

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS

Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y Acuicultura.



**Determinación del nivel óptimo de sustitución de harina de maíz por  
harina de *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus***

TESIS:

para obtener el título profesional de Biólogo Acuícola

**Presentado por:**

Bach. DROSNIN CUBAS CORRALES

**Asesor:**

Blgo. FRED WILLIAM CHU KOO, PhD.

**Área de investigación:**

Programa de manejo y conservación de ecosistemas acuáticos

Yurimaguas – Perú

2025

## 10MDJ-02. DECLARACIÓN DE AUTORÍA

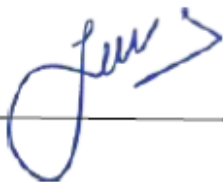
Dr. Marco Antonio Mathios Flores coordinador de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Programa de Estudios de Ciencias Biológicas y Acuicultura, de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: **“Determinación del nivel óptimo de sustitución de harina de maíz por harina de *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*”**, constituye la memoria que presenta el Bachiller **Drosnin Cubas Corrales** 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 10 días del mes de noviembre Del año 2025.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Fred', is written over a horizontal line.

Blgo. FRED WILLIAM CHU KOO, PhD.

Asesor

Determinación del nivel óptimo de sustitución de harina de maíz por  
harina de *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus  
brachypomus*.

## TESIS

Presentada para optar el título profesional de Biólogo Acuícola.

### JURADO CALIFICADOR



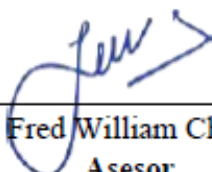
Dr. José Virgilio Aguilar Vásquez  
**Presidente**



Mg. Magno Rosendo Reyes  
Bedriñana  
**Miembro**



Blgo. MSc. Juvenal Napuchi  
Linares  
**Miembro**



Dr. Fred William Chu Koo  
**Asesor**

## **Dedicatoria**

A mis padres por el apoyo y motivación brindado durante mi etapa universitaria, así como en la ejecución del presente estudio. A mis amigos y a cada una de las personas por el apoyo incondicional brindado durante las diversas labores de campo.

En principio dedico este trabajo a aquellas personas involucradas en la actividad acuícola y pecuaria. Asimismo, a los estudiantes de la carrera profesional de Ciencias Biológicas y Acuicultura, y en general a todos aquellos profesionales interesados en innovar, o seguir investigando temas similares al presente estudio.

## Agradecimiento

Agradecer a Dios por otorgarme salud, bienestar y fortaleza durante mi vida, más aún en la vida universitaria, así también durante el desarrollo del presente trabajo.

A la Vicepresidencia de Investigación de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas (UNAAA), por otorgar el financiamiento parcial para la ejecución del presente estudio, enmarcado en el proyecto titulado “Identificación de los niveles óptimos de sustitución de torta de soya por harina de lentejita de agua (*Lemna minor*) en dietas balanceadas para paco (*Piaractus brachypomus*)” aprobado mediante Resolución de Comisión Organizadora N° 124-2022-UNAAA/CO.

Al Blgo. Juvenal Napuchi Linares, investigador principal del proyecto “Identificación de los niveles óptimos de sustitución de torta de soya por harina de lentejita de agua (*Lemna minor*) en dietas balanceadas para paco (*Piaractus brachypomus*)”, por brindarme la oportunidad de desempeñarme como tesista en el desarrollo del proyecto.

Al Blgo. Fred William Chu Koo PhD, docente de la Facultad de Ciencias y asesor de la tesis por el soporte científico, acompañamiento docente y motivación personal, así como por toda la información brindada para la ejecución del presente trabajo.

## Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el nivel óptimo de sustitución de la harina de maíz (*Zea mays*) por harina de lentejita de agua, *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus brachyomus*. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro niveles de sustitución como los tratamientos experimentales (T0: 0%, T25: 25%, T50: 50% y T100: 100%) que fueron evaluados por triplicado. La población del estudio estuvo conformada por 240 juveniles de paco con peso y talla promedio inicial de  $17,1 \pm 0,5$  g, y  $9,7 \pm 0,15$  cm, respectivamente. Se distribuyeron los peces en 12 hapas de  $1 \text{ m}^3$ , a una densidad de 10 peces/ $\text{m}^3$ , los que fueron alimentados dos veces al día durante 80 días. Se usó el ANOVA de una vía ( $P < 0.05$ ) para evaluar el efecto de cada tratamiento sobre los índices de crecimiento (PF, GP, GB, TCE y TCR), asimilación alimenticia (CA, ICAA y TEP) y bienestar (IHS, K y TS) de los peces. Los resultados muestran que no hubo diferencias significativas en el PF, GP, TCE y TCR, pero sí en la BG. Tampoco se registró diferencias significativas en el ICAA, CA, TEP, K y TS pero sí en el IHS. Desde el punto de vista nutricional es perfectamente factible que la harina de *Lemna minor* (HLM) pueda ser utilizado como sustituto alimenticio de la harina de maíz (HM) en dietas balanceadas para el paco.

**Palabras clave:** Yurimaguas, piscicultura, macrófitas acuáticas, alimentación, pez.

## Abstract

This study aimed to determine the optimal substitution of corn flour (*Zea mays*) with duckweed flour, *Lemna minor* for balanced diets for the red-bellied pacu, *Piaractus brachypomus*. A completely randomized design with four substitution levels was used as the experimental treatments (T0: 0%, T25: 25%, T50: 50%, and T100: 100%) and evaluated in triplicate. The study population comprised 240 pacu juveniles with an initial average weight and size of  $17.1 \pm 0.5$  g, and  $9.7 \pm 0.15$  cm, respectively. We distributed the fish in 12 hapas of  $1 \text{ m}^3$ , at a density of 10 fish/ $\text{m}^3$ , and fed the fish twice a day for 80 days. One-way ANOVA ( $P < 0.05$ ) was used to evaluate the effect of each treatment on growth indices (FW, WG, BG, SGR, and RGR), feed assimilation (FC, FCR, and PER), and well-being (HSI, K, and SR) of fish. The results show no significant differences in FW, WG, SGR, and RGR, but substantial differences in GB. There were also no significant differences in the FCR, FC, PER, K, and SR but there were in the HSI. From a nutritional point of view, it is perfectly feasible that *Lemna minor* flour (HLM) can be used as a food substitute for corn flour (HM) in balanced diets for the red-bellied pacu,

**Keywords:** Yurimaguas, fish farming, aquatic macrophytes, food, fish.

## Introducción

El rápido crecimiento de la población mundial ha generado una creciente demanda de productos pesqueros, colocando una gran responsabilidad sobre la actividad acuícola para satisfacer dicha necesidad. De acuerdo con la FAO (2024), la producción acuícola mundial alcanzó los 130,9 millones de toneladas en 2022, superando por primera vez a la pesca en términos de volumen de producción. Sin embargo, esta expansión enfrenta desafíos, especialmente en relación con el alto costo de los insumos utilizados en la alimentación acuícola, lo que representa más del 70% de los costos de producción en este sector (Conde, 2016). La dependencia de insumos como el maíz, cuyo precio ha experimentado un aumento significativo debido a la crisis global de fertilizantes y la escasez de productos agrícolas, ha puesto en riesgo la sostenibilidad económica de muchas pequeñas empresas acuícolas, especialmente en países como el nuestro, donde el desabastecimiento y los altos costos se han intensificado debido a factores políticos y económicos internacionales.

En este contexto, se plantea la necesidad de explorar fuentes alternativas de insumos vegetales que puedan sustituir al maíz en las dietas acuícolas sin comprometer la salud y el crecimiento de los peces. La *Lemna minor*, una planta acuática que crece naturalmente en cuerpos de agua dulce, ha emergido como una posible alternativa económica y ecológica por poseer propiedades nutricionales que podrían reemplazar parcialmente o totalmente la harina de maíz en las dietas de especies acuáticas como el *Piaractus brachypomus*, una especie de creciente importancia en la acuicultura amazónica.

El objetivo de esta investigación es determinar el nivel óptimo de sustitución de la harina de maíz por harina de *Lemna minor* en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*, evaluando su impacto en índices clave como el crecimiento, la asimilación alimenticia y el bienestar de los peces. Esta investigación se justifica no solo por la necesidad de reducir los costos de

producción en la acuicultura local, sino también por su potencial para promover una solución sostenible y localmente disponible, mejorando la rentabilidad de los acuicultores amazónicos y fomentando el desarrollo de nuevas actividades productivas.

A través de este estudio, se busca ofrecer una solución viable ante el incremento de los costos de los insumos tradicionales, proponiendo el uso de un recurso natural y accesible como la *Lemna minor*, contribuyendo así a la seguridad alimentaria y a la sostenibilidad de la acuicultura en la región amazónica.

## ÍNDICE

Resumen.....	V
Abstract.....	VI
Introducción .....	VII
Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	13
1.1.    Identificación y determinación del problema.....	13
1.2.    Delimitación de la investigación. ....	15
1.3.    Formulación del problema.....	16
1.3.1.    Problema General.....	16
1.3.2.    Problemas Específicos .....	16
1.4.    Formulación de objetivos.....	16
1.4.1.    Objetivo general .....	16
1.4.2.    Objetivos específicos.....	17
1.5.    Justificación e importancia .....	17
Capítulo II: MARCO TEÓRICO .....	19
2.1.    Antecedentes .....	19
2.2.    Bases teóricas - científicas.....	23
2.2.1.    Paco ( <i>Piaractus brachypomus</i> ) .....	23
2.2.2.    Lentejita de agua ( <i>Lemna minor</i> ).....	24
2.2.3.    Maíz ( <i>Zea mays L.</i> ).....	27
2.3.    Definición de términos básicos. ....	29
2.4.    Formulación de Hipótesis .....	31
2.5.    Identificación de variables.....	31
2.5.1.    Variable independiente .....	31
2.5.1.1    Nivel de sustitución de harina de maíz por harina de <i>Lemna minor</i> .....	31
2.5.2.    Fundamento teórico variable dependiente.....	32
2.5.2.1.    Desempeño productivo.....	32
2.6.    Operacionalización de variables.....	37
Capítulo III: METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN .....	39
3.1.    Tipo de investigación.....	39
3.2.    Nivel de investigación.....	39
3.3.    Métodos de investigación .....	39
3.3.1.    Área de estudio .....	39
3.4.    Diseño de investigación .....	42
3.5.    Población y muestra.....	43
3.5.1.    Población.....	43

3.5.2. Muestra .....	43
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	45
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	46
3.8. Tratamiento estadístico.....	46
3.9. Orientación ética filosófica y epistemológica.....	46
Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSION .....	48
4.1. Descripción del trabajo de campo y/o laboratorio.....	48
4.2. Presentación, análisis y prueba de hipótesis. ....	52
4.3. Discusión de resultados.....	59
Capítulo V:CONCLUSIONES .....	66
Capítulo VI: RECOMENDACIONES.....	67
Capítulo VII:REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
Capítulo VIIIANEXOS:.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<b>FIGURA 1</b>	Ubicación del área experimental donde se desarrolló el estudio .....	40
<b>FIGURA 2</b>	Aclimatación y siembra de los alevines de paco .....	43
<b>FIGURA 3</b>	Prellenado y fertilización del estanque empleado como área experimental .....	45
<b>FIGURA 4</b>	Índices de crecimiento de juveniles de paco alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución (0, 25, 50 y 100%) de harina de maíz (HM) por harina de <i>Lemna minor</i> (HLM) .....	54
<b>FIGURA 5</b>	Índices de asimilación alimenticia de juveniles de paco alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución (0, 25, 50 y 100%) de harina de maíz (HMA) por harina de <i>Lemna minor</i> (HLM) .....	56
<b>FIGURA 6</b>	Índices de bienestar de juveniles de paco alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución (0, 25, 50 y 100%) de harina de maíz (HM) por harina de <i>Lemna minor</i> (HLM) .....	58
<b>FIGURA 7</b>	Informe de análisis bromatológico de lentejita de agua ( <i>Lemna minor</i> ) .....	75
<b>FIGURA 8</b>	Lentejita de agua ( <i>Lemna minor</i> ) .....	76
<b>FIGURA 9</b>	Evaluación de calidad de agua .....	76
<b>FIGURA 10</b>	Instalación de hapas .....	77
<b>FIGURA 11</b>	Estabulación de juveniles de paco .....	77
<b>FIGURA 12</b>	Control biometrico .....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1</b>	Clasificación taxonómica del paco, ( <i>Piaractus brachypomus</i> ) .....	24
<b>TABLA 2</b>	Clasificación taxonómica de la lentejita de agua, ( <i>Lemna minor</i> ) .....	25
<b>TABLA 3</b>	Contenido bromatológico y de aminoácidos de <i>Lemna minor</i> .....	26
<b>TABLA 4</b>	Composición química del maíz, ( <i>Zea mays L.</i> ).....	28
<b>TABLA 5</b>	Operacionalización de variables.....	37
<b>TABLA 6</b>	Análisis bromatológico de lentejita de agua ( <i>Lemna minor</i> ).....	41
<b>TABLA 7</b>	Contenido nutricional (%) de dietas experimentales evaluadas .....	50
<b>TABLA 8</b>	Evaluación de parámetros fisico-químicos.....	52
<b>TABLA 9</b>	Índices de crecimiento (media $\pm$ error estándar de la media) de juveniles de piaractus brachypomus alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución de harina de maíz (HM) por harina de <i>L. minor</i> (HLM) .....	53
<b>TABLA 10.</b>	Índice de asimilación alimenticia (media $\pm$ error estándar de la media) de juveniles de piaractus brachypomus alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución de harina de maíz (HMA) por harina de <i>L. minor</i> (HLM). 55	
<b>TABLA 11</b>	Índice de bienestar (media $\pm$ error estándar de la media) de juveniles de piaractus brachypomus alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución de harina de maíz (HMA) por harina de <i>L. minor</i> (HLM).....	57





# Capítulo I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

## 1.1. Identificación y determinación del problema

El acelerado incremento de la población global ha generado en los últimos años una creciente demanda en el consumo de pescado, recayendo buena parte de la responsabilidad del abastecimiento de dichos productos sobre la actividad acuícola. Según FAO (2024), la producción acuícola mundial en el 2022 fue de 130,9 millones de toneladas, de los cuales, los animales acuáticos representaron 94,45 millones de toneladas y las algas constituyeron 37,8 millones de toneladas, generando un valor total de primera venta estimado en 313 000 millones de dólares estadounidenses. De acuerdo a este reporte, los principales países productores de animales acuáticos fueron China (36%), India (8%), Indonesia (7%), Vietnam (5%) y Perú (3%). Por primera vez en la historia, la acuicultura ha superado a la pesca siendo su aporte a la producción mundial de pescado en el 2022 del 58,6% (el 41,4% restante proviene de la pesca).

Según Méndez-Martínez et al. (2018), el elevado costo de los alimentos, la desigualdad en el abastecimiento y la escasez de los mismos, representan nuevos desafíos que ponen en riesgo el correcto funcionamiento del sector acuícola. En ese sentido, para el desarrollo de una piscicultura a plenitud, es fundamental y necesaria la alimentación con dietas balanceadas, ya que esta brindará a los peces una nutrición equilibrada, un crecimiento adecuado, así como un sistema inmunitario y una reproducción eficiente. Dentro del contexto internacional existe una gran demanda por insumos alimenticios para la acuicultura. Solo en 2019 se utilizaron un total de 146 829 toneladas de insumos para la alimentación acuícola en España, cifra que es superior en un 4,8% a lo utilizado en el 2018 (APROMAR, 2020).

Actualmente existe un riesgo serio de desabastecimiento de productos agrícolas a nivel nacional, debido a una serie de factores tales como: 1) la baja producción del sector agrícola nacional producto del desabastecimiento y elevados costos de los fertilizantes y otros químicos utilizados en esta industria, a causa situación política mundial, marcada por el conflicto entre Rusia y Ucrania Rusia, siendo este primero el principal exportador mundial de fertilizantes nitrogenados, segundo en fertilizantes potásicos y tercero en fertilizantes fosfatados, jugando un rol crucial en el suministro de estos productos, intensificando el impacto de esta crisis global (Prieto Gómez, 2023). 2) desabastecimiento de combustibles, 3) una coyuntura política negativa en el Perú, que ha llevado a una alta rotación de personal de alto nivel en el Ministerio de Agricultura y Riego, y 4) a una lenta recuperación del agro peruano luego de la paralización total de actividades como consecuencia del Covid-19 en el periodo 2020-2021.

Luque et al. (2020), mencionan que el gobierno ruso redujo sus exportaciones de trigo por un periodo de tres meses con la finalidad de asegurar disponibilidad suficiente de suministros locales, a consecuencia de diversos eventos incluida un considerable descenso de los precios del petróleo, provocando debilitamiento en su moneda (rublo) frente al dólar, motivando a elevar los costos locales del trigo; una situación similar a la que experimentó Vietnam con el arroz, por lo que se elevó también el precio de este suministro.

Esta inestable situación viene ocasionando un riesgo de desabastecimiento nacional de productos como soya, arroz, maíz entre otros vegetales usados en la elaboración de dietas acuícolas. Según Herrera (2022), la escasez de fertilizantes en

Perú se debe al conflicto bélico entre Ucrania y Rusia, ya que cerca del 80% de estos productos se importaban de Rusia; de esta manera, las importaciones de urea, principal fertilizante, se redujo en un 84% durante el primer trimestre de este año. Con ello, la disponibilidad de alimentos se ve afectado, provocando el alza de los precios.

Ante esta alarmante situación y considerando que en las pequeñas empresas acuícolas, la alimentación significa al menos un 60% de los costos de producción, es que se propone la ejecución del presente trabajo de investigación, el mismo que pretende sustituir de manera total o parcial a un insumo importante en la acuicultura como lo es el maíz (que es importada de Argentina, Estados Unidos, Brasil, y Bolivia) que en los primeros meses del año este producto se encareció en un 75% de su valor según la Bolsa de Chicago, por un insumo de bajo costo (harina de *Lemna minor*) ya que este material vegetal crece naturalmente en cuerpos de agua dulce principalmente en charcos, ciénagas, lagos y ríos calmados, actualmente se emplea como complemento a dietas comerciales en una gran variedad animales como aves, rumiantes, no rumiantes, crustáceos y peces, reduciendo hasta un 50 % los costos por alimentación (Jaimes et al. 2024).

## **1.2. Delimitación de la investigación.**

Las delimitaciones del presente estudio son las siguientes:

- Imposibilidad de medir la cantidad de alimento natural presente en la columna de agua que fueron consumido por los peces durante la fase experimental del estudio.

- El estudio estuvo focalizado en un determinado periodo de tiempo y no abarcó la fase completa del ciclo de cultivo del paco.
- La alimentación de los peces podría haber sido influenciada por eventos climáticos, como lluvias, que ocurrieron durante el tiempo de ejecución del estudio.

### **1.3. Formulación del problema.**

#### **1.3.1. Problema General**

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

#### **1.3.2. Problemas Específicos**

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

### **1.4. Formulación de objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

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

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el nivel de sustitución de harina de maíz por harina de *Lemna minor* que produzca los mejores índices de crecimiento en *Piaractus brachypomus*.
- Determinar el nivel de sustitución de harina de maíz por harina de *Lemna minor* que genere los mejores índices de asimilación alimenticia en *Piaractus brachypomus*.
- Determinar el nivel de sustitución de harina de maíz por harina de *Lemna minor* que promueva los mejores índices de bienestar en *Piaractus brachypomus*.

#### **1.5. Justificación e importancia**

Actualmente se presenta una considerable alza variable y progresiva de los piensos acuícolas, generado por el incremento en los precios de los insumos causado por diversos factores productivos, por consecuencia, dicho suceso provoca el incremento en el costo de alimentación en la actividad pecuaria, principalmente en la acuicultura, provocando incertidumbre y preocupación en los acuicultores locales. Según Conde (2016), dentro de toda cadena de valor existen costos elevados, pero lo más crítico se presenta en la acuicultura donde costos de la alimentación representan más del 70%.

Dentro de la actividad acuícola desarrollada en la región Loreto tenemos importantes especies nativas cultivadas en la actualidad con considerable demanda por la población local, siendo necesario asegurar e incrementar la producción, para satisfacer la demanda. Dentro del informe estadístico a nivel nacional podemos observar

que la especie *Piaractus brachypomus* representa un solo un 4% de la producción total a nivel nacional en el año 2019 (ComexPerú - Sociedad de Comercio Exterior Del Perú, 2021).

El paco, *Piaractus brachypomus* es considerado un pez importante en variada dieta del poblador amazónico. Asimismo, esta especie íctica posee características prometedoras para su cultivo, considerando su régimen y hábitos alimenticios, así como su rusticidad y rápido crecimiento (Bardach et al., 1986). En su ambiente natural, este pez se alimenta de semillas, frutos, insectos y pequeños peces, caracterizándose por su régimen alimenticio del tipo omnívoro (Velasco Matveev, 2008).

Evaluando la problemática y la necesidad que presentan los acuicultores amazónicos y en particular, los de Alto Amazonas, y conociendo los patrones alimenticios de la especie en mención, el presente trabajo de investigación estudió el uso de la *Lemna minor*, un insumo alternativo de origen vegetal, como sustituto del maíz en la alimentación del paco, ello debido a que esta planta posee propiedades nutricionales adecuadas para sustituir a otros insumos de origen vegetal.

De esta manera consideramos que estaríamos brindando una solución ecológicamente sostenible para los piscicultores locales, permitiéndoles reducir sus costos de producción y por consiguiente otorgándoles mayores márgenes de ganancia. Asimismo, la presente investigación busca promover el desarrollo de nuevas actividades productivas, al dar un uso alterno a un recurso considerado como una “plaga” por los piscicultores locales, convirtiéndolo en un insumo alimenticio para el cultivo de peces.

## Capítulo II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Córdoba et al. (2010), llevó a cabo una revisión bibliográfica sobre el uso de la *Lemna minor* y otras plantas acuáticas en la producción de tilapia (*Oreochromis* spp.). Estos investigadores concluyeron que el integrar entre un 5 a 30% de harina de *L. minor* como sustituto total o parcial de la torta de soya en una dieta integral para peces, presentan los mejores índices productivos.

Soñta et al. (2019), realizaron una extensa revisión sobre el uso de *Lemna minor* como insumo alimenticio en la producción ganadera y acuícola sostenible. Los autores reportan evidencias científicas de que su uso en cantidades moderadas o como sustituto parcial de otras materias, incluida la harina de soja, tiene un efecto beneficioso sobre la productividad, el engorde, el rendimiento de carcasa en ganado, peces y aves de corral, así como en la calidad de la carne y huevos. Concluyeron que la *L. minor* es una potencial fuente de proteína vegetal para la alimentación de animales de granja y acuicultura.

Herawati et al. (2020), determinaron el rendimiento del crecimiento y la calidad nutricional en tilapias alimentadas con dietas a base de harina fermentada de *Lemna minor*. Para ello, los investigadores utilizaron un DCA con cuatro dietas con distintos niveles de inclusión *L. minor* (0%, 2,5%, 5% y 7,5%). Los resultados refieren que el tratamiento con 2,5% tiene mejor rendimiento en comparación a los otros, demostrando que el uso de harina fermentada de *L. minor* en la alimentación de tilapia tiene un impacto significativo ( $P < 0,05$ ) en los parámetros estudiados sin afectar la tasa de sobrevivencia. Finalmente, los autores concluyeron que sustituir

harina de soya en un 2,5% por harina de *L. minor* muestran mejor resultado, siendo recomendable para formulación de alimento para la cría de peces.

Andriani & Pratama (2021), realizaron una extensa revisión bibliografía donde explican que la *Lemna minor* posee un contenido de proteína entre el 10 al 45%, así como del 7 al 14% de fibra, 35% de carbohidratos, 3–7 % de grasas y una elevada cantidad de vitaminas y minerales. Por esta razón, *L. minor* tiene el potencial de ser usada como fuente de alimento o para el tratamiento de agua en acuicultura, a través del proceso de biorremediación. Asimismo, posee bajas cantidades de fibra y tiene alta digestibilidad como resultado de esto. Aseguran que varios experimentos donde utilizaron *L. minor* como fuente proteica han tenido resultados positivos.

Aslam et al. (2021), evaluaron el efecto comparativo entre *Lemna minor* y *Glycine max* en los parámetros hematológicos de *Ctenopharyngodon idella* y *Hypophthalmichthys molitrix* criados en sistemas de monocultivo y policultivo durante 90 días. Los autores utilizaron dietas prácticas de 35% de proteínas que contenían FGM (pienso con 21% *Glycine max*) y FLM (pienso con un 21% de *Lemna minor*) como fuentes de proteína. Los resultados 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 FLM tanto en el sistema de monocultivo como en el de policultivo fue estadísticamente ( $P < 0,05$ ) mayor a los peces alimentados con dieta FGM.

Cipriani et al. (2021), determinaron el efecto de la ingesta voluntaria de *Lemna minor* fresca sobre el desempeño productivo de la tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) criada en un sistema de recirculación (RAS). Emplearon un DCA. Se alimentaron los peces con *Lemna* fresca y dietas extruidas de (32% PB), tres veces al día, hasta la saciedad aparente. Los resultados muestran que los peces lograron ingerir voluntariamente *L. minor* fresca hasta un 0,5% de su peso vivo sin causar efectos sobre el desempeño. La cantidad de *L. minor* consumida disminuyó con el tiempo, de 0,5 a 0,2% del peso corporal. Finalmente concluyeron que los peces expuestos a *L. minor* consumieron menos alimento en la primera semana del experimento, pero esta reducción se compensó con el paso del tiempo, sin causar un impacto en el consumo total de alimento.

Sahoo & Kumar Sahu (2021), analizaron el efecto de incluir harinas de plantas acuáticas (*Lemna minor* y *Eichhornia crassipes*) en la alimentación del bagre de canal. Aplicaron un DCA con tres tratamientos dietarios (35,6%, 34,1% y 33,6% de proteína) y una dieta de control ligeramente superior en proteínas (37,3%). Los resultados mostraron que los peces del tratamiento con 20% en *L. minor* y 10% de *E. crassipes* mostraron una TCE superior al resto. Concluyeron que incluir harina de *L. minor* en las dietas comerciales no afectaría la calidad del alimento, y que, además, este vegetal puede ser una fuente de proteína adecuada para las dietas prácticas de bagre de canal.

Chamorro (2022), evaluó diferentes niveles de inclusión de harina de lenteja de agua (*Lemna minor*) en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) en etapa de alevinaje, durante 75 días. Utilizó un DCA con cuatro tratamientos (T1=0%, T2 = 15%, T3 = 20%, T4 = 25%), los peces fueron alimentados a una tasa del 5% de su biomasa, con dietas balanceadas con 38% PB. Los resultados analizados

estadísticamente a un nivel de significancia ( $p < 0,05$ ) muestran que el T2 registró mayor consumo de alimento siendo esto significativo con respecto a los otros tratamientos, así mismo el T2 presentó diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) en incremento de peso siendo este mayor, el T3 presentó el mayor incremento de talla, finalmente la conversión alimenticia del T1 fue mejor. Concluye que los parámetros evaluados obtuvieron excelentes resultados disminuyendo el tiempo de producción. Así mismo recomienda utilizar harina de *L. minor* en dietas para tilapia en sus diferentes etapas.

Fiordelmondo et al. (2022), evaluaron durante 90 días el efecto de la sustitución de la fuente de proteína tradicional por harina de *Lemna minor* sobre el crecimiento y la calidad del filete de trucha arcoíris. Los investigadores utilizaron un DCA con tres tratamientos (T1:10%, T2: 20% y T3: 28%) más un testigo (T0: 0%) que fueron evaluados por triplicado. Los peces de los tratamientos 1 y 2 no presentaron diferencias significativas de ganancia de peso con respecto al testigo, mientras que el T3 tuvo una menor GP. Los índices somáticos se vieron afectadas por la inclusión de *L. minor*, sin embargo, las dietas no causaron efectos significativos en la composición química y ácidos grasos del filete con respecto al testigo. En conclusión, que se puede incluir harina de *L. minor* hasta en un 20% en las dietas para trucha sin notarse efectos negativos en el crecimiento.

Goswami et al. (2022), llevaron a cabo un estudio para evaluar el aporte nutricional de *Lemna minor* en la alimentación de la carpa común durante 60 días. Para ello, utilizaron un DCA con cinco tratamientos (0%, 5%, 10%, 15%, y 20% de harina de *L. minor*). Los peces alimentados con 15 y 20% mostraron mayores niveles de peso final y tasa de crecimiento específico ( $p < 0,05$ ). Los contenidos de proteínas y aminoácidos esenciales fueron significativamente elevados en las dietas

conteniendo 15 y 20% de *L. minor*, mientras que el contenido lipídico en los peces alimentados con *L. minor* fue significativamente mayor, en comparación con los del control. En su conclusión aseguran que la inclusión de 10, 15 y 20% de *L. minor* en la dieta mejoró el valor nutricional de la carpa al elevar el contenido proteico, lipídico, de aminoácidos y PUFA n-3.

## **2.2. Bases teóricas - científicas**

### **2.2.1. Paco (*Piaractus brachypomus*)**

#### **2.2.1.1. Descripción**

El paco, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) es un pez originario de las cuencas del Orinoco y Amazonas. Geográficamente esta especie vive en el mismo ecosistema que la gamitana (*Colossoma macropomun*). Asimismo, su estructura corporal es semejante, siendo un distintivo su patrón de coloración. En el paco, el dorso es de color gris oscuro, y gris claro en los costados; parte inferior de la cabeza, aletas pectorales, y parte anterior del vientre es de color rojizo, conserva su patrón de coloración durante toda su vida. Este es un pez rústico, adaptable a diversos ambientes de cultivo y tolera manipuleo. Su comportamiento reproductivo es similar al de la gamitana, reproduciéndose durante las épocas de lluvia, desovando en las temporadas de creciente entre octubre y marzo. En ambientes controlados no logra reproducirse de forma natural, siendo necesario administrar hormonas o extractos para estimular este proceso. En promedio cada hembra desova 100 000 ovas por kilo de peso vivo. (IIAP, 2000).

En su habitat natural, esta especie se alimenta de semillas, frutos, insectos y pequeños peces, clasificándolo como especie omnívora (Castillo Gil, 2020). Es una especie importante en la acuicultura regional al poseer gran potencial productivo y aceptación comercial. Además, este pez se adapta a distintos ambientes de cultivo, extensiva, semi intensiva e intensiva. Asimismo, esta especie es persistente ante manipulación en ambientes controlados, al ser dócil y rustico (Mesa Granada & Botero Aguirre, 2007).

### 2.2.1.2. Taxonomía

**Tabla 1**  
*Clasificación taxonómica del paco (Piaractus brachypomus)*

Reino	Animalia
Filo	Chordata
Sub filo	Vertebrata
Superclase	Gnatostomata
Grado	Pisces
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Orden	Characiformes
Familia	Serrasalminidae
Genéro	<i>Piaractus</i> , Eigenmann (1903)
Especie	<i>Piaractus brachypomus</i> (Cuvier, 1818) Paco (Perú), Pirapitinga (Brasil), Cachama
Nombre común	blanca (Colombia) y Red-bellied pacu (EE.UU.)

Fuente: (Mesa Granada & Botero Aguirre, 2007).

### 2.2.2. Lentejita de agua (*Lemna minor*)

La lentejita de agua es una planta angiosperma (planta con flor), monocotiledónea, perteneciente a la familia Lemnaceae. Presenta característica

taloide es decir: tallo y hojas indiferenciadas. Es una planta específica que consta de una estructura plana de color verde y una raíz delgada de color blanco, muy pequeña de 2-4 mm de largo y 2 mm de ancho, la lenteja de agua es una planta monoica con flores unisexuales, las flores masculinas constan de un único estambre, mientras que la flor femenina consta de un pistilo formado por un solo carpelo, no presenta perianto. La flor se produce a partir de una hendidura ubicada en el margen de la hoja, dentro de una bráctea llamada espata, es común en especies del orden arales (Arroyave, 2004).

### 2.2.2.1. Taxonomía

**Tabla 2**  
*Clasificación taxonómica de la lentejita de agua, (Lemna minor)*

Reino	Plantae
División	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Arecidae
Superorden	Lillianaes
Orden	Alismatales
Familia	Araceae
Género	<i>Lemna</i>
Especie	<i>Lemna minor</i>
Nombre común	Lenteja de agua

Fuente: (Arroyave, 2004).

### 2.2.2.2. Habitat

*Lemna minor* crece en un clima bastante húmedo, siendo raro o ausente en las regiones más áridas (Landolt, 1975). Es un habitante cosmopolita de aguas estancadas ricas en nutrientes (Hillman, 1961). Puede

crecer en ecosistemas con temperaturas que varía entre 5° y 30°C, creciendo adecuadamente entre los 15° y 18°C, soporta amplio rango de pH, encontrándose el adecuado de 4,5 y 7,5. Crece rápido en ambientes iluminados, en aguas tranquilas ricas en nutrientes, con elevado contenido de nitrógeno y fosfatos. La naturaleza flotante de las plantas permite una fácil manipulación de la disponibilidad de nitrato en las raíces y las hojas, al mismo tiempo que mantiene las plantas en condiciones de crecimiento casi naturales (Cedergreen & Madsen, 2004).

### 2.2.2.3. Contenido Nutricional

A continuación, se muestra una tabla elaborada con datos de dos investigaciones realizadas en *Lemna minor*, estos son Machuca Espinar & Mejía Poquioma (2009) y Córdoba et al. (2010).

**Tabla 3**  
*Contenido bromatológico y perfil aminoácidos de Lemna minor*

<b>Nutrientes</b>	<b>Composición (%)</b>
Humedad	5,7
Proteína bruta	28,0
Grasa	3,2
Ceniza	12,2
Fibra	10,5
Carbohidratos	40,4
Energía total (cal/100g)	337,4
<b>Aminoácidos</b>	
Arginina	5,99
Histidina	2,23
Isoleucina	5,52
Leucina	9,10
Lisina	6,15

Metionina	1,54
Fenilalanina	5,49
Treonina	5,05
Triptófano	1,30
Valina	6,49

Fuente: Machuca Espinar & Mejia Poquioma (2009) y Córdoba et al. (2010).

### 2.2.3. Maíz (*Zea mays L.*)

Según la descripción realizada por Barandiarán (2020), el maíz es una especie, monocotiledónea, que pertenece a la clase Liliópsida, orden Cyperales y familia Poaceae (Graminae). La planta de maíz es monoica, es decir, posee flores estaminales funcionales ubicadas en la panoja, que se encuentra en la parte terminal del tallo, y con flores pistiladas que se agrupan en las mazorcas que nacen a la altura de la quinta o sexta hoja, contadas desde la panoja. El maíz es una Poaceae típica, con tallos formados por nudos y entrenudos, y hojas arregladas en forma alterna que nacen de yemas ubicadas en los nudos. Tiende a ser de naturaleza protándrica, ya que la floración masculina ocurre normalmente antes de la floración femenina. El maíz es un cultivo alógamo de polinización cruzada, es decir las flores femeninas son fertilizadas por el polen de otras plantas que son diseminados por el viento. Es una especie diploide, y sus células somáticas poseen 20 cromosomas.

#### 2.2.3.1. Cultivo de maíz

En el Perú esta especie se cultiva durante todo el año, particularmente en la costa. El maíz es un cultivo temporal tomando de entre 4,5 a 5,5 meses, dependientemente de la variedad. Las mayores siembras se registran en los

meses de septiembre a febrero y las cosechas de junio a diciembre (*Ministerio de Agricultura y Riego, 2020*).

En nuestro país el cultivo de maíz es uno de los más importantes, al relacionarse con la cadena productiva avícola y porcícola. Cerca del 90% del área de cultivo se destina para la producción de grano, utilizado en mayormente en la alimentación de pollos y, en menor cantidad de cerdos y vacunos (*Ministerio de Agricultura y Riego, 2020*).

#### **2.2.3.2. Contenido nutricional**

A continuación, se muestra una tabla con los valores nutricionales.

**Tabla 4**  
*Composición química del Maíz, (Zea mays L.)*

<b>Nutrientes</b>	<b>Composición (%)</b>
Humedad	11,3
Proteína	8,8
Lípidos	3,8
Carbohidratos disponibles	65,0
Fibra	9,8
Minerales	1,3

Fuente: Adaptado del libro “Componentes del maíz en la nutrición humana” (Urango, 2018)

## **2.3. Definición de términos básicos.**

### **Acuicultura**

FAO (2021), lo define como: “El cultivo de organismos acuáticos, es decir, de peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas con alguna forma de intervención en el proceso de cría para aumentar la producción”.

### **Biometría**

Acción que se ejecuta en intervalos de 15 a 30 días con la finalidad de evaluar la ganancia de peso y talla, que posteriormente estos datos nos ayudaran a proceder con el reajuste de alimentación.

### **Calidad Nutricional**

Hace referencia al contenido nutricional de un alimento para suplir nutrientes necesarios que un organismo demanda para diversas funciones, tanto metabólicas y reproductivas durante toda su vida (Zavala Pope, 2011).

### **Digestibilidad**

Sotelo et al. (2020), lo definen como una medida de aprovechamiento de un alimento, la disponibilidad biológica de nutrientes para su adsorción, y es importante en la formulación de una ración balanceada.

### **Índice de Conversión alimenticia aparente.**

Hace referencia a la cantidad de alimento utilizado para producir una unidad de ganancia de peso (1 kg). ejemplo TCA = 1,8 significa que 1,8 kg de alimento son necesarios para producir 1 kg de peso de pez vivo.

### **Macrófitas**

Vegetación que habita ecosistemas acuáticos que puede localizarse en flotación o adherida a los fondos. Estas se alimentan de los nutrientes presentes en el agua, hoy en día muchas especies están siendo adaptadas para el tratamiento de agua residuales.

### **Nutrición Acuícola**

Esta ciencia investiga los efectos en las respuestas fisiológicas, bioquímicas y nutricionales de los pienso e insumos tanto convencionales como alternativos usados en la alimentación de diversas especies de peces, crustáceos y moluscos con potencial comercial. Así mismo pretende desarrollar nuevas fórmulas dietéticas con alto valor nutritivo y mejor comportamiento en el ambiente acuático por medio de estudios de biodigestibilidad de nutrientes (Santillán, 2020).

### **Piensos acuícolas**

Son alimentos elaborados industrialmente, destinados a la alimentación de animales acuáticos con el propósito de suministrar nutrientes necesarios para un crecimiento eficiente, fortalecer su sistema inmunitario y desarrollar la etapa reproducción eficientemente, estos se elaboran utilizando diversos insumos, con valor proteico tanto origen animal, como vegetales, etc. (EMR, 2022).

## **Palatabilidad**

La palatabilidad aspecto crítico de los alimentos balanceados, lo cual pueden provocar considerable rendimiento tanto en crecimiento y engorde en peces al ser aceptado adecuadamente.

## **Reajuste de alimento**

Expresado en la cantidad de alimento que se debe suministrar a una unidad de cultivo después de realizado la biometría.

## **2.4. Formulación de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La harina de *Lemna minor* puede sustituir la harina de maíz en dietas balanceadas para *Piaractus brachypomus*

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

#### **2.5.1.1. Nivel de sustitución de harina de maíz por harina de *Lemna minor***

Por su índole y relación con el estudio esta variable es de carácter independiente y cuantitativa. Niveles de sustitución de dietas hace referencia a cierta cantidad que reemplazó de uno o varios insumos con propiedades nutricionales similares, a los insumos usualmente utilizados en la elaboración de dietas balanceadas.

## 2.5.2. Fundamento teórico variable dependiente.

### 2.5.2.1. Desempeño productivo:

Denominada variable dependiente al medir el resultado de manipular la variable independiente, y cuantitativa por ser expresada en cifras. Como parte de la evaluación de esta variable se analizó los datos agrupados en tres grupos principales:

#### A) Índice de crecimiento

##### a) *Ganancia de Peso (GP)*

Es el incremento del peso del pez durante un periodo de cultivo. Se determinará por diferencia del peso final entre el peso inicial.

Formula:

$$GP = Pf - Pi$$

Donde:

- Pi: peso promedio inicial.
- Pf: peso promedio final.

##### b) *Tasa de Crecimiento Específico (TCE)*

La Tasa de Crecimiento Específico es el coeficiente que medirá el aumento porcentual de peso del pez por día.

Formula:

$$TCE = \frac{100 * (Ln(Pf) - Ln(Pi))}{t}$$

Donde:

Pi: Peso en gramos al inicio del periodo

Pf: Peso en gramos al final del periodo

t: Periodo, expresado en número de días

Ln: Corresponde al logaritmo natural

### **c) Tasa de Crecimiento Relativo (TCR)**

Reátegui Acosta et al. (2017), en su estudio publicado, define a la TCR como la forma de expresar el crecimiento de los peces en porcentaje desde el inicio hasta el final del experimento:

Formula:

$$TCR = \left( \frac{Pf - Pi}{Pi} \right) * 100$$

Donde:

- Pf: peso promedio final.
- Pi: peso promedio inicial.

### **d) Ganancia de Biomasa (GB)**

La ganancia de biomasa expresa la acumulación peso en una unidad de cultivo en un periodo. Para determinar este parámetro es fundamental realizar una biometría ya que con estos datos determinaremos la ganancia de biomasa en una unidad de cultivo, se estima multiplicando el peso promedio del pez por el número de peces de dicha unidad.

Formula:

$$B = Pp \times \text{total de individuos}$$

$$GB = B2 - B1$$

Donde:

- B: Biomasa.
- Pp: Peso promedio.
- GB: Ganancia de biomasa.
- B1: Biomasa inicial.
- B2: Biomasa final.

**e) Ganancia de Talla (GT)**

La ganancia de talla expresa la longitud en promedio acumulada durante todo el periodo de cultivo desde el inicio hasta la cosecha.

Formula:

$$GT: T_f - T_i$$

Donde:

- Ti: Talla inicial.
- Tf: Talla final.

**B) Índices de asimilación alimenticia**

**a) Índice de Conversión Alimenticia Aparente (ICAA)**

El Índice de Conversión Alimenticia Aparente expresa la cantidad de alimento (en kg) necesario para producir 1 kg de carne en peces de cultivo. A través de este parámetro determinaremos la efectividad de los alimentos suministrados. Se calculará de la siguiente manera:

Formula:

$$ICAA = \frac{\text{total de alimento suministrado}}{\text{Biomasa ganada}}$$

### ***b) Tasa de Eficiencia Proteica (TEP)***

Es utilizado para expresar la calidad de una proteína, basándose en el aumento del peso del pez.

Formula:

$$Ep = \frac{PG}{PSPC}$$

Donde:

- Ep: Eficiencia proteica
- PG: Peso ganado del pez.
- PSPC: Peso seco de la proteína consumida.

### ***c) Consumo de Alimento (CA)***

Expresa el total de alimento consumido por la población durante la etapa de cultivo.

Formula:

$$CA = \sum \text{total de alimento suministrado}$$

## **C) Índices de bienestar**

### ***a) Factor de Condición (K)***

Este parámetro se evaluará con el propósito de verificar el bienestar de un pez o una población de peces en una unidad de cultivo, se determinará apoyándose del peso y la longitud de los peces.

Dicha variable expresa la relación existente entre el peso y talla.

Formula:

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

Donde: K: Factor de condición.

W: Peso

L: longitud

### ***b) Tasa de Supervivencia (TS)***

Expresa en porcentaje el número de individuos que lograron sobrevivir a lo largo de un periodo de cultivo, partiendo desde la siembra hasta la cosecha.

Formula:

$$TS = \left( \frac{N^{\circ} \text{ final de peces}}{N^{\circ} \text{ inicial de peces}} \right) * 100$$

### ***c) Índice Hepato-Somático (IH)***

El índice hepatosomático revela el nivel de reservas energéticas almacenadas en el hígado del pez, ante un alto índice hepatosomático de un individuo revela que se encuentra en excelentes condiciones. Se calcula, estableciendo la relación existente entre el peso del hígado y el peso eviscerado del pez, expresado en porcentaje.

Formula:

$$IHS = \left( \frac{\text{Peso del hígado}}{\text{Peso total}} \right) * 100$$

## 2.6. Operacionalización de variables

Tabla 5						
Operacionalización de variables						
Variable	Tipo de variable	Categorización o Dimensión	Definición Operacional	Indicador	Nivel de medición	Unidad de medida
Nivel de sustitución	Independiente / Numérica	25% 50% 100%	Sustitución total o parcial de HM por HLM, dietas balanceadas para la alimentación de <i>Piaractus brachipomus</i> , optimizando el desempeño productivo.	Porcentaje de sustitución	Cuantitativa y Continua	g.
		Ganancia de peso.	Es el peso adquirido en toda una etapa de cultivo	Aumento de peso	Cuantitativa y continua	g
Desempeño productivo	Dependiente / Numérica	Tasa de crecimiento específico	Expresa el aumento porcentual de peso por día.	Ganancia porcentual de peso por día.	Cuantitativa y continua	%
		Tasa de crecimiento relativo	Expresa la ganancia de peso porcentual desde el inicio hasta el final.	Ganancia porcentual de peso total	Cuantitativa y continua.	%
		Ganancia de biomasa	Ganancia acumulada de peso en un periodo de cultivo	Peso acumulado en unan unidad de cultivo	Cuantitativa y continua	g
		Ganancia de talla.	Es la talla adquirida en toda la etapa de cultivo	Aumento de tamaño	Cuantitativa y continua	cm
		ICAA	Total, de alimento consumido para producir 1 kg de carne	Proporción de alimento convertido en biomasa	Cuantitativa y continua	kg
		Tasa de eficiencia proteica	Es el aumento de peso adquirida en una etapa evaluada por medio de la ingesta de nutrientes.	Aumento de peso en relación a cantidad de nutrientes	Cuantitativa y continua	%

		Consumo de alimento	Total, de alimento consumido en un periodo de cultivo	Consumo de alimento	Cuantitativa y continua	%
		factor de condición	Comparación de "condición" o "bienestar" de una población basándose entre el peso y talla del pez	Relación talla - peso	Cuantitativa y continua	%
		Tasa de sobrevivencia	Porcentaje de individuos que sobrevivieron al final de un periodo de cultivo.	Total, número de peces	Cuantitativa y continua	%
		Índice Hepato-Somático	Reserva de energía almacenada en el hígado del pez	Relación peso de hígado entre peso del pez	Cuantitativa y continua	%

## **Capítulo III: METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de investigación del estudio es experimental, ya que se manipuló una variable para causar efecto sobre otra. También es de tipo aplicada porque los resultados que se obtuvieron servirán para mejorar dificultades presentes en alimentación de peces. Además, es cuantitativa por el tipo de variables evaluadas.

### **3.2. Nivel de investigación**

Esta investigación es de nivel aplicado teniendo por objetivo dar solución a un determinado problema, enfocándose en buscar y generar conocimiento para su aplicación, por ende, enriquecer el desarrollo cultural y científico.

### **3.3. Métodos de investigación**

#### **3.3.1. Área de estudio**

El estudio se desarrolló en un estanque 1 200 m<sup>2</sup> de espejo de agua por 1,6 m de profundidad, de tipo derivación abastecido a través una red de tuberías que transporta agua por medio de bombeo que tiene como fuente la quebrada “Yanayacu”. El estanque se encuentra ubicado a 120 metros de la fuente de agua.

El estanque ubicado en el Fundo Santa Rita, la cual se encuentra comprendida entre las coordenadas 6° 03' 57" S y 76° 11' 53" W, ubicada a la altura del kilómetro 7 margen derecho de la carretera Grau – La Florida,

jurisdicción del caserío “Cotoyacu”, perteneciente al distrito de Yurimaguas, provincia de Alto Amazonas, región Loreto.

**Figura 1**

*Ubicación del área experimental donde se desarrolló el estudio*



**3.3.2. Colecta de *Lemna minor* para análisis bromatológico**

Las muestras de lentejita de agua (*Lemna minor*) fueron colectadas en distintas zonas del distrito de Yurimaguas, entre ellas tenemos: Lago Mayrujay (M1), Yurimaguas (M2), Munichis (M3 y M4), y Puerto Perú (M5). De cada punto de colecta se extrajo aproximadamente 1 kg de muestra fresca de *L. minor*. Para ello utilizamos una red de malla mosquitero de 3 m de largo por 1 m de alto, un colador plástico mediano y cinco bolsas plásticas para facilitar el almacenamiento y transporte de las muestras hasta Yurimaguas.

**3.3.3. Procesamiento de muestras de *Lemna minor***

Las cinco muestras pasaron por un proceso de deshidratación con el propósito de eliminar la mayor cantidad de agua presente. Para esto se expuso cada una de ellas al sol por espacio de tres días, siendo esparcidas sobre

calaminas e invertidas eventualmente para facilitar la acción de los rayos solares. Una vez secadas las muestras, se pesaron en una balanza de precisión (0,001 g de sensibilidad) para determinar el porcentaje de humedad perdida. Seguidamente se hizo la molienda empleando un molino manual para granos, se tamizó y envasó en bolsas de papel rotuladas indicando la cantidad de muestra seca y el lugar de procedencia. Finalmente, la muestra fue enviado a un laboratorio certificado para su análisis bromatológico.

### 3.3.4. Análisis bromatológico de *Lemna minor*

En la Tabla 5 se muestran los resultados del análisis bromatológico realizados a las muestras de *L. minor* en el Laboratorio de Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima, Perú).

**Tabla 6**

*Análisis bromatológico de Lemna minor*

Parámetros evaluados	Muestras de <i>Lemna minor</i> de distintas zonas				
	M1	M2	M3	M4	M5
<b>Humedad %</b>	12,32	13,19	10,75	13,03	10,85
<b>Proteína Total</b>	8,96	8,83	11,14	12,33	9,63
<b>Grasa %</b>	0,44	0,22	0,14	0,21	0,57
<b>Fibra cruda %</b>	11,98	17,12	11,83	13,54	9,54
<b>Ceniza %</b>	44,69	32,91	39,35	33,66	40,70
<b>ELN %</b>	21,61	27,73	26,79	27,23	28,71

Fuente: Laboratorio de evaluación nutricional de alimentos (UNALM)

Los datos bromatológicos evidencian que las muestras M3 y M4 (ambas procedentes de Munichis) presentaron mayores contenidos proteicos en comparación al resto. Por su parte, la M5 (Puerto Perú) mostró un nivel intermedio de proteínas, mayor cantidad de grasas y carbohidratos, así como un moderado contenido de fibra cruda.

### **3.4. Diseño de investigación**

En este estudio se aplicó un diseño experimental puro, se manipuló una variable para provocar efectos que fueron medidos sobre las variables dependientes. Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos, los mismos que fueron evaluados por triplicado.

Los tratamientos experimentales de la tesis fueron los siguientes:

- ✓ T0 o testigo (dieta con 0% de sustitución de la HM por la HLM)
  
- ✓ T25 (dieta con 25% de sustitución de la HM por HLM)
  
- ✓ T50 (dieta con 50% de sustitución de la HM por HLM)
  
- ✓ T100 (dieta con 100% de sustitución de la HM por HLM)

## 3.5. Población y muestra

### 3.5.1. Población

La población del estudio estuvo conformada por 635 alevines de *Piaractus brachypomus* obtenidos mediante reproducción inducida y que pertenecían a una misma progenie. Estos peces tenían un peso y talla promedio inicial de 1 g y 3 cm, respectivamente y fueron adquiridos de la empresa Acuícola “Buchisapa Fish”, ubicada en el distrito de Yurimaguas.

**Figura 2**

*Aclimatación y siembra de los alevines de paco*



### 3.5.2. Muestra

El tamaño de la muestra del estudio fue obtenida a través de la fórmula de estimación diseñada para poblaciones finitas, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error máximo de 5%.

Formula:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

**n** = Tamaño de muestra buscado

**N** = Tamaño de población o universo

**Z** = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)

**e** = Error de estimación máximo aceptado

**p** = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

**q** = (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.

En ese sentido, los datos a ser empleados en el cálculo del tamaño de muestra fueron los siguientes:

<b>N</b> = 635 alevinos	<b>Z</b> = 1.96	<b>e</b> = 0.05	<b>p</b> = 0.5	<b>q</b> = 0.5
-------------------------	-----------------	-----------------	----------------	----------------

Luego de aplicada la fórmula, se determinó que el número de ejemplares a ser utilizados para el experimento estaría compuesto de 240 alevinos pre criados, con peso y talla promedio de  $17,1 \pm 0,51$  g y  $9,7 \pm 0,15$  cm, respectivamente. Los peces fueron distribuidos aleatoriamente en las unidades experimentales, a una densidad de 10 peces/m<sup>3</sup>. Al inicio del experimento, cada unidad experimental albergó un total de 20 peces.

### 3.5.3. Criterios de inclusión

Para selección de los individuos que participaron en el experimento, se realizó control biométrico a la población, de los cuales se obtuvo 240 peces que se

encontraron aparentemente sanos y en rango de peso 16 a 18 g, y talla entre 9,5 y 10 cm, respectivamente.

#### **3.5.4. Criterios de exclusión**

En el proceso de control biométrico se fueron descartando los peces que presentaron nado errático y/o malformaciones (sin ojos o con aletas malformadas e incompletas).

#### **3.5.5. Característica de las muestras**

Los peces que constituyeron la muestra fueron ejemplares aparentemente sanos, sin presencia de ectoparásitos, con coloración adecuada como lo indican en su descripción y libre de malformaciones, estos peces primero fueron aclimatados al estanque de cultivo, alimentados con dietas comercial para su adaptación al alimento que se usó posteriormente. En el control biométrico previo a su estabulación se determinó que los peces presentaban buenos índices zootécnicos.

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

Los datos del estudio fueron recolectados en fichas de campo elaboradas de acuerdo a las actividades realizadas. Para el control y seguimiento de los parámetros zootécnicos, se realizaron evaluaciones biométricas (control de peso y talla) cada 20 días. Asimismo, el consumo de alimento se registró diariamente, durante el tiempo que duró el experimento.

Para mantener la calidad de agua en el área experimental se realizó un control minucioso de los parámetros físico-químicos. La medición de la concentración de

oxígeno disuelto y la temperatura del agua se realizó dos veces al día (mañana y tarde). El pH, amonio total, nitritos y nitratos se evaluó una vez por semana.

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

Los datos registrados en las fichas de campo se digitaron en libros de Excel versión 2019, posteriormente se realizó una uniformización de datos.

### **3.8. Tratamiento estadístico**

Para el tratamiento estadístico de los datos, se utilizó el software SPSS versión 26 para realizar un ANOVA de una vía con un nivel de confianza del 95%. Antes de realizarse el ANOVA, se evaluó si los datos cumplían con las presunciones de normalidad y homogeneidad de varianzas, a través de las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente.

### **3.9. Orientación ética filosófica y epistemológica**

#### **3.9.1. Ética**

La presente tesis ha sido diseñada, ejecutada y redactada, cumpliendo estrictamente los lineamientos establecidos por el CONCYTEC respecto a ética profesional y conducta responsable en investigación se realizaron esfuerzos para asegurar que los procedimientos de la investigación no afectaran negativamente la salud de los animales, promoviendo un manejo responsable y consciente en todo momento.

#### **3.9.2. Filosófica**

Desde el punto de vista filosófico, el estudio se enmarca en un enfoque que promueve la sostenibilidad y la optimización de los recursos en la acuicultura. La inclusión de *Lemna minor* como una fuente alternativa de harina en la dieta de los peces se alinea con la filosofía de buscar soluciones ecológicas y eficientes para reducir el impacto ambiental de las prácticas acuícolas.

### **3.9.3. Epistemológica**

Epistemológicamente, el estudio sigue un enfoque cuantitativo y experimental, basado en la recopilación y el análisis de datos objetivos. El uso de herramientas estadísticas como el ANOVA en el software SPSS garantiza una interpretación precisa y fiable de los resultados. La investigación está orientada a obtener conocimientos empíricos sobre los efectos de la inclusión de *Lemna minor* en las dietas de los peces, buscando aportar información valiosa y científica que pueda ser utilizada para mejorar las prácticas acuícolas y avanzar en la nutrición de especies como *Piaractus brachypomus*.

## Capítulo IV: RESULTADOS Y DISCUSION

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

La fase experimental se realizó de la siguiente manera:

#### 4.1.1. Preparación de estanque para cultivo

Se inició con el retiro de la maleza del estanque con 8 días de anticipación al llenado, se dejó reposar dos días. Para mayor control se realizó el encalado por toda la superficie a razón de 250 kg por hectárea, aplicando mayor cantidad en las zonas húmedas. Después del prellenado, se procedió al abonado con hojas de kudzu, harina de pescado (5 kg), y aplicación de fermento (Mescla de Polvillo, Melaza de caña de azúcar, torta de soya, y Probióticos-EM-AGUA). Todo este proceso se ejecutó después de la construcción de la plataforma. Como último paso se instaló las hapas y se completó el llenado.

#### Figura 3

*Prellenado y fertilización del estanque empleado como área experimental*



#### 4.1.2. Unidades experimentales

Para el presente trabajo de investigación se utilizaron 12 hapas como unidades experimentales. Las doce hapas fueron elaboradas en base a red de

malla mosquitero plástica y tuvieron las siguientes medidas: 1 m de ancho por 2 m de largo y 1,2 m de profundidad, alcanzando un volumen total de 2,4 m<sup>3</sup>. Sin embargo, al ser instaladas, cada una de ellas tuvo un volumen de agua efectiva de 2 m<sup>3</sup>. Las hapas fueron instaladas dentro del estanque destinado como área experimental.

#### **4.1.3. Formulación de dietas o tratamientos experimentales**

En base a los resultados obtenidos del análisis bromatológico de las muestras (Tabla 6), se determinó la utilización de muestras de *Lemna minor* de la localidad de Puerto Perú (M5), como materia prima para procesar y producir la harina de *Lemna minor* (HLM), la misma que luego fue utilizada en la formulación y elaboración de las dietas experimentales de la tesis, no solamente por su aceptable contenido proteico, sino principalmente, debido a la mayor abundancia de dicha materia prima vegetal en esa zona geográfica de la provincia de Alto Amazonas, en relación a los demás puntos de colecta estudiados.

En tal sentido, se formularon cuatro (04) dietas de tipo peletizadas, siendo éstas, una (01) dieta testigo y tres (03) dietas experimentales conteniendo distintos niveles de sustitución de la Harina de Maíz Amarillo (HMA) por la Harina de *Lemna minor* (HLM). Las dietas denominadas T0, T25, T50 y T100, fueron formuladas a través del software nacional ZMix y contienen niveles de reemplazo de HMA por HLM del orden del 0, 25, 50 y 100%, respectivamente, que se muestran en mayor detalle en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Contenido (%) de cuatro dietas experimentales con distintos niveles de sustitución de la harina de maíz amarillo (HMA) por harina de Lemna minor (HLM)*

<b>INSUMOS USADOS</b>	<b>T0</b>	<b>T25</b>	<b>T50</b>	<b>T100</b>
Harina de <i>Lemna minor</i> (HLM)	0,00	7,50	15,00	30,00
Harina de maíz amarillo (HMA)	30,00	22,50	15,00	0,00
Polvillo de arroz	15,00	15,00	15,00	15,00
Harina de pescado FAQ	15,00	15,00	15,00	15,00
Torta de soya	26,00	25,40	24,80	23,70
Moyuelo de trigo	12,10	12,70	13,30	14,40
Aceite de palma	0,50	0,50	0,50	0,50
Carbonato de calcio	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal marina	0,51	0,51	0,51	0,51
Premezcla vitamínico-mineral	0,15	0,15	0,15	0,15
Cloruro de colina al 60%	0,12	0,12	0,12	0,12
BHT (antioxidante)	0,02	0,02	0,02	0,02
Fungiban (antimicótico)	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>
Proteína bruta (%)	26.76	26.75	26.74	26.75
Humedad (%)	11.44	11.23	11.03	10.62
Grasa (%)	5.77	5.58	5.38	4.99
Cenizas (%)	7.99	10.95	13.91	19.84
Fibra Cruda (%)	3.49	4.05	4.61	5.72
Carbohidratos (%)	44.56	41.44	38.33	32.07
Energía Bruta (Kcal/100 g)	3372.2	3229.7	3087.2	2802.4

Fuente: Software ZMix AF It

#### **4.1.4. Elaboración de las dietas experimentales**

Las dietas experimentales fueron de tipo peletizado, es decir, con mínima flotabilidad. Todos los insumos de una dieta en particular fueron mezclados en distintas bandejas plásticas hasta homogenizarlos completamente. Una vez integrados todos los insumos, las mezclas fueron humedecidas con un 25 a 30% de agua potable antes de pasarse por un molino de carne adaptado a un motor de 5,5 HP tipo peque-peque, el cual logró dar una adecuada consistencia a los pellets formados de cada una de las dietas del estudio. Los pellets colectados fueron

esparcidos sobre mantas para su secado correspondiente por espacio de un día. Cada dieta se elaboró y fue secado por separado.

#### **4.1.5. Alimentación de los peces**

Los peces fueron alimentados a una tasa de alimentación equivalente al 8%, 7% y 6% de la biomasa existente en cada unidad experimental durante el primer mes, segundo y tercer mes respectivamente, dos veces al día (mañana y tarde), durante un periodo de 80 días.

#### **4.1.6. Calidad de agua**

En la práctica de la acuicultura, además de asegurar la calidad de los alimentos suministrados a los organismos en cultivo, es esencial mantener una excelente calidad del agua para obtener resultados óptimos durante la fase de producción. De lo contrario, podrían surgir problemas de sanidad, estrés, bajo crecimiento y bajas tasas de sobrevivencia (Ríos, 2021).

Para monitoreo de los parámetros químicos (pH, Amonio Total, Nitritos y Nitratos) más relevantes de la calidad del agua durante la fase experimental de esta tesis se utilizó un FRESHWATHER MASTER TEST KIT, de la marca API. Mientras que para los parámetros físicos (OD y Temperatura) se usó un Medidor de oxígeno disuelto digital portátil (DO) de 0 a 20 Mg/l, de serie JPB-70A. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla 8**, donde se detallan los valores registrados para cada parámetro evaluado.

**Tabla 8**  
*Parámetros físico-químicos del agua registrados durante la fase experimental*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango</b>	<b>Media</b>
Temperatura del agua	°C	25,3 – 32,1	28,5
Oxígeno disuelto	mg/l	3,0 – 6,5	5,1
pH del agua	UpH	6,0 – 6,7	6,4
Amonio total	ppm	0,5 – 2,0	1,25
Nitritos totales	ppm	<0,05	<0,05
Nitratos totales	ppm	<0,1	<0,1

Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que la temperatura del agua se mantuvo entre 25 a 32°C. El oxígeno disuelto osciló entre 3 mg/l a 6,5 mg/l, siendo el promedio de 5,1 mg/l, encontrándose en el rango ideal para cultivo de esta especie. Asimismo, el pH osciló entre 6,0 y 6,7 UpH, con una media de 6,4. El amonio total se registró en 1,25 ppm, mientras que el nitrito y nitratos, registraron valores por debajo 0,05 ppm. Todos estos parámetros evaluados en el estudio se encuentran dentro del rango normal para el cultivo del paco (Ríos, 2021).

## **4.2. Presentación, análisis y prueba de hipótesis.**

### **4.2.1. Desempeño productivo.**

#### **4.2.1.1. Índices de crecimiento.**

En la Tabla 9, y complementariamente la Figura 4 se presentan los resultados finales de todos los índices de crecimiento (Ganancia de peso GP, Tasa se crecimiento específico TCE, Tasa de crecimiento relativo TCR, Ganancia de biomasa GB, Ganancia de talla GT, Peso final), evaluados en cada grupo de peces, así como los valores obtenidos del análisis de varianza realizados para determinar

la posible influencia de las dietas experimentales sobre los índices de crecimiento de *P. brachypomus*.

**Tabla 9**

*Índices de crecimiento (media ± error estándar de la media) de juveniles de Piaractus brachypomus alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución de harina de maíz (HM) por harina de L. minor (HLM)*

	<b>T0</b>	<b>T25</b>	<b>T50</b>	<b>T100</b>	<b>p-valor</b>
<b>GP</b>	130,6 ± 9,8	123,2 ± 17,7	126,8 ± 8,1	110 ± 3,98	0,20
<b>TCE</b>	2,70 ± 0,13	2,62 ± 0,13	2,65 ± 0,07	2,51 ± 0,08	0,22
<b>TCR</b>	774,1 ± 85,5	715,7 ± 85	734,45 ± 43,8	639,83 ± 37,4	0,17
<b>GB</b>	2509,7 ± 116,7 <sup>a</sup>	2431,7 ± 295,2 <sup>a</sup>	2490,3 ± 215,3 <sup>a</sup>	1517 ± 348,38 <sup>b</sup>	0,04
<b>GT</b>	8,17 ± 0,38	8,11 ± 0,71	8,47 ± 0,31	7,53 ± 0,28	0,16

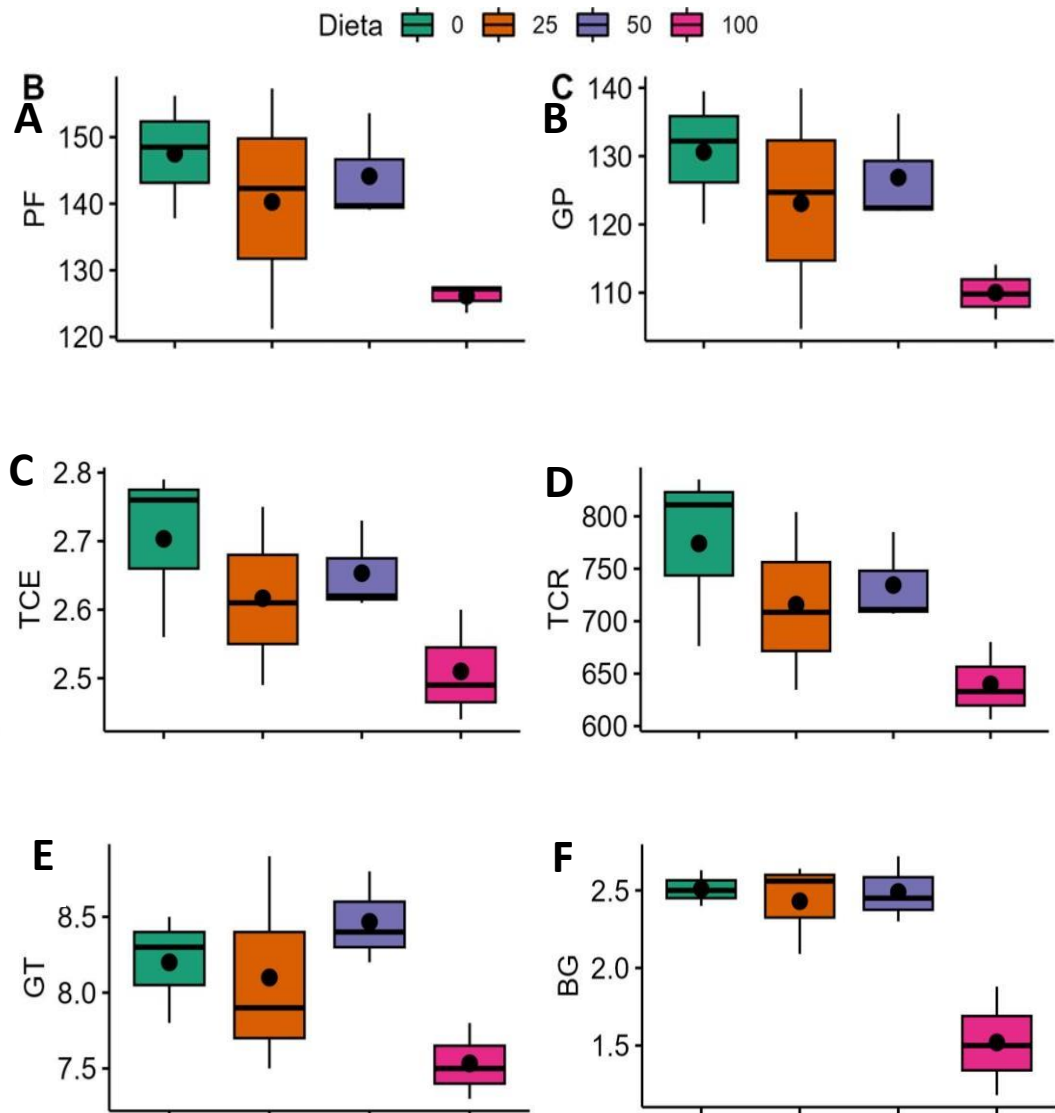
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tratamientos con letras distintas dentro de una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

En la Tabla 9 se muestra los valores de significancia de la prueba de ANOVA, esta no detectó diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) en los siguientes índices de crecimiento: GP, TCE, TCR y GT, entre los tratamientos. Si bien, el ANOVA muestra significancias estadísticas ( $P < 0,05$ ) en lo referente al parámetro GB entre el T100 con el resto de tratamientos, esto no está relacionado directamente a las dietas evaluadas, sino más bien se debe a los escapes fortuitos de algunos peces de las unidades experimentales del T100 que, para efectos de la tesis, fueron considerados como eventos de mortalidad, que al final del estudio tuvieron incidencia directa sobre los cálculos de biomasa ganada (GB) por consiguiente, podemos inferir que, las dietas experimentales conteniendo HLM, tienen el mismo efecto en la promoción del crecimiento de los peces que la dieta control (contiene solo HM).

**Figura 4.**

*Índices de crecimiento de juveniles de paco alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución (0, 25, 50 y 100%) de harina de maíz (HM) por harina de Lemna minor (HLM)*



Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.1.2. Índices de asimilación alimenticia.**

En la Tabla 10 y complementariamente la Figura 5, detallan los resultados obtenidos sobre los principales índices de asimilación alimenticia (Índice de conversión alimenticia aparente ICAA, Tasa de eficiencia proteica TEP, y Consumo de alimento CA), de los peces sometidos a la fase experimental de la presente tesis.

**Tabla 10.**

*Índice de asimilación alimenticia (media ± error estándar de la media) de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución de harina de maíz (HMA) por harina de *L. minor* (HLM)*

	<b>T0</b>	<b>T25</b>	<b>T50</b>	<b>T100</b>	<b>p-valor</b>
<b>ICAA</b>	1,82 ± 0,21	1,79 ± 0,29	1,81 ± 0,15	2,50 ± 0,60	0,11
<b>TEP</b>	2,07 ± 0,22	2,12 ± 0,32	2,07 ± 0,17	1,55 ± 0,34	0,95
<b>CA (kg)</b>	4,56 ± 0, 37 <sup>a</sup>	4,31 ± 0, 22 <sup>ab</sup>	4,49 ± 0, 14 <sup>a</sup>	3,66 ± 0,20 <sup>bc</sup>	0,01

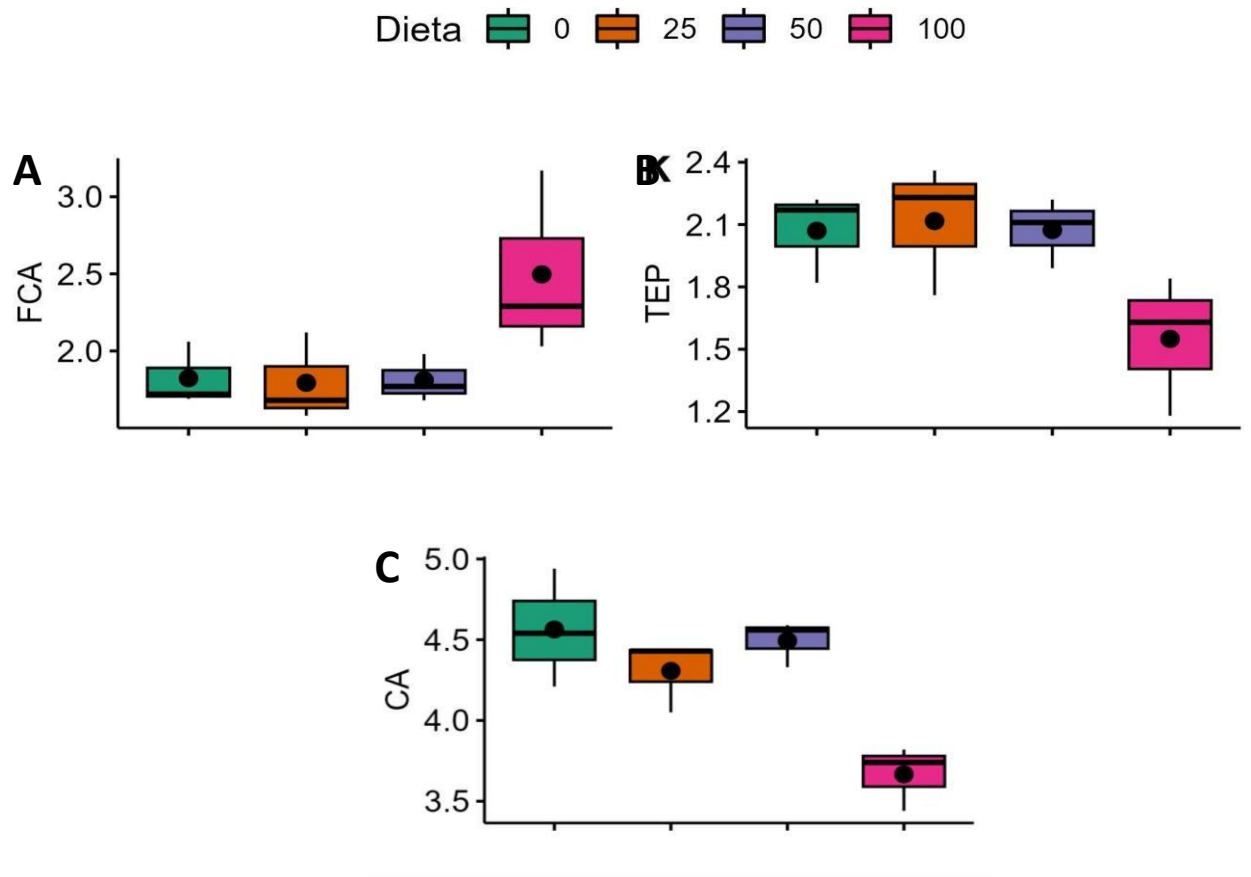
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Tratamientos con letras distintas dentro de una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

La tabla 10 muestra el resultado arrojado por la prueba de ANOVA indican que para el parámetro de índice de conversión alimenticia aparente el T25 ( $1,79 \pm 0,29$ ) presentó los mejores resultados, seguidos por el T50, T0 y T100, aun así, dicho parámetro no presentó diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). De manera similar se observa los resultados de TEP en donde tampoco se evidencia diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). sin embargo, el CA presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), la prueba de Tukey se determinó que existe diferencias ( $p < 0,05$ ) entre los T0, T25 y T50, así mismo no existe diferencia entre T25 y T100, sin embargo, el T100 ( $3,66 \pm 0,20$ ) quien posee los valores más bajo presenta diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) con el resto de tratamientos, dichos resultados se encuentran directamente relacionado a el evento fortuito por perdida de peces de dicho tratamiento. Los resultados respaldan el uso de harina de *Lemna minor* como sustituto de la harina de maíz en dietas del paco, al no presentar diferencias significativas a razón de su consumo.

**Figura 5.**

*Índices de asimilación alimenticia de juveniles de paco alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución (0, 25, 50 y 100%) de harina de maíz (HM) por harina de Lemna minor (HLM)*



Fuente: Elaboración propia.

### 4.2.1.3. Índices de bienestar

La Tabla 11 y complementariamente, la Figura 6, muestran en detalle los resultados obtenidos acerca de los índices de bienestar de los peces sometidos a la fase experimental de la presente tesis.

**Tabla 11.**

*Índice de Bienestar (media  $\pm$  error estándar de la media) de juveniles de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución de harina de maíz (HMA) por harina de *L. minor* (HLM).*

	T0	T25	T50	T100	p-valor
<b>K</b>	2,56 $\pm$ 0,09	2,47 $\pm$ 0,05	2,42 $\pm$ 0,03	2,48 $\pm$ 0,03	0,09
<b>TS</b>	96,7 $\pm$ 2,9 <sup>a</sup>	98,3 $\pm$ 2,9 <sup>a</sup>	98,3 $\pm$ 2,9 <sup>a</sup>	73,33 $\pm$ 15,28 <sup>b</sup>	0,01
<b>IHS</b>	1,41 $\pm$ 0, 31 <sup>a</sup>	1,53 $\pm$ 0, 32 <sup>ab</sup>	1,45 $\pm$ 0,33 <sup>ab</sup>	1,57 $\pm$ 0,33 <sup>b</sup>	0,04

Fuente: Elaboración propia.

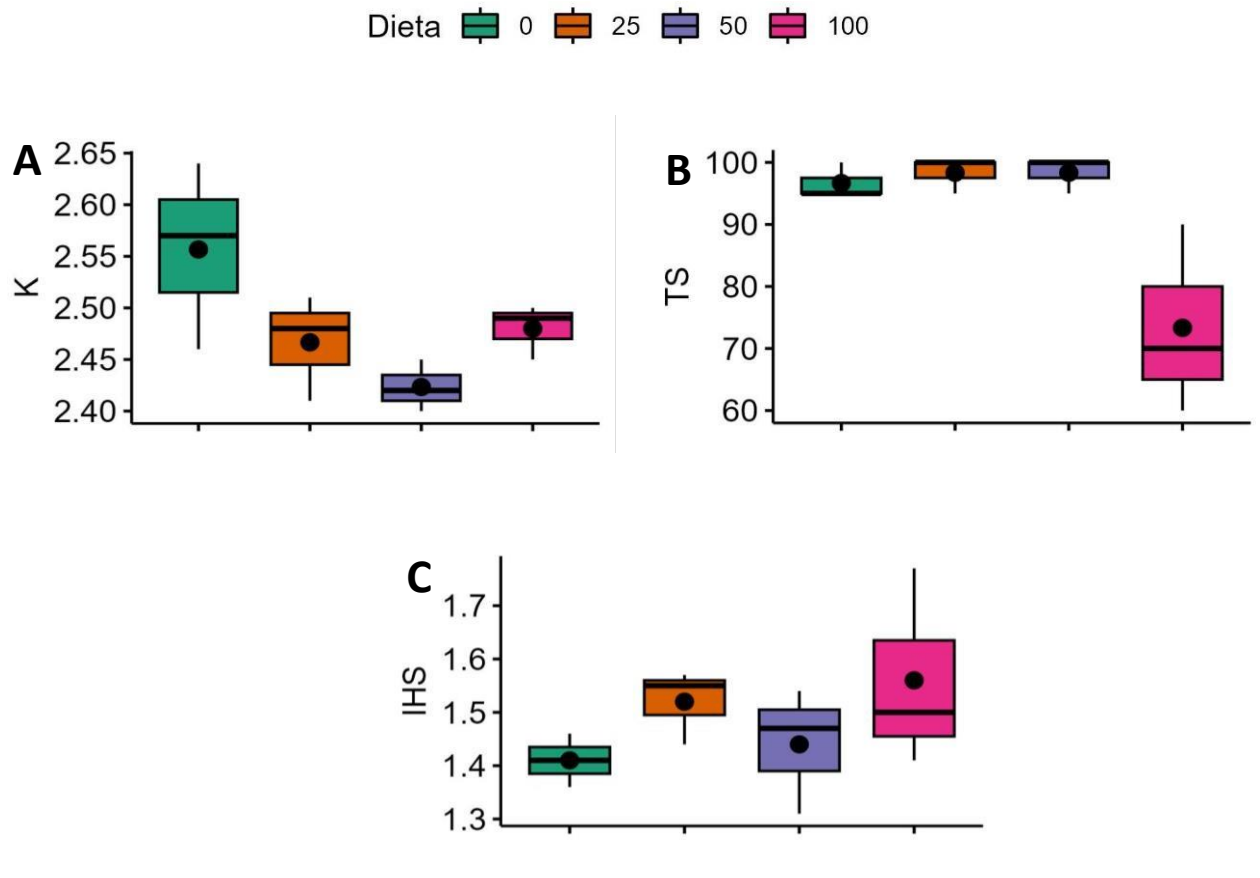
Nota: Tratamientos con letras distintas dentro de una misma fila indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

La tabla 11 presenta los resultados del ANOVA a un nivel de significancia de 0.05. Para el factor de condición se observa que el T0 (2,56  $\pm$  0,09) obtuvo el valor más alto, seguido por T100(2,48  $\pm$  0,05), posteriormente los otros tratamientos sin presentar diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Sin embargo, la tasa de sobrevivencia presentó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), de acuerdo a la prueba Tukey se determinó que solo el T100 (73,33  $\pm$  15,28b) presenta diferencias significativas con los otros tratamientos, dicho resultado se obtuvo por la pérdida de peces que para este caso se determinó como mortalidad. Con relación a la variable IHS, se observa la Tabla 11 que hubo diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos tratamientos dietarios evaluados. En ese sentido, la prueba de Tukey determinó que la mayor diferencia de medias entre tratamientos se dio entre los peces del T0 y el T100 ( $p < 0,05$ ). En base a estos resultados, podemos concluir que el uso de harina de *Lemna minor* como sustituto de la harina de maíz en las dietas del paco

es una alternativa altamente beneficios, al no afectar negativamente el rendimiento o la salud de los peces, lo que sugiere que es una opción viable y económica para sustituir la harina de maíz.

**Figura 6.**

*Índices de bienestar de juveniles de paco alimentados con dietas conteniendo cuatro niveles de sustitución (0, 25, 50 y 100%) de harina de maíz (HM) por harina de Lemna minor (HLM)*



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos para (GP, TCE, TCR y GT) fueron favorables al no presentar diferencias significativas ( $p > 0.05$ ). Por consiguiente, inferimos que, las dietas experimentales conteniendo HLM, tienen el mismo efecto en la promoción del crecimiento de los peces que la dieta control (contiene solo HM). Si bien, el ANOVA muestra significancias estadísticas ( $P < 0,05$ ) (Tabla 9) en lo referente al parámetro GB, esto no se atribuye al efecto concreto de una de las dietas evaluadas, sino se debe directamente a los escapes fortuitos de algunos peces de las unidades experimentales del T100, que, para efectos de la tesis, fueron considerados como eventos de mortalidad, que al final del estudio tuvieron incidencia directa sobre los cálculos de biomasa ganada (GB) de los peces del T100. Dichos resultados resultan similares a los reportados por Herawati et al. (2020), quienes obtuvieron mayor (GB) en alevinos de tilapia nilótica alimentadas con dietas que contenían harina de *L. minor*. De igual manera Goswami et al. (2022), reportan resultados positivos en GP, en peces alimentados con dietas que contenían harina de *L. minor*. Así mismo, Chamorro (2022), en su estudio demostró que los peces alimentados con dietas con 20% de inclusión de harina de *L. minor* obtuvieron mayores niveles de (GB). Del mismo modo Bello - Armenta & Cuello (2023), reportan valores superiores de (GB) en *Colossoma macropomum* alimentadas con dietas con 28% de *L. minor*, en comparación a los peces alimentados con una dieta control.

Al igual que en esta tesis, un estudio ejecutado en tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) por Opiyo et al. (2022), reveló que juveniles alimentados con dietas conteniendo 15% de inclusión de HLM tuvieron niveles de GP similares ( $P > 0,05$ ) a los peces de la dieta control (sin HLM). Por otro lado, Goswami et al. (2022), obtuvieron rendimientos de crecimiento superiores a la dieta testigo en alevinos de *Cyprinus carpio*

alimentados con dietas conteniendo niveles 15 y 20% de sustitución de *L. minor* sobre otros insumos como la torta de soya. Otro estudio publicado por Irabor et al. (2022), reporta resultados óptimos en la GP de *O. niloticus* y el crustáceo *Macrobrachium rosenbergii* alimentados con una dieta compuesta por 50% de HLM y 50% de harina de desechos de pescado, en reemplazo de otras fuentes de proteína convencionales para estas especies.

La GT presentó una tendencia semejante a la GP, evidenciando que los peces del T50 alcanzaron en media una mayor longitud ( $8,47 \pm 0,31$  cm) que los peces de los tratamientos restantes, sin ser significativamente distintos según el ANOVA ( $P=0,15$ ). Autores como Fiordelmondo et al. (2022), revelaron que tanto la GT como la GP de ejemplares juveniles de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), no se vieron afectadas negativamente por la inclusión de hasta un 20% de HLM en sus dietas, a pesar de ser un pez de régimen eminentemente carnívoro. Asimismo, Chamorro (2021), reportó que ejemplares juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) alimentados con un 20% de inclusión de HLM, alcanzaron una mayor GT promedio que los peces alimentados con el tratamiento testigo (sin inclusión de HLM). De manera similar, Asimi et al. (2018), reportaron que los índices de crecimiento de ejemplares de carpa común (*Cyprinus carpio*) alimentados con dietas que contenían hasta un 45% de HLM no se vieron afectados negativamente, demostrándose el alto potencial que tiene este insumo vegetal en la alimentación de especies herbívoras y omnívoras. Asimismo, Palacios-Morales et al. (2018) evaluaron el rendimiento zootécnico de *C. carpio* en sistemas acuapónicos, y obtuvieron mayores GT y GP en los peces alimentados con una dieta a base de 50% de HLM y 50% de alimento comercial, en comparación a los ejemplares alimentados exclusivamente con la dieta comercial. En conclusión, queda claro que los resultados

de nuestro estudio son muy similares a los obtenidos en otras investigaciones realizadas con este insumo alternativo vegetal de interesante potencial para la acuicultura.

En lo que respecta a los niveles promedio de TCE encontrados en la presente tesis, podemos observar que los peces del T0 obtuvieron la mayor TCE, seguido de los peces del T50 (Tabla 9), sin presentar diferencias significativas ( $P=0,13$ ) entre los tratamientos evaluados. Autores como Goswami et al. (2022), demostraron que a mayor inclusión de *L. minor* en las dietas, se producía una mejor respuesta en TCE en carpa común. Por otro lado, Opiyo et al. (2022), en su estudio demostraron que los peces alimentados con dietas con 15 % de *L. minor* obtuvieron una TCE cercano a lo obtenido por la dieta control, sin presentar diferencias significativas ( $p>0,05$ ). De igual manera, Fiordelmondo et al. (2022), en su estudio revelaron que la TCE no se vio afectada en la trucha alimentadas hasta 20% de inclusión de *L. minor* en las dietas. Finalmente, Muchahary et al. (2023), en su estudio con *Heteropneustes fossilis* alimentadas con *L. minor*, mostró que los peces alimentados con dietas de 15 % de inclusión de *L. minor* obtuvieron la mayor TCE sin ser significativamente diferentes entre sus tratamientos. Diversos estudios de inclusión dietaria de *L. minor* demostraron ser prometedores. Los resultados demuestran que el paco alimentado con hasta un 50% de inclusión por *L. minor* tuvieron resultados favorables en cuanto a TCE, siendo incluso superiores a otros estudios.

Según nuestros resultados (Tabla 9) se evidencia que los peces del T0 alcanzaron una TCR superior, pero no muy distinto del T2, ambos resultados son superiores a los obtenidos por los peces de los demás tratamientos, sin ser significativamente diferentes. Los resultados obtenidos en nuestro estudio se asemejan a los reportados por Herawati et al. (2020), quienes en un experimento con alevinos de *O. niloticus* alimentados con

dietas a base de *L. minor*, no presentaron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en cuanto a la TCR respecto al testigo. Sin embargo, Palacios-Morales et al. (2018), reportaron que alevinos de carpa común alimentadas (50% de *L. minor* y 50% de dieta comercial) en sistemas acuapónicos obtuvieron TCR superiores a la de aquellos peces alimentados con dietas comerciales, sin ser significativamente diferentes. Finalmente, Muchahary et al. (2023), revelaron que alevinos de *Heteropneustes fossilis* alimentadas con dieta con inclusión de *L. minor* del 15%, obtuvieron la mayor TCR, pero sin evidenciar diferencias significativas.

Esto a la postre significa que las TCE de los peces son similares entre todas las dietas evaluadas y que la HLM puede reemplazar completamente a la HMA en dietas para el paco.

En relación a los resultados mostrados en la Tabla 10 índice de asimilación alimenticia (ICAA, TEP, CA), no registró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en la conversión alimenticia (ICAA) de los peces que sean atribuibles a una posible influencia de los tratamientos dietarios aplicados en el experimento. Se observa que los peces alimentados con T0, T50 y T100 fueron menos eficientes convirtiendo el alimento en carne. Estos resultados son semejantes al de otros estudios con inclusiones dietarias de HLM en trucha y tilapia, donde también se demostró que a mayor inclusión de este insumo, se producían FCA más altos en dichos peces (Fiordelmondo et al. 2022; Goswami et al. 2022; Opiyo et al. 2022). Sin embargo, los resultados de la presente tesis difieren drásticamente de aquellos reportados por Irabor et al. (2022), quienes reportaron FCA de 1,02 en juveniles de *Clarias gariepinus* alimentados con dietas con hasta 50% de inclusión de *L. minor*.

En lo referente a la variable tasa eficiencia proteica (TEP), se observa que los peces de T0, T25 y T50 presentan aparentemente mayores niveles de asimilación y conversión de las proteínas dietarias en carne, en comparación a los peces del T100; sin embargo, se observa que no presentó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos. Estos resultados son similares a los reportados por Mustafa et al. (2022), quienes demostraron que ejemplares de *Lates calcarifer* alimentados hasta con 35% de inclusión de HLM presentaron mejores niveles de TEP. De igual modo Herawati et al. (2020), demostraron que tilapias alimentadas con dietas que contenían 2,5 % de harina fermentada de *L. minor* mostraron mejor TEP en comparación a peces de otros tratamientos, sin llegar a ser significativamente diferentes. De igual modo, Iskandar et al. (2019), reportaron que la carpa nilem (*Osteochilus hasselti*) alimentada con dietas conteniendo 40% de HLM mostraron los mejores índices zootécnicos evaluados, entre ellos, la TEP.

Respecto a la variable consumo de alimento (CA) podemos notar ciertas diferencias entre los peces de los tratamientos T0, T25 y T50 con aquellos alimentados con la dieta T100 (Figura 5). En este caso en particular, se determinó que existen diferencias significativas ( $p = 0,01$ ) entre tratamientos. Comparando nuestros resultados con otros autores encontramos que Goswami et al. (2022), detectaron un pequeño incremento en el consumo de alimento por parte de tilapias cuando éstas tenían inclusión de *L. minor*. Del mismo modo Cipriani et al. (2021), mostraron que la tilapia puede llegar a consumir hasta un 0,5% del peso vivo de *L. minor* fresca, sin generar respuesta negativa en los índices de crecimiento. Asimismo, Herawati et al. (2020), indican que ejemplares de *O. niloticus* alimentados con 2,5% de inclusión de harina de *L. minor* en sus dietas mostraron

gran aceptabilidad, evidenciándose un mayor consumo del alimento suministrado en comparación a los otros tratamientos.

De acuerdo a lo mostrado en la Tabla 11 índice de bienestar (K, TS, y IHS), no registró diferencias significativas en el factor de condición (K) de los peces del experimento que puedan ser atribuibles a una posible influencia de las dietas administradas durante el experimento. Se observó que los peces alimentados con T50 y T100 tuvieron los menores valores de K en el estudio pero que en general se destaca que los peces de todos los tratamientos gozaron de buena salud y condiciones favorables. El factor de condición sirve como medida del bienestar de los peces, ya que refleja influencias ambientales recientes y condiciones fisiológicas, y puede variar según factores como el estrés, el sexo, la estación y la disponibilidad de alimentos.

Reveló la existencia de diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) entre los tratamientos evaluados para la variable sobrevivencia (TS) de los peces del estudio. La menor TS que se observó en el T100 se dio a razón de la pérdida de algunos peces que se escaparon de las unidades experimentales de dicho tratamiento, los mismos que no fueron repuestos durante el experimento y que para fines prácticos fueron registrados como mortalidad. Los niveles de TS de este estudio son similares a los obtenidos por Goswami et al. (2022), Opiyo et al. (2022) y Herawati et al. (2020), en carpa común y tilapia, respectivamente.

Con relación a la variable IHS, se observó diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los distintos tratamientos dietarios evaluados. Sin embargo, los niveles de IHS obtenidos por los peces de la presente tesis pueden ser considerados normales para

la especie y el reflejo de un buen estado de salud de los organismos en cultivo. En tal sentido se concluye que se puede sustituir la harina de maíz por harina de *Lemna minor* en la alimentación de paco, sin obtener resultados negativos.

## Capítulo V

### CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio, se presenta las siguientes conclusiones:

- La harina de maíz (HM) puede ser eliminada completamente de la formulación de dietas balanceadas para el paco, utilizando en su reemplazo a la harina de *Lemna minor* (HLM), sin comprometer negativamente el rendimiento general de la producción.
- Con relación a los índices de crecimiento, estadísticamente ningún tratamiento fue superior al resto, pero se pudo observar un crecimiento aparentemente mayor en los peces del testigo, seguidos de aquellos alimentados con la dieta T50.
- En lo referente a los índices de asimilación alimenticia, el ANOVA tampoco registró diferencias significativas entre el testigo y el resto de tratamientos evaluados, pero se pudo observar un índice de conversión alimenticia aparente y de eficiencia proteica aparentemente más adecuadas en los peces del T25.
- En lo que respecta a los índices de bienestar, la tasa de sobrevivencia en los peces del T100 fue estadísticamente menor al resto debido al escape de ejemplares de una hapa. Se registraron diferencias significativas en los índices hepatosomáticos, pero el factor de condición obtenido en los peces del testigo no fue estadísticamente diferente de los peces de los otros tres tratamientos.

## Capítulo VI: RECOMENDACIONES

- Diseñar estudios donde se evalúen los efectos a largo plazo del uso dietario de la harina de *Lemna minor* en la alimentación del paco y otras especies amazónicas de hábitos omnívoros u herbívoros.
- Evaluar la factibilidad económica de la utilización de este insumo vegetal en dietas balanceadas para paco y otras especies de peces amazónicos.
- Diseñar, evaluar y validar posibles estrategias de implementación de este insumo a nivel comercial.
- Evaluar otras plantas acuáticas con el propósito de usarlas como insumos alternativos en la elaboración de dietas balanceadas para peces amazónicos.

## Capítulo VII: REFERENCIAS

Andriani, Y., & Pratama, R. I. (2021). Exploration of *Lemna* plants (*lemna* sp) application in aquaculture activities (a review). *global scientific journal*, 9(8).

Alejandrina Sotelo, M., Rocio Valenzuela, R., Mary Flor Césare, C., Cecilia Alegría, A., Edgar Norabuena, M., Teresa Gonzáles, H., Elizabeth Paitan, A., Maria Teresa Valderrama, R., & Mariano Echevarría, R. (2020). Determinación de la digestibilidad y energía digestible del forraje seco de mucuna (*Mucuna pruriens*) en cuyes. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 31(1), e17537.  
<https://doi.org/10.15381/rivep.v31i1.17537>

Ministerio de Agricultura y Riego (2020). *Amarillo duro manual técnico del cultivo de maíz*

Asimi, o. A., khan, a., bhat, a., & husain, n. (2018). Duckweed (*Lemna minor*) as a plant protein source in the diet of common carp (*cyprinus carpio*) fingerlings. ~ 42 ~ *journal of pharmacognosy and phytochemistry*, 7(3), 42–45.

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, 100616. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100616>

Barandiarán gamarra, m. Á. . (2020). *Manual técnico de cultivo de maíz amarillo duro* (i. N. De i. A. – inia (ed.); 1st ed.). 2020, inia.  
[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1643/1/manual técnico del cultivo de maíz amarillo duro.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/1643/1/manual_técnico_del_cultivo_de_maíz_amarillo_duro.pdf)

Bello-armenta, m. A., & cuello marín, r. R. (2023). Evaluación del rendimiento productivo y

coeficiente de digestibilidad aparente en *Colossoma macropomum*, de un alimento formulado con *Lemna minor*. *Revista eia*, 20(40), 1–18.

<https://doi.org/10.24050/reia.v20i40.1655>

Castillo gil, (2020). Influencia de una dieta con tres niveles de proteína vegetal en los índices productivos en juveniles de *Piaractus brachypomus* “paco” cultivados en estanques semi-naturales [universidad intercultural de la amazonia].

[http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/208/1/t084\\_46725504\\_t.pdf](http://repositorio.unia.edu.pe/bitstream/unia/208/1/t084_46725504_t.pdf)

Cedergreen, n., & madsen, t. V. (2004). Light regulation of root and leaf  $\text{no}_3^-$  uptake and reduction in the floating macrophyte *Lemna minor*. *New phytologist*, 161(2), 449–457.

<https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00936.x>

Chamorro usca, j. E. (2022). “Evaluacion de diferentes niveles de harina de lenteja de agua (*Lemna minor*) en la alimentacion de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en la etapa de alevinaje.” <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16273>

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), 2197–2205. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00743-0>

Comexperú - sociedad de comercio exterior del Perú. (2021, July 9). Comexperú.

<https://www.comexperu.org.pe/articulo/exportaciones-del-sector-acuicultura-crecieron-un-347-en-el-periodo-enero-mayo-de-2021>

Conde (2016). Compra de alimento balanceado para acuicultura en la selva representa más del 70% del costo de producción. Agencia agraria de noticias .

<https://agraria.pe/noticias/compra-de-alimento-balanceado-para-acuicultura-en-la-selva-r-12525>

Córdoba, p. Z., mendiola, j. L. R., cerrilla, m. E. O., jiménez, e. O., sánchez-torres, m. T. E., haro, j. G. H., & herrera, m. B. (2010). Utilización de la lenteja agua (*lemnaceae*) en la producción de tilapia (*Oreochromis spp.*). *Archivos de zootecnia*, 59(232), 133–155.  
<https://doi.org/10.21071/az.v59i232.4911>

Ebuka irabor arnold, jn pierre hardin, o. N. F. (2022). Rendimiento de *Oreochromis niloticus* cum *macrobrachium rosenbergii* dietas alimentadas con lenteja de agua (*Lemna minor*) y harina de desechos de pescado como reemplazo de fuentes de proteínas convencionales arnold ebuka irabor1 , hardin jn pierre2, 3 y.

EMR (2022). Mercado latinoamericano de piensos acuícolas | participación, crecimiento, precio 2022-2027. Emr. <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-latinoamericano-de-piensos-acuicolas>

Fao. (2020). El estado mundial de la pesca y acuicultura.  
<https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>

Fao. (2021). Pesca y acuicultura - pesca y acuicultura - acuicultura.  
<https://www.fao.org/fishery/es/aquaculture>

Fao (2024). The state of and aquaculture world fisheries. In nature and resources (vol. 35, issue 3). <https://openknowledge.fao.org/items/56d5fbde-8506-4c38-9780-91aced2af445>

Fiordelmondo, e., ceschin, s., magi, g. E., mariotti, f., iaffaldano, n., galosi, l., & roncarati, a. (2022). Effects of partial substitution of conventional protein sources with duckweed (*Lemna minor*) meal in the feeding of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on growth performances and the quality product. *Plants*, 11(9).

<https://doi.org/10.3390/plants11091220>

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* 2022 12:1, 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 journal of biological diversity*, 21(7), 3350–3358. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210759>

Herrera, p. (2022). Hablemos sobre desabastecimiento de fertilizantes | ipe. In instituto peruano de economía . <https://www.ipe.org.pe/portal/hablemos-sobre-desabastecimiento-de-fertilizantes/>

Hillman, w. S. (1961). The lemnaceae, or duckweeds: a review of the descriptive and experimental literature. *The botanical review*, 27(2), 221–287.

<https://doi.org/10.1007/bf02860083>

IIAP. (2000). Cultivo y procesamiento de peces nativos: una propuesta productiva para la amazonia peruana. <http://www.iiap.org.pe/upload/publicacion/cultivprocespeces.pdf>

Iskandar, i., andriani, y., rostika, r., zidni, i., & riyanti, n. A. (2019). Effect of using fermented lemna sp. In fish feed on growth rate of Nile carp (*Osteochilus hasselti*). *World news of natural sciences*, 26(july), 157–166. [www.worldnewsnaturalsciences.com](http://www.worldnewsnaturalsciences.com)

Landolt, e. (1975). Morphological differentiation and geographical distribution of the *Lemna gibba*-*Lemna minor* group. *Aquatic botany*, 1(c), 345–363.

[https://doi.org/10.1016/0304-3770\(75\)90036-4](https://doi.org/10.1016/0304-3770(75)90036-4)

- Luque zúñiga, b. G., moreno salazar, k. A., salazar calderón, b., & lanchipa ale, t. M. (2020). Impactos del covid-19 en la agricultura y la seguridad alimentaria. *Centro de investigaciones agropecuarias*, 47(1), 72–82. [Http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n1/0253-5785-cag-48-01-72.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v48n1/0253-5785-cag-48-01-72.pdf)
- Machuca espinar, d. J., & mejia poquioma, p. W. (2009). Utilización de la harina de lenteja de agua, *Lemna sp.* (lemnaceae) en la alimentación de alevinos de paco, *Piaractus brachypomus* y pacotana (*P. Brachypomus* hembras x *Colossoma macropomun* machos), criados en jaulas [unap]. [Https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4959](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4959)
- Mesa granada, m. N., & botero aguirre, m. C. (2007). La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético. *Revista colombiana de ciencias pecuarias*, 20(1). [Http://www.scielo.org.co/scielo.php?](http://www.scielo.org.co/scielo.php?)
- Muchahary, s., narzary, b., & kumar khangembam, b. (2023). Effect of partial replacement of fish meal by *Lemna minor* on the growth and immune response of heteropneustes fossilis. *International journal of biosciences (ijb)*, 6655, 41–49. [Https://doi.org/10.12692/ijb/22.2.41-49](https://doi.org/10.12692/ijb/22.2.41-49)
- Mustofa, a. G., ardiansyah, wahidah, s., mulyati, hasniar, & indrayani. (2022). Use of duckweed (*Lemna minor*) harvested from iras as a partial replacement for fishmeal proteins in barramundi (*Lates calcarifer*) diets. *Aacl bioflux*, 15(4), 1663–1674.
- Olga jaimés prada, olga lora d'íaz rocha, k. T. (2024). Introducción. *Scielo*, 404–424. [Https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v15n2/2448-6698-rmcp-15-02-404.pdf](https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v15n2/2448-6698-rmcp-15-02-404.pdf)
- Opiyo, m. A., muendo, p., mbogo, k., ngugi, c. C., charo-karisa, h., orina, p., leschen, w., glencross, b. D., & tocher, d. R. (2022a). Inclusion of duckweed (*Lemna minor*) in the

diet improves flesh omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acid profiles but not the growth of farmed Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal feed science and technology*, 292(september), 115442. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115442>

Palacios-morales, p. S. L. (n.d.). Evaluación de un sistema acuapónico en la granja integral del peama sumapaz ingeniería y región. 1–11.

Prieto gómez, j. (2023). El impacto de la guerra de Ucrania en la nutrición y la seguridad alimentaria globales. 52–59. <https://www.upa.es/anuario2023/010-anuario-2023-prieto.pdf>

Ríos, e. (2021). Calidad del agua en el cultivo de organismos acuáticos amazónicos. [https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/7514/enrique\\_libro\\_2021.pdf?sequence=1&isallowed=y](https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/7514/enrique_libro_2021.pdf?sequence=1&isallowed=y)

Sahoo, s., & kumar sahu, h. (2021). Studies on fish feed formulation of Indian major carps from aquatic macrophytes, *Lemna minor* and *Eichhornia crassipes*. *International journal of current science research and review*, 04. <https://doi.org/10.47191/ijcsrr/v4-i3-10>

Santillán, m. L. (2020, february 26). Nutrición acuícola, en búsqueda de un enfoque sustentable - ciencia unam. Ciencia unam-dgdc. <https://ciencia.unam.mx/leer/961/nutricion-acuicola-en-busqueda-de-un-enfoque-sustentable>

Soñta, m., rekiel, a., & batorska, m. (2019). Use of duckweed (*Lemna l.*) in sustainable livestock production and aquaculture - a review. *Annals of animal science*, 19(2), 257–271. <https://doi.org/10.2478/aoas-2018-0048>

Urango, l. (2018). Componentes del maíz en la nutrición humana. *Nutricionista dietista, magister en sc y tecnología de alimentos*. Profesora de cátedra. Escuela de nutrición y

dietética, universidad de antioquia, 185–209.

<https://revistas.udea.edu.co/index.php/biogenesis/article/view/336229>

Velasco matveev, I. A. (2008). “Comportamiento productivo de la *Piaractus brachypomus* (cachama blanca) bajo diferentes densidades [escuela superior politécnica de chimborazo]. [https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok\\_es/000/490/490124.pdf.pdf?x-amz-content-sha256=unsigned-payload&x-amz-algorithm=aws4-hmac-sha256&xamzcredential=aa5vj7sqx6h8hq4u%2f20220623%2f%2fs3%2faws4\\_request&x-amz-date=20220623t164515z&x-amz-signedheaders=host&x-amz-expire=600&x-amzsignature=39f7daa593980835987c4bcb9b2b6934daa50983f1359f2a21a44c1114e6325d](https://node2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/000/490/490124.pdf.pdf?x-amz-content-sha256=unsigned-payload&x-amz-algorithm=aws4-hmac-sha256&xamzcredential=aa5vj7sqx6h8hq4u%2f20220623%2f%2fs3%2faws4_request&x-amz-date=20220623t164515z&x-amz-signedheaders=host&x-amz-expire=600&x-amzsignature=39f7daa593980835987c4bcb9b2b6934daa50983f1359f2a21a44c1114e6325d)

Zavala Pope, M. (2011). Competitividad agropecuaria. MIDRAGRI.

<http://www.minag.gob.pe/direccion-de-promocion-de-la-competitividad/direccion-de-promocion-de-la-agricultura>

## Capítulo VIII: ANEXOS:

Figura 7.

Informe de análisis bromatológico de lentejita de agua (*Lemna minor*)



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION  
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

INFORME DE ENSAYO LENA N.º 0814/2022

CLIENTE : UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE ALTO AMAZONAS  
NOMBRE DEL PRODUCTO : SUSTRATOS  
(Denominación responsabilidad del cliente)  
MUESTRA : 04 muestras  
FECHA DE RECEPCIÓN : 18-08-2022  
FECHA DE ANÁLISIS : Del 22/08/22 al 05/09/22  
PRESENTACION : Muestra en bolsa plástica.  
IDENTIFICACION : AQ22-0814/01-05

### RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ22-0814/01	AQ22-0814/02	AQ22-0814/03	AQ22-0814/04	AQ22-0814/05
MUESTRA	M1-MRJ	M2-ED.AL	M3-CHBR	M4-WDA	M5-PP
a.- HUMEDAD, %	12.32	13.19	10.75	13.03	10.85
b.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	8.96	8.83	11.14	12.33	9.63
c.- GRASA, %	0.44	0.22	0.14	0.21	0.57
d.- FIBRA CRUDA, %	11.98	17.12	11.83	13.54	9.54
e.- CENIZA, %	44.69	32.91	39.35	33.66	40.70
f.- ELN <sup>1</sup> , %	21.61	27.73	26.79	27.23	28.71

ELN<sup>1</sup> = EXTRACTO LIBRE DE NITRÓGENO

#### Métodos utilizados:

- a.- Humedad: AOAC (2005), 950.46
- b.- Proteína total: AOAC (2005), 984.13
- c.- Grasa: AOAC (2005), 2003.05
- d.- Fibra cruda: AOAC (2005), 962.09
- e.- Ceniza: AOAC (2005), 942.05



Atentamente,

La Molina, 06 de Setiembre del 2022

Ing. Mg. Sc Alejandrina Sotelo Méndez  
Jefe del Laboratorio de Evaluación  
Nutricional de Alimentos

**Figura 8**

*Lentejita de agua (Lemna minor)*



**Figura 9**

*Evaluación de calidad de agua*



**Figura 10**

*Instalación de hapas*



**Figura 11**

*Estabulación de juveniles de paco*



**Figura 12**

*Control biométrico*



# DROSNIN CUBAS

## TESIS INFORME.pdf

 Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas

---

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::15388:426505410

Fecha de entrega

4 feb 2025, 10:43 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

4 feb 2025, 10:45 a.m. GMT-5

Nombre de archivo

RESUMEN- RECOMENDACION DROSNIN.pdf

Tamaño de archivo

1.3 MB

65 Páginas

12,991 Palabras

71,231 Caracteres




# 14% Similitud general

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

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

## Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 8%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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