alimentados con las diferentes dietas experimentales a lo largo del período de estudio. Cada punto en la gráfica representa la media de la ganancia de peso en un intervalo, mientras que las barras de error indican la desviación estándar. Donde aparentemente el tratamiento 1 con 25% de sustitución tiene mejores resultados con una ganancia de 114.43 g a diferencia de los demás tratamientos.

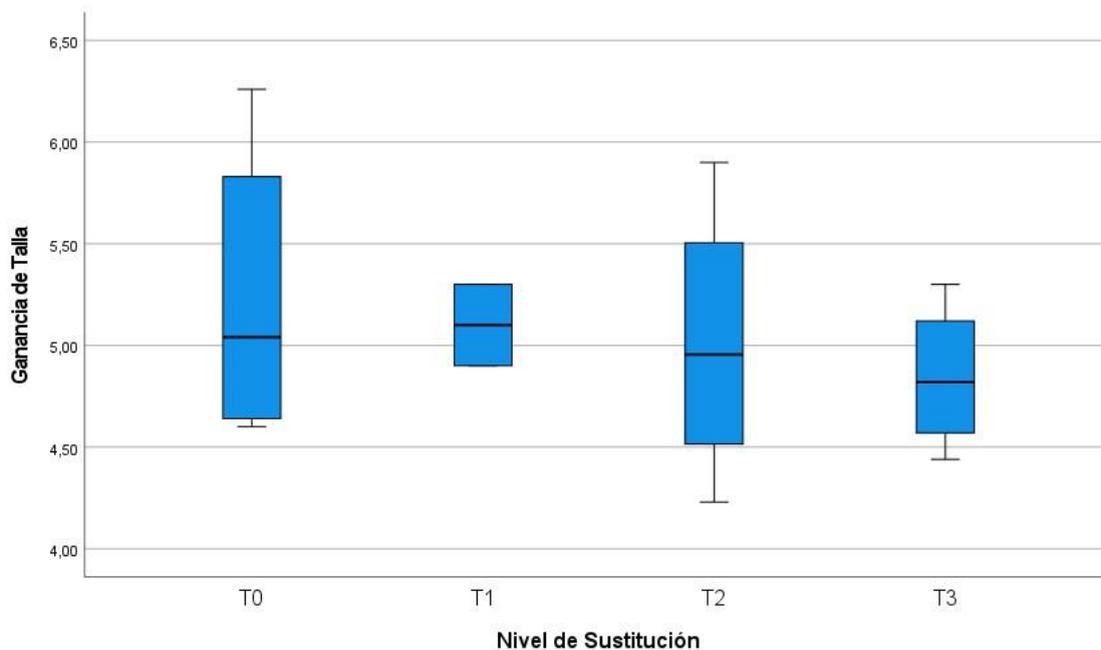


**Figura 1.**

*Media y desviación estándar de la ganancia de peso (g) obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.2. Ganancia de talla

En la ganancia de talla, se observa que aparentemente el tratamiento testigo tiene mayor ganancia de peso con 5.24 cm a comparación de los demás tratamientos que tuvieron 5.1 cm, 5.01 cm y 4.48 respectivamente. Es importante señalar que, aunque se observan diferencias en la ganancia de talla no se evidenció diferencias significativas en los tratamientos.

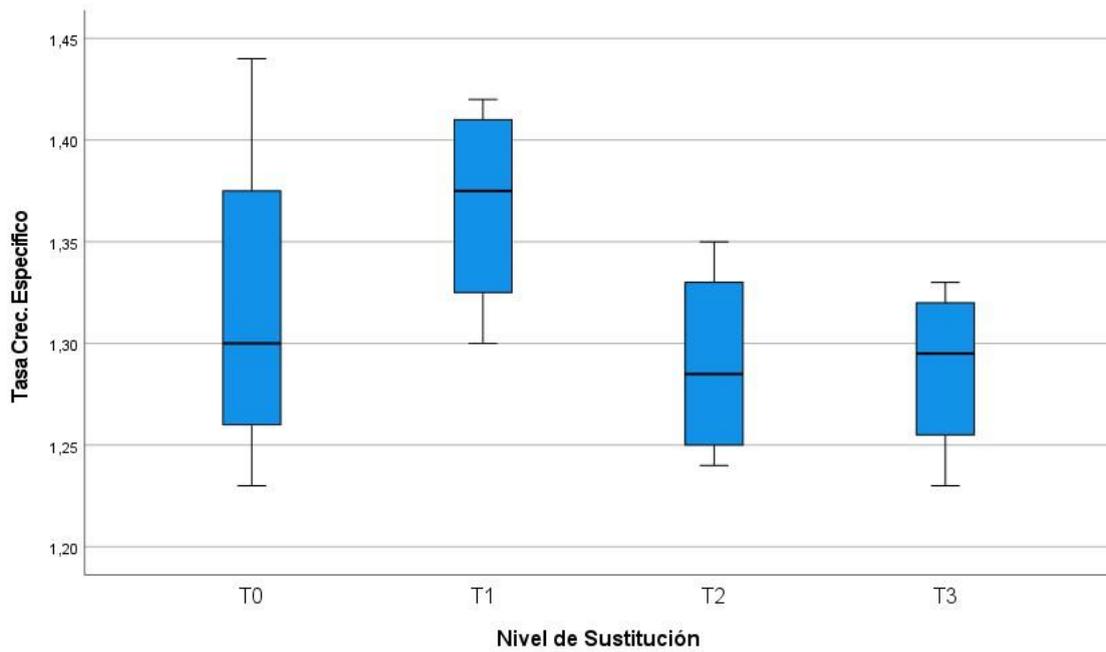


**Figura 2.**

*Media y desviación estándar de la ganancia de talla (cm) obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.3. Tasa de crecimiento específico

El tratamiento 1 registró una mayor tasa de crecimiento específico en *P. brachypomus* con un promedio de 1.37, obteniéndose de igual manera valores cercanos en el tratamiento testigo con 1.31, mientras que el tratamiento 2 y 3 tuvieron un promedio de 1.29 tal como se evidencia en la figura 3. Es importante señalar que, aunque se observan diferencias aparentes en la TCE, el ANOVA no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos.

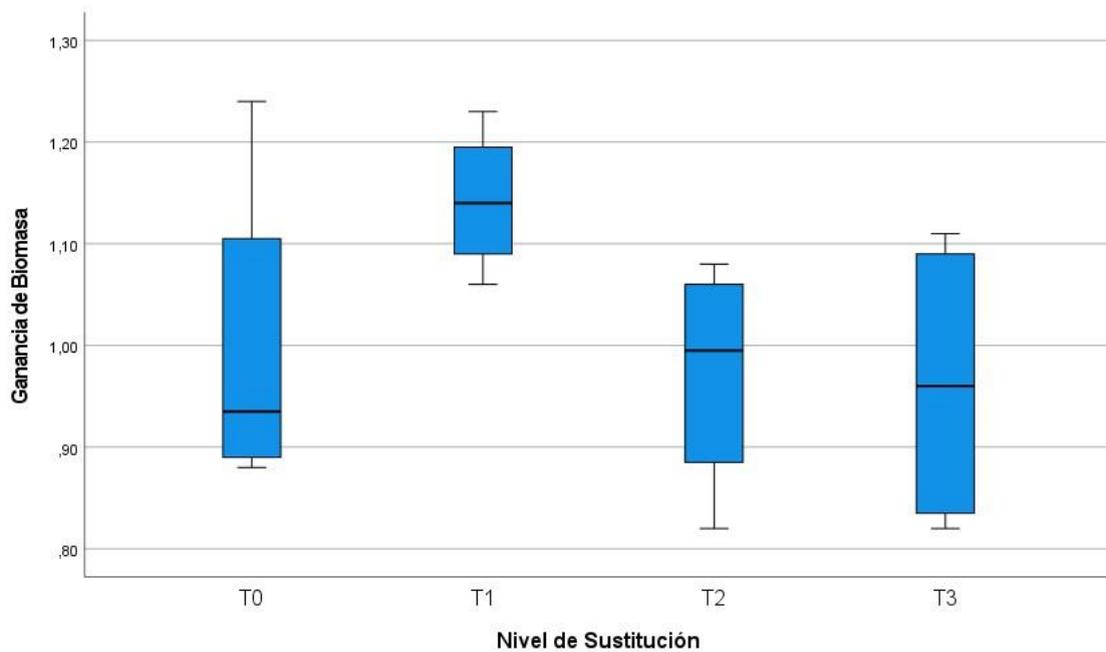


**Figura 3.**

*Media y desviación estándar de la tasa de crecimiento específico (% g/día) obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.4. Ganancia de biomasa

El tratamiento 1 tiene una mayor ganancia de biomasa con un promedio de 1.14 kg, seguido del tratamiento testigo con 0.99 kg. No obstante, el ANOVA no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos.

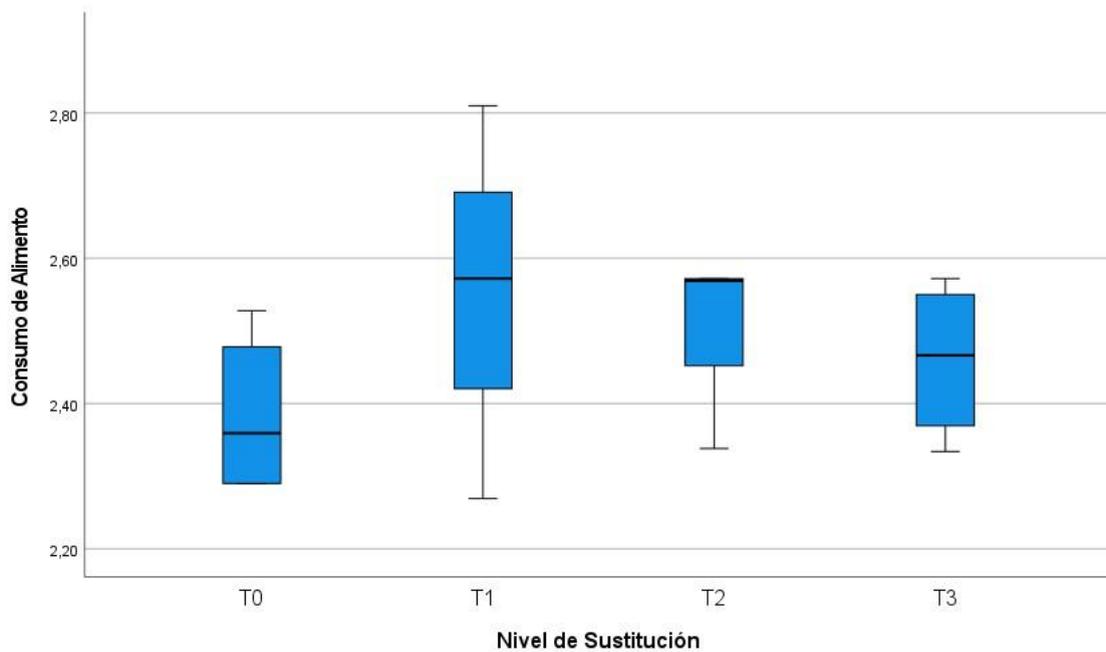


**Figura 4.**

*Media y desviación estándar de la ganancia de biomasa (kg) obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.5. Consumo de alimento

La Figura 5, muestra el consumo de alimento promedio de los ejemplares de *P. brachypomus* alimentados con las diferentes dietas experimentales a lo largo del período de estudio. Cada punto en la gráfica representa la media del consumo de alimento en un intervalo, mientras que las barras de error indican la desviación estándar. Donde el T1 tiene mayor consumo de alimento con 2.56 kg, seguido del T2 con 2.51 kg y el T3 con 2.46 kg, mientras que el tratamiento testigo tiene un valor de 2.38 kg. No obstante, no se evidenció diferencias significativas en los tratamientos según el ANOVA realizado.

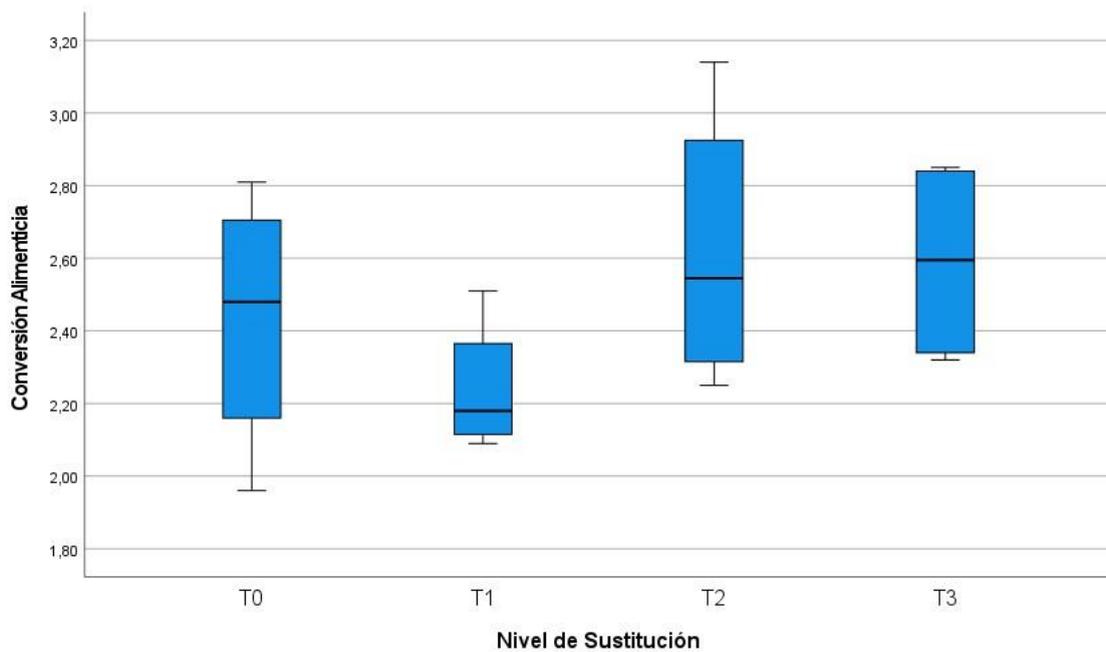


**Figura 5.**

*Media y desviación estándar del consumo de alimento (kg) obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.6. Conversión alimenticia aparente

La figura 6 representa el consumo de alimento aparente durante el periodo del estudio, donde el tratamiento 1 con 25% de sustitución de polvillo de arroz por harina de *L. minor* tiene mejor resultado ya que se requiere de 2.24 kg para generar 1 kg de carne, por otro lado, el T0 tiene como valor 2.43 kg, mientras que los tratamientos 2 y 3 con 50% y 100% de sustitución fue de 2.62 kg y 2.59 respectivamente. Es importante señalar que, aunque se observan diferencias aparentes en el consumo de alimento, el ANOVA no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos.

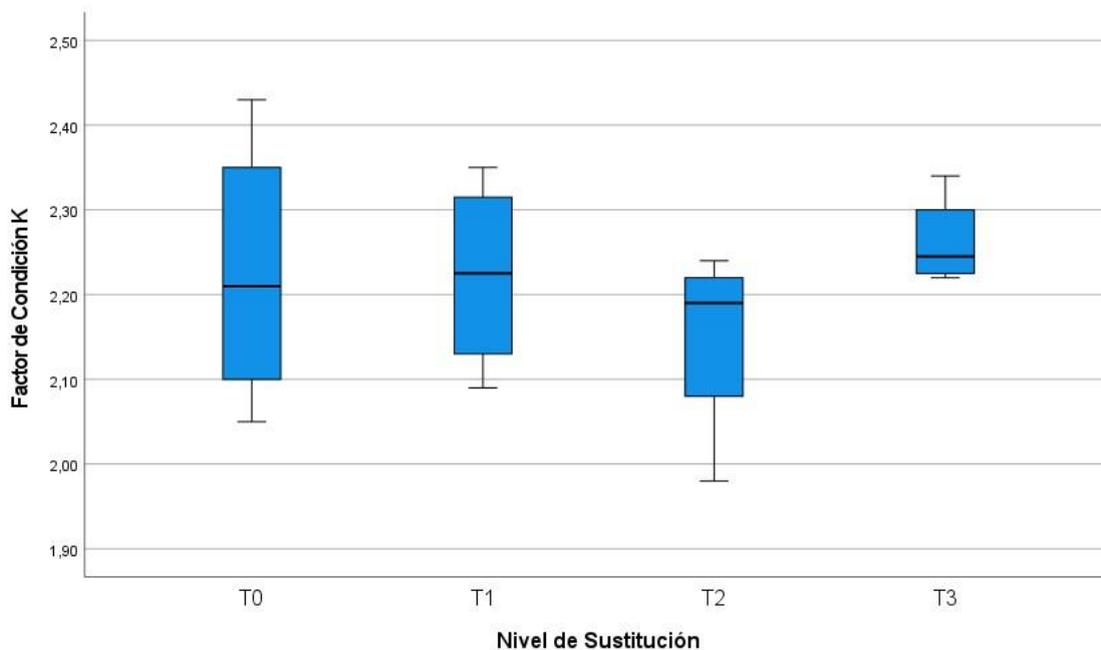


**Figura 6.**

*Media y desviación estándar de la conversión alimenticia aparente obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.7. Factor de condición

Los valores del factor de condición obtenidos se compararon entre los grupos alimentados con las diferentes dietas experimentales para identificar cualquier diferencia significativa en el estado físico de los peces. En la figura 7, se muestra los valores obtenidos por tratamiento donde el tratamiento 2 con un 50% de sustitución tiene un valor de 2.15, seguido del tratamiento 1 (25%) con 2.22. El tratamiento 3 con 2.26 y el tratamiento testigo con 2.23. Sin embargo, no existió diferencias significativas en esta variable según el ANOVA realizado.



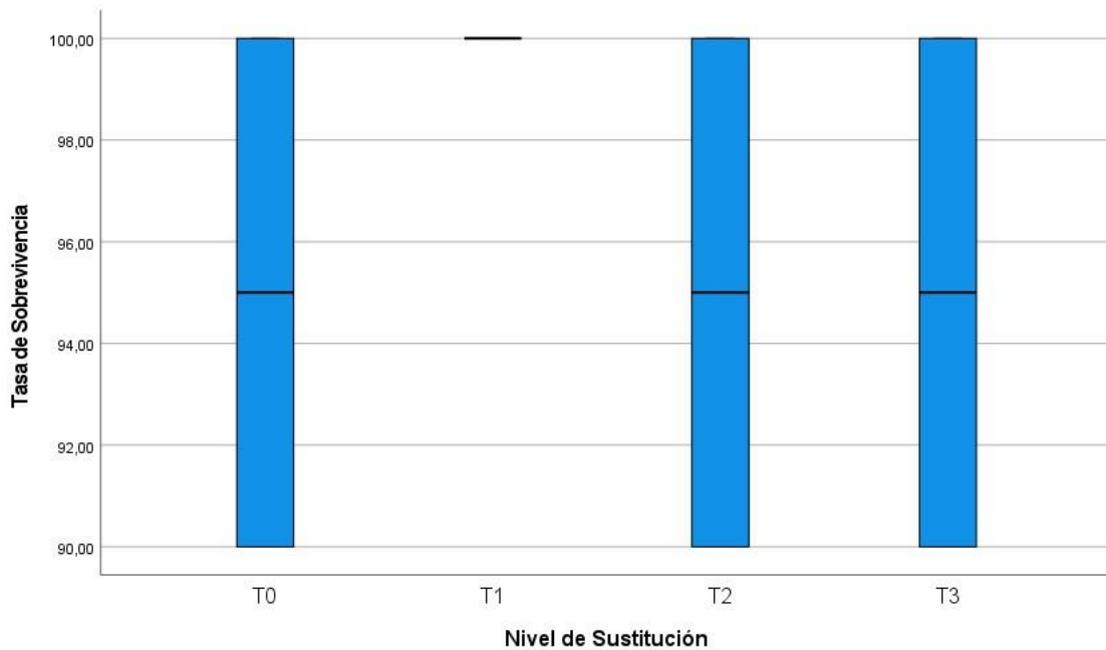
**Figura 7.**

*Media y desviación estándar del factor de condición (K) obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.8. Tasa de sobrevivencia

La Figura 8 presenta la tasa de supervivencia de los peces *Piaractus brachypomus* al finalizar el estudio. En el Tratamiento testigo, se observó una tasa de supervivencia del 95%, al igual que en los tratamientos 2 y 3, lo que indica que el 95% de los peces en este grupo sobrevivieron. Este resultado proporciona una referencia inicial importante para evaluar la eficacia de los tratamientos restantes.

El Tratamiento 1 mostró la tasa de supervivencia más alta, con el 100% de los peces sobrevivientes al final del estudio. Esta alta tasa de supervivencia sugiere que este tratamiento puede haber sido particularmente beneficioso para la salud y bienestar de los peces en comparación con los otros tratamientos. No obstante, no se evidenció diferencia significativa entre ellos, según el ANOVA ejecutado.

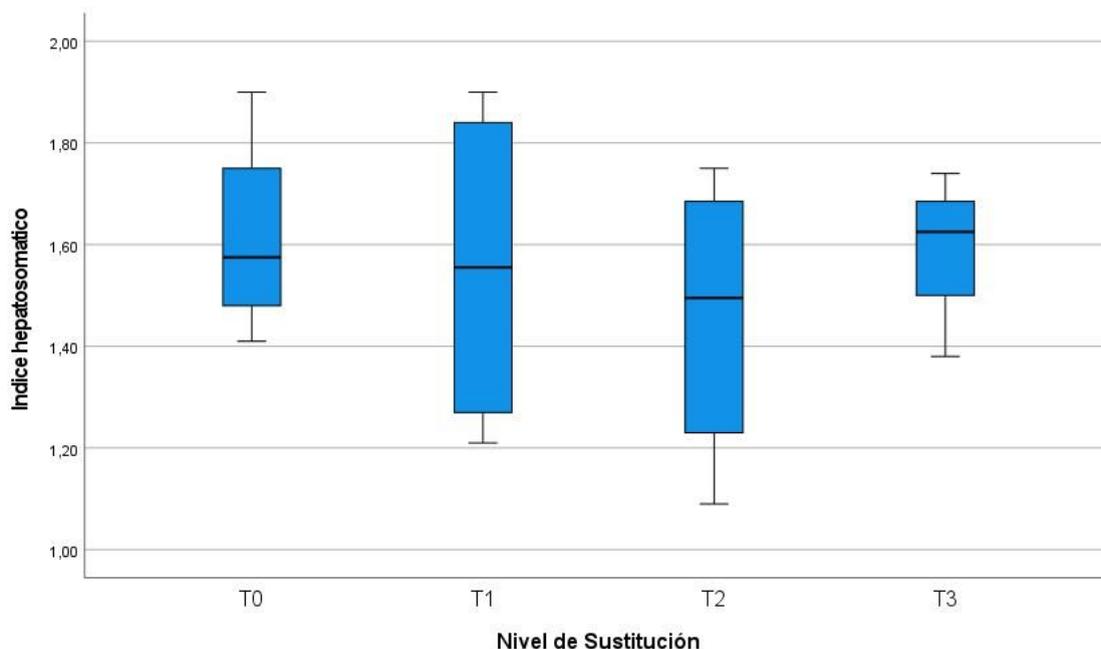


**Figura 8.**

*Media y desviación estándar de la tasa de supervivencia (%) obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.9. Índice hepatosomático

La Figura 9 muestra el índice hepatosomático (IHS) de los peces *Piaractus brachypomus* en relación con diferentes condiciones experimentales. Observamos que, en el grupo de control, representado por el Tratamiento 0, el índice hepatosomático tiene un valor medio de  $1.61 \pm 0.10$ . Este valor sirve como una referencia inicial para comparar con los otros grupos tratados. El Tratamiento 1 y el Tratamiento 2, se observan variaciones en el índice hepatosomático en comparación con el grupo de control. Por ejemplo, en el Tratamiento 1, el IHS muestra un valor medio de  $1.56 \pm 0.17$ , el Tratamiento 3, el IHS tiene un valor medio de  $1.59 \pm 0.08$ , mientras que el índice hepatosomático en el tratamiento 2 muestra una disminución en comparación con los otros tratamientos, con un valor medio de  $1.46 \pm 0.15$ . Sin embargo, no se evidenció diferencias significativas entre los tratamientos, según el ANOVA



**Figura 9.**

*Media y desviación estándar índice hepatosomático (IHS) obtenidas en la fase experimental, alimentando a juveniles de *Piaractus brachypomus* con dietas conteniendo distintos niveles de sustitución de polvillo de arroz por harina de lenteja de agua.*

#### 4.2.9. Resultado de los parámetros físico-químicos evaluados.

En este estudio, se presenta un resumen de los datos promedios de los principales parámetros ambientales, obtenidos a partir de los registros de monitoreo de la calidad del agua durante el período de experimental.

#### **Cuadro 3**

*Valores promedios de los principales parámetros físico-químicos del estanque de cultivo, durante el período experimental.*

<b>Parámetros</b>	<b>Promedio</b>
Temperatura del agua (°C)	28. 6
Oxígeno disuelto (mgL <sup>-1</sup> )	6. 18
pH	6.15
Nitritos (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	0.02
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	0.02
Amonio	0.02

*Fuente:* Elaboración propia

### 4.3. Prueba de hipótesis

Para probar estas hipótesis, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) utilizando los datos de índices de crecimiento, asimilación alimenticia e índice de bienestar.

#### 4.3.1. Índice de crecimiento

**Tabla 2**

*Valores medios y desviación estándar de la ganancia en peso (GP), ganancia de talla (GT), crecimiento específico (TCE), y ganancia de biomasa (GB) de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentadas con dietas las experimentales (T1:25%, T2:50%, T3: 100% y control =T0) conteniendo harina de *Lemna minor*.*

Índices de crecimiento					
	T0	T1	T2	T3	P
<b>GP (g)</b>	108.2 ± 5.70	114.43 ± 3.67	105.84 ± 3.16	104.32 ± 2.72	0.336
<b>GT (cm)</b>	5.24 ± 0.39	5.1 ± 0.12	5.01 ± 0.35	4.48 ± 0.44	0.798
<b>TCE</b>	1.31 ± 0.04	1.37 ± 0.03	1.29 ± 0.02	1.29 ± 0.02	0.273
<b>GB (kg)</b>	0.99 ± 0.83	1.14 ± 0.36	0.97 ± 0.58	0.96 ± 0.07	0.230

*Fuente:* Elaboración propia

La Tabla 2 muestra los valores de significancia de la prueba de ANOVA (valor de P) obtenidas para todas las variables analizadas (GP, GT, TCE y GB.) son mayores que el nivel confianza (0.05), se concluye que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos. Es decir que el rendimiento en crecimiento, de los peces no ha sido significativamente influenciada por alguna dieta en particular, por lo que se concluye que es técnicamente posible reemplazar el polvillo de arroz hasta un 100% por harina de *L. minor*.

#### 4.3.2. Índice de asimilación alimenticia

**Tabla 3**

Valores medios y desviación estándar del consumo de alimento (CA) y conversión alimenticia aparente (CAA) de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentadas con dietas las experimentales (T1:25%, T2:50%, T3: 100% y control =T0) conteniendo harina de *Lemna minor*.

<b>Índice Asimilación Alimenticia</b>					
	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>P</b>
<b>Consumo Alimento (kg)</b>	2.38 ± 0.06	2.56 ± 0.11	2.51 ± 0.06	2.46 ± 0.05	0.430
<b>Conversión Alimenticia</b>	2.43± 0.18	2.24 ± 0.09	2.62 ± 0.20	2.59 ± 0.14	0.356

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 muestra los valores medios del consumo de alimento, expresados en kilogramos (kg), mostrando una ligera variabilidad entre los diferentes tratamientos. El tratamiento T1 registró el mayor consumo promedio de  $2.56 \pm 0.11$  kg, seguido por T2 con  $2.51 \pm 0.06$  kg, T3 con 2.46 kg y el tratamiento control T0 con  $2.38 \pm 0.06$  kg. En la conversión alimenticia aparente el tratamiento 1 tiene mejor resultado con un valor de  $2.24 \pm 0.09$ . No obstante, según los datos presentados en la tabla y el análisis estadístico, no se observan diferencias significativas en el consumo de alimento ni en la conversión alimenticia entre los diferentes tratamientos evaluados. Los resultados sugieren una asimilación alimenticia efectiva en todos los tratamientos, lo que respalda la viabilidad de sustituir el polvillo de arroz por harina de *Lemna minor* en las dietas de estos peces.

#### 4.3.3. Índice de bienestar

**Tabla 4**

Valores medios y desviación estándar del factor de condición (FC), sobrevivencia (S) e índice hepasomático (IHS) de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentadas con dietas las experimentales (T1:25%, T2:50%, T3: 100% y control =T0) conteniendo harina de *Lemna minor*.

Índice Bienestar					
	T0	T1	T2	T3	P
<b>Factor condición</b>	2.23 ± 0.08	2.22 ± 0.06	2.15 ± 0.06	2.26 ± 0.03	0.611
<b>Sobrevivencia (%)</b>	95 ± 2.89	100 ± 0.00	95 ± 2.89	95 ± 2.89	0.392*
<b>IHS</b>	1.61 ± 0.10	1.56 ± 0.17	1.46 ± 0.15	1.59 ± 0.08	0.829

\* Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4 presenta los valores medios y la desviación estándar del factor de condición (FC), la supervivencia (S) y el índice hepasomático (IHS) de juveniles de *Piaractus brachypomus*. Los valores medios del factor de condición, una medida de la salud y bienestar de los peces, son relativamente consistentes entre los diferentes tratamientos, oscilando entre 2.15 y 2.26. De igual modo, en el índice hepasomático los valores también son consistentes en los tratamientos, oscilando entre 1.46 y 1.61.

En la tasa de sobrevivencia el tratamiento 1 tiene un 100% sobrevivencia mientras que los demás tratamientos tienen un 95%. Para esta variable en particular se usó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ya que los datos de esta variable no cumplieron el requisito previo de normalidad de Shapiro-Wilk (0.05). Siendo que el valor de significancia de la prueba de Kruskal-Wallis (P=0.392) obtenida para la variable Tasa de Sobrevivencia es mayor que el nivel confianza (0.05), se concluye que el índice de bienestar de los peces durante el experimento no ha sido significativamente influenciado por alguna dieta en particular,

#### 4.4. Discusión de resultados

En los resultados de este trabajo de investigación se pudo apreciar que los índices de crecimiento del *P. brachypomus* no se vio influenciada por alguna dieta en particular, haciendo posible que se remplace el polvillo de arroz por harina de *L. minor*. De forma similar, los resultados obtenidos coinciden con Goswami et al.(2022) y corroboran los hallazgos en cuanto al potencial nutricional de la lenteja de agua para la alimentación de peces. Estos autores demostraron que la inclusión de *L. minor* en la dieta de *Cyprinus carpio* resultó en un mayor peso final y tasa de crecimiento específico. Estos resultados sin duda respaldan los hallazgos de la presente tesis ya que también se observó mayor ganancia de peso y biomasa en el T1 (25% de sustitución de polvillo de arroz por harina de *L. minor*).

En los resultados de la presente tesis también se pudo constatar que los índices de asimilación alimenticia fueron similares entre los tratamientos, es decir, es técnicamente posible reemplazar el polvillo de arroz hasta un 100% por harina de *L. minor*, sin causar efectos negativos en esta variable, lo cual concuerda con Cipriani et al., (2021) que indica que el consumo de alimento no se vio afectado por la inclusión de *L. minor*. Este hallazgo también coincide con Herawati et al. (2020) quienes concluyeron que la inclusión de *L. minor* mejora el consumo de alimento de los peces.

El estudio de Aslam et al., (2021) también respalda nuestros hallazgos al demostrar los efectos beneficiosos de la inclusión de lenteja de agua en la dieta de peces, especialmente en términos de parámetros hematológicos, pues sus resultados indicaron que el reemplazo completo de *Glycine max* por *Lemna minor* mejoró significativamente los parámetros hematológicos en los peces, lo cual es concuerda con esta investigación ya que se puede reemplazar por completo el polvillo de arroz dicha macrófita.

Por otro lado, el estudio de Naseem et al. (2021) resalta la importancia de considerar diversas macrófitas como fuentes alternativas de alimento para peces. Aunque su enfoque no se limitó específicamente a la lenteja de agua, sus conclusiones apoyan nuestra idea de que las macrófitas pueden ser sustitutos viables de ingredientes convencionales en las dietas de peces, lo que concuerda con nuestra propuesta de utilizar la harina de lenteja de agua como fuente de nutrientes en la alimentación para peces nativos amazónicos.

Además, Sonta & Batorska, (2019) destacaron el potencial de la lenteja de agua como una fuente rica en proteínas, aminoácidos, vitaminas y carotenoides para su uso en la alimentación animal, incluidos peces. Nuestro estudio respalda esta afirmación al demostrar que la harina de lenteja de agua puede ser una alternativa viable para mejorar el crecimiento y la calidad nutricional. De igual manera, concuerda con los resultados obtenidos de Blanco et al., (2018) ya que no se observaron diferencias significativas en los tratamientos. Por lo tanto, ambas investigaciones sugieren que la inclusión de harina de *L. minor* no afecta negativamente el rendimiento de crecimiento ni el bienestar de los peces.

## CONCLUSIONES

- La harina de *Lemna minor* puede ser utilizada como una fuente de alimento en la elaboración de dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*, siempre y cuando se combine con otros ingredientes con alto contenido proteico.
- Se concluye que la sustitución de polvillo de arroz por harina *L. minor* no afecta negativamente el rendimiento en crecimiento, asimilación alimenticia y de bienestar de la especie en estudio.
- Técnicamente es posible reemplazar el polvillo de arroz hasta un 100% por la harina de *L. minor*.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar unidades experimentales como acuarios, ya que esto asegura que el incremento de peso y talla es únicamente por el alimento suministrando mas no por la productividad primaria de los estanques.
- Se recomienda cultivar la macrófita acuática *Lemna minor* para una mejor recolección y obtención de su harina.
- Se recomienda realizar estudios adicionales para evaluar los efectos a largo plazo de esta práctica y para investigar posibles estrategias de implementación a nivel comercial.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anupama, V. S., Raj, S., Devi, S. S., & Kumar, A. B. (2021). Diet of exotic pirapitinga *piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) from Vembanad-Kole wetland, India, as inferred from gut content analysis and dna barcoding. *Asian Fisheries Science*, 34(1), 47-55. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2021.34.1.005>
- Aphrodyanti, L., Soedijo, S., Millati, T., & Aidawati, N. (2022). Preferences Spodoptera pectinicornis as biocontrol of water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) wetland weeds to various forms of feedstock. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 976(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/976/1/012007>
- Arrillaga, A., & Arredondo, J. (2017). Una revisión sobre el potencial de las macrofitas acuáticas en la acuicultura. *Universidad y Ciencia*, 4(September).
- Aslam, S., Zuberi, A., Chan, M. W. H., & Mustaquim, J. (2021). Effect of *Lemna minor* and Glycine max on haematological parameters, glucose level, total protein content and anti-oxidant enzyme activities in *Ctenopharyngodon idella* and *Hypophthalmichthys molitrix*. *Aquaculture Reports*, 19. <https://doi.org/10.1016/J.AQREP.2021.100616>
- Berger, C. (2020). *Aquaculture and its potential in the context of Peru's sustainable development / South Sustainability*. 1(1), 1-11.
- Blanco, C., Muñoz, F., Espinoza, L., Cala, D., & Salamanca, A. (2018). Evaluación del desempeño zootécnico y calidad de agua en alevinos de cachama (*Piaractus brachypomus*) suplementados con *Lemna minor* | *Revista Colombiana de Zootecnia*, 4(8).
- Bello, M., & Cuello, R. (2023). Evaluación del rendimiento productivo y coeficiente de digestibilidad aparente en *Colossoma macropomum*, de un alimento formulado con *Lemna minor* *Revista EIA*, 20, 1–18. <https://doi.org/10.24050/reia.%0Av20i40.1655>
- Castillo, R. (2020). Influencia de una dieta con tres niveles de proteína vegetal en los índices productivos en juveniles de *Piaractus brachypomus* “paco” cultivados en estanques seminaturales. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia]. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia. <https://repositorio.unia.edu.pe/items/cf3b46e9-9eb6-4226-bc10-4a11a9fe16b6>
- Chagua, P., Malpartida, R., Gutiérrez, E., Echevarría, J., & Chuquilin, R. (2019). La seguridad alimentaria nutricional en el Perú: Disponibilidad agroalimentaria. 1(2).
- Cipriani, L. A., Ha, N., de Oliveira, N. S., & Fabregat, T. E. H. P. (2021). Does ingestion of duckweed (*Lemna minor*) improve the growth and productive performance of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) given formulated feeds in a recirculation system? *Aquaculture International* 29:5, 29(5), 2197-2205. <https://doi.org/10.1007/S10499-021-00743-0>
- FAO. (2022). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022*. <https://www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf>
- Fatmawati, E. R., Sarjana, T. A., Suprijatna, E., Santoso, S. I., & Setiadi, A. (2021). The influence of pistia powder (*Pistia stratiotes* L.) in ration on the performance index and

red blood cell profile of male Magelang duck. *Journal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 31(1), 10-17. <https://doi.org/10.21776/UB.JIIP.2021.031.01.02>

- Gabriel, A., Igwemmar, N., Sadam, A., & Babalola, S. (2018). Comparative Studies of the Phytochemical and Nutritional Analysis of Water Hyacinths [*Eichhornia crassipes*] Stem and Leaf. *Direct Research Journal of Health and Pharmacology*, 6(May), 12-18.
- Gallopín, G. (2003). *Sostenibilidad y desarrollo sostenible: un enfoque sistémico* (Vol. 64).
- García, C., Sanches, H., Flores, M., Mejía, J., Angulo, C., Castro, D., Estivals, G., Garca, A., Nolorbe, C., Vargas, G., Nuñez, J., Mariac, C., Duponchelle, F., & François, J. (2018). Peces de consumo de la Amazonía Peruana (IIAP, Ed.; 1.<sup>a</sup> ed.). [www.iiap.org.pe](http://www.iiap.org.pe)
- Goswami, R. K., Sharma, J. G., Shrivastav, A. K., Kumar, G., Glencross, B. D., Tocher, D. R., & Chakrabarti, R. (2022). Effect of *Lemna minor* supplemented diets on growth, digestive physiology and expression of fatty acids biosynthesis genes of *Cyprinus carpio*. *Scientific Reports*, 12(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07743-x>
- Herawati, V. E., Pinandoyo, Darmanto, Y. S., Rismaningsih, N., Windarto, S., & Radjasa, O. K. (2020). The effect of fermented duckweed (*Lemna minor*) in feed on growth and nutritional quality of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Biodiversitas*, 21(7), 3350-3358. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210759>
- Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana. (2000). Cultivo y procesamiento de peces nativos: una propuesta productiva para la Amazonia peruana. [https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/142/1/Guerra\\_libro\\_2000.pdf](https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/142/1/Guerra_libro_2000.pdf)
- Keddy, P. A. (1976). Lakes as Islands: The Distributional Ecology of Two Aquatic Plants, *Lemna minor* and *L. trisulca*. *Ecology*, 57(2), 353-359. <https://doi.org/10.2307/1934824>
- López, M., Salas, J., Gomez, C., & Sanguíno Ortíz, W. R. (2012). Estudio gonadal de la sabaleta de la cuenca del patía (*Brycon* sp.) como indicador del potencial acuícola. *Revista Udenar*, 1–20. [file:///C:/Users/silvi/Downloads/1514-Texto del artículo-5939-2-10-20140311 \(2\).pdf](file:///C:/Users/silvi/Downloads/1514-Texto%20del%20articulo-5939-2-10-20140311%20(2).pdf)
- Méndez-Martínez, Y., Méndez-Martínez, Y., Pérez, Y., Verdecia, D. M., Cortés-Jacinto, E., Cevallos, O. F., & Romero, O. (2019). Effect of including *Azolla filiculoides* meal on the growth and survival of red tilapia small fish (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(3).
- Mesa, M. N., & Botero, M. C. (2007). La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. *Rev Col Cienc Pec*, 20(1).
- Naseem, S., Bhat, S. U., Gani, A., & Bhat, F. A. (2021). Perspectives on utilization of macrophytes as a feed ingredient for fish in future aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 282-300. <https://doi.org/10.1111/RAQ.12475>
- Pinandoyo, Hutabarat, J., Darmanto, Radjasa, O. K., & Herawati, V. E. (2019). Growth and nutrient value of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with *Lemna minor* meal based on different fermentation times. *AAFL Bioflux*, 12(1), 191-200.
- PRODUCE. (2021). PRODUCE Desarrollo Acuícola en el 2021. *MINISTERIO DE LA PRODUCCION*, 1-10. [www.rnia.produce.gob.pe](http://www.rnia.produce.gob.pe)

- Qian, Z., Li, Y., Yang, J., Shi, T., Li, Z., & Chen, J. (2022). The chromosome-level genome of a free-floating aquatic weed *Pistia stratiotes* provides insights into its rapid invasion. *Molecular Ecology Resources*. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.13653>
- Ramírez, J., Gastón, N., & Vicente, K. (2018). *Fundamentos y propuesta 2017-2022*.
- Roberto, F., & Morocho, A. (2018). La economía circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 78-98. <https://doi.org/10.33890/INNOVA.V3.N12.2018.786>
- Ruiz, M. de los A., Ruiz, J., & Torres, V. (2005). Efecto del polvo de arroz en el consumo y la digestibilidad de raciones integrales basadas en saccharina rústica para ovinos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(4), 575-580. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017719006.pdf>
- Salazar, C. Q., Patricia Núñez, C. S., del Pilar Vélez, M. A., Isabel Posada, M. P., Vélez, S. G., Carlos Ochoa, R. J., Toro, A. C., Felipe Ortiz Juan Sebastián Estrada C, J. M., & Del Iar Arroyave, M. P. (2004). LA LENTEJA DE AGUA (*Lemna minor* L.): UNA PLANTA ACUÁTICA PROMISORIA \*. *SCIELO, Ikes*, 1-6.
- Salinas-Coy, Y., & Agudelo-Córdoba, E. (2000). *PECES DE IMPORTANCIA ECONOMICA AMAZONAS* (p. 140). Instituto amazónico de investigaciones científicas. [https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LIBRO\\_PECES\\_IMPORTANCIA\\_ECONOMICA\\_AMAZONAS\\_2000web.pdf](https://www.sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LIBRO_PECES_IMPORTANCIA_ECONOMICA_AMAZONAS_2000web.pdf)
- Sonta, M., & Batorska, M. (2019). Use of duckweed (*Lemna* L.) in sustainable livestock production and aquaculture. *Sciendo*, 2(19), 1-15.
- Tafur Gonzales, J., Alcántara Bocanegra, F., Del Águila, M., Cubas Guerra, R., Mori-pinedo, L., & Chu-Koo, F. (2009). Paco *Piaractus brachypomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados en policultivo con el bujurqui-tucunaré, *Chaetobranchius semifasciatus* (Cichlidae). *Folia Amazónica*, 18(1).
- Tripathi, P., Kumar, R., Sharma, A., Mishra, A., & Gupta, R. (2010). *Pistia stratiotes* (Jalkumbhi). *Pharmacognosy Reviews*, 4(8), 153. <https://doi.org/10.4103/0973-7847.70909>
- Val, A. L., & de Oliveira, A. M. (2021). *Colossoma macropomum*—A tropical fish model for biology and aquaculture. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 335(9-10), 761-770. <https://doi.org/10.1002/jez.2536>
- Varas, J. S., & Varas, J. S. (2021). una potencia productiva mundial al desarrollo de nuevo conocimiento para cultivos acuícolas en el marco de la Seguridad y Soberanía Alimentaria. *AquaTechnica: Revista Iberoamericana de Acuicultura.*, 3(3), viii-ix. <https://doi.org/10.33936/at.v3i3.4224>
- Zavala, M. (2011). El concepto de calidad en los alimentos. 1-12. [https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/concepto\\_calidad\\_alimentosI.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/dgca/concepto_calidad_alimentosI.pdf).

# **ANEXOS**

Anexo 1. Estadística complementaria

**Tabla 4.** Prueba de Kruskal-Wallis aplicado a la Tasa de sobrevivencia.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Tasa de Sobrevivencia es la misma entre categorías de Nivel de Sustitución.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0,392	Conserve la hipótesis nula.

Anexo II. Instrumentos de recolección de datos

**Ficha 1.** Registro de evaluaciones biométricas del tratamiento 1.

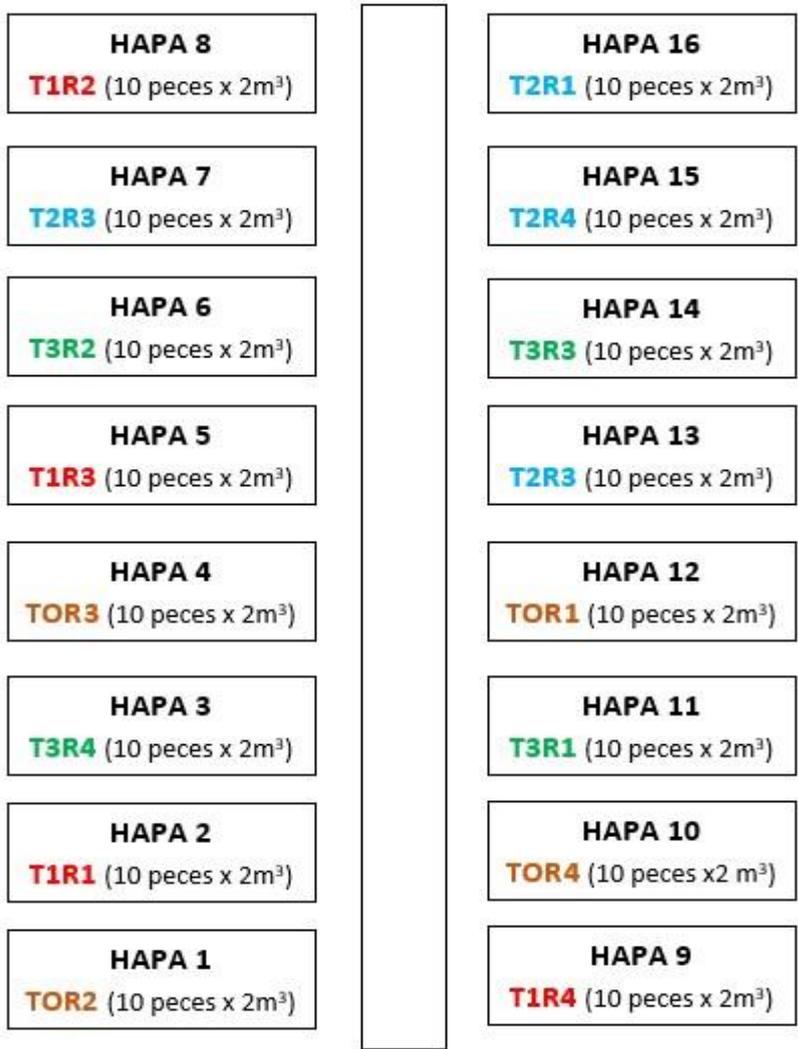
RESPONSABLE: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

N° DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

No.	TRATAMIENTO I 25% de Sustitución						
	TOR1		TOR2		TOR3		TOR4
	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Anexo III. Distribución de los tratamientos en las unidades experimentales



**Esquema 1.** Distribución tratamientos y réplicas según esquema factorial de 4 x 4, en las 16 unidades experimentales (hapas).

#### Anexo IV. Evidencia fotográfica



**Foto 1.** Hapas instaladas en el ambiente experimental.



**Foto 2.** Muestra de alimento peletizado por tratamiento.



**Foto 3.** Muestra de *Lemna minor* del ambiente natural.



**Foto 4.** Toma del peso total de un ejemplar, con 82 gramos, durante el segundo muestreo.

NOMBRE DEL TRABAJO

**INFORME JUNIO 11-06 2024-SMILAGRO  
SVT.docx**

RECUENTO DE PALABRAS

**10346 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**57220 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**56 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.2MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 11, 2024 1:26 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 11, 2024 1:27 PM GMT-5****● 18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)