

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“Evaluación de la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas alimenticias para juveniles de paco *Piaractus brachypomus* cultivados en ambientes controlados”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

Bach. PEREYRA SOLORZANO, Manuel
Rodolfo

ASESOR:

M. Sc. MONTALVAN APOLAYA, Pedro Saul

CO-ASESORA:

M. Sc. GONZALES FLORES, Anaí Paola
Prissilla

Puerto Maldonado, diciembre del 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



TESIS

“Evaluación de la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas alimenticias para juveniles de paco *Piaractus brachypomus* cultivados en ambientes controlados”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

AUTOR:

Bach. PEREYRA SOLORZANO, Manuel
Rodolfo

ASESOR:

M. Sc. MONTALVAN APOLAYA, Pedro Saul

CO-ASESORA:

M. Sc. GONZALES FLORES, Anaí Paola
Prissilla

Puerto Maldonado, diciembre del 2024

DEDICATORIA

A Dios por la fortaleza espiritual, la fe que me permite afrontar la vida con optimismo y la esperanza que guía cada uno de mis pasos. Dedico este trabajo de investigación, con profundo amor, a mis abuelos Rodolfo, Manuel, Estela y Lourdes; a mis padres, Rodolfo y Luz Ney; y a mis hermanas, Kattia, Patricia y Paloma. Extiendo mi gratitud a toda mi familia y amistades que estuvieron a mi lado durante el proceso de mi formación profesional y personal, motivándome constantemente y contribuyendo a que este logro se hiciera realidad.

Manuel Rodolfo.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, por haber sido el espacio que permitió mi formación profesional y a los docentes que, con dedicación, comparten sus conocimientos y experiencias para moldear a profesionales competentes y personas de integridad.

Expreso mi más profundo agradecimiento al Ing. Pedro Saúl Montalván Apolaya, mi asesor, por su constante apoyo, sus valiosos consejos profesionales, su disposición para el asesoramiento y por transmitir siempre un espíritu positivo durante todo el desarrollo del proyecto de investigación.

A la Blga. Anaí Paola Prissilla Gonzales Flores, mi co-asesora, por brindarme la oportunidad de ejecutar este proyecto de investigación, guiarme con profesionalismo a lo largo del proceso, por su dedicación como investigadora, sus enseñanzas y el apoyo incondicional que me ofreció en este camino. Mis más sinceros agradecimientos hacia ella.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) MDD, a su Director, Ing. Ronald Corvera Gomringer, y a todo su equipo de colaboradores, por haber facilitado las instalaciones para la ejecución de este proyecto y por ser una institución ejemplar, comprometida con el desarrollo sostenible de nuestra región amazónica. Su labor incansable fomenta el respeto, la valorización y la conservación de nuestros recursos naturales, destacando la importancia de proteger la biodiversidad de la Amazonía y generar conocimiento científico que impacte positivamente en nuestra sociedad.

A los profesionales e investigadores Jorge Guillermo Babilonia Medina, Rommel Adriel Reynel Dávila y Pedro Romel Nascimento Herbay, por su invaluable apoyo durante la ejecución del proyecto, sus consejos profesionales y la amistad que han compartido conmigo.

A mis compañeros del área de AQUAREC, quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborar y ofrecer su apoyo en los distintos trabajos realizados para llevar a cabo este proyecto de investigación de manera exitosa. Agradezco a: Alexandra, Noelia, Paola, Anita, Edwin, Christian, Raúl, Ángela, Rubén y Mariam.

Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y la unidad ejecutora PROCENCIA, por la gestión y financiamiento de este proyecto bajo el contrato 069-2021-Fondecyt.

Finalmente, a mis amigos y familiares, cuyo apoyo constante y motivación fueron fundamentales para alcanzar mis metas y objetivos, mi eterna gratitud.

TURNITIN_MANUEL RODOLFO PEREYRA SOLORZANO

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unamad.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

repositorio.unapiquitos.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo

PRESENTACIÓN

El presente proyecto de investigación, titulado “Evaluación de la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas alimenticias para juveniles de paco *Piaractus brachypomus* cultivados en ambientes controlados”, tuvo como objetivo evaluar seis dietas formuladas a partir de la sustitución parcial y total de la harina de pescado por diferentes porcentajes de torta de castaña *Bertholletia excelsa*, con los siguientes niveles de inclusión: 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100%. El propósito de investigación fue reducir los costos y mejorar la productividad del cultivo de paco *P. brachypomus* en ambientes controlados en la región de Madre de Dios.

Este trabajo está estructurado en cuatro capítulos, descritos a continuación:

Capítulo I: Problema de investigación, en este capítulo se presenta la descripción y formulación de problema, los objetivos de la investigación, las variables, operacionalización de las variables, las hipótesis, la justificación del estudio de investigación y las consideraciones éticas.

Capítulo II: en este capítulo se detallan los antecedentes del estudio de investigación, el marco teórico y la definición de términos.

Capítulo III: En este capítulo se detalla la metodología empleada en la investigación. Se describen los aspectos generales de la metodología utilizada, el tipo y diseño del estudio, la población y muestra del objeto de la investigación, así como los métodos y técnicas aplicados para la ejecución de la etapa experimental del presente proyecto. Además, se aborda el tratamiento de los datos obtenidos durante dicha etapa experimental.

Capítulo IV: Resultados del trabajo de investigación, en este último capítulo se dan a conocer todos los resultados obtenidos, las conclusiones y sugerencias.

RESUMEN

El presente estudio, tuvo como objetivo evaluar la sustitución de harina de pescado por torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas alimenticias para juveniles de paco *Piaractus brachypomus* cultivados en ambientes controlados. Se utilizaron seis tratamientos con diferentes niveles de sustitución (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de torta de castaña), y 90 peces de 10.1 ± 0.4 cm de longitud y 20.3 ± 2.3 g de peso inicial, durante 60 días. Los resultados indicaron que la digestibilidad de la materia seca (72.95%), proteína (67.0%), y grasa (83.0%) de la torta de castaña fue alta, destacando su potencial como un ingrediente eficiente en la acuicultura. En términos de composición proximal, a medida que aumentó la inclusión de torta de castaña, se observó una ligera disminución en la proteína y el ENN, un aumento en los lípidos y fibra, y la energía bruta se mantuvo constante. Los tratamientos 0% T.C. y 100% T.C. presentaron los siguientes valores: en el 0% T.C. (materia seca 90.95%, proteína 29.69%, lípidos 7.64%, fibra 2.39%, ENN 54.60%, energía bruta 19.41 MJ/kg) y en el 100% T.C. (materia seca 91.76%, proteína 29.93%, lípidos 8.46%, fibra 3.25%, ENN 52.51%, energía bruta 19.43 MJ/kg). En cuanto a los índices zootécnicos, se observó un aumento significativo en la ganancia de peso (35.5 g a 49 g) y la ganancia de peso diaria (0.59 g a 0.81 g) con mayores niveles de sustitución de torta de castaña. Además, la tasa de crecimiento relativo (TCR) y la tasa de crecimiento específico (TCE) aumentaron, alcanzando su valor máximo en el tratamiento con 100% de torta de castaña (TCR = 71.2%, TCE = 2.07%). La eficiencia alimenticia mejoró (ICAA de 10 a 6.8), manteniéndose la supervivencia al 100% en todos los tratamientos. Económicamente, la inclusión de torta de castaña mostró una reducción del 23.65% en el costo de materia prima e insumos, pasando de S/. 4246.17 (0% T.C.) a S/. 3239.80 (100% T.C.), lo que resultó en una disminución del 18.74% en el costo total de producción (S/. 5222.17 a S/. 4243.80). Estos resultados respaldan la viabilidad técnica y económica de la torta de castaña como sustituto de la harina de pescado en la alimentación acuícola.

PALABRAS CLAVES: Nuez de castaña, piscicultura, castaña amazónica.

SUMMARY

This study aimed to evaluate the substitution of fishmeal with *Bertholletia excelsa* (Brazil nut) cake in the diets of juvenile pacu, *Piaractus brachypomus*, cultivated in controlled environments. Six treatments with different substitution levels (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% Brazil nut cake) were used, and 90 fish with an initial total length of 10.1 ± 0.4 cm and weight of 20.3 ± 2.3 g were fed for 60 days. The results indicated that the digestibility of dry matter (72.95%), protein (67.0%), and fat (83.0%) of Brazil nut cake was high, highlighting its potential as an efficient ingredient in aquaculture. In terms of proximate composition, as the inclusion of Brazil nut cake increased, a slight decrease in protein and NEP was observed, along with an increase in lipids and fiber, while the gross energy remained constant. The treatments 0% T.C. and 100% T.C. showed the following values: for 0% T.C. (dry matter 90.95%, protein 29.69%, lipids 7.64%, fiber 2.39%, NEP 54.60%, gross energy 19.41 MJ/kg) and for 100% T.C. (dry matter 91.76%, protein 29.93%, lipids 8.46%, fiber 3.25%, NEP 52.51%, gross energy 19.43 MJ/kg). Regarding zootechnical indices, a significant increase in weight gain (from 35.5 g to 49 g) and daily weight gain (from 0.59 g to 0.81 g) was observed with higher levels of Brazil nut cake substitution. Additionally, the relative growth rate (RGR) and specific growth rate (SGR) increased, reaching their maximum value in the 100% Brazil nut cake treatment (RGR = 71.2%, SGR = 2.07%). Feed efficiency improved (FCR from 10 to 6.8), with survival maintained at 100% in all treatments. Economically, the inclusion of Brazil nut cake showed a 23.65% reduction in the cost of raw materials and inputs, decreasing from S/. 4246.17 (0% T.C.) to S/. 3239.80 (100% T.C.), resulting in an 18.74% reduction in the total production cost (from S/. 5222.17 to S/. 4243.80). These results support the technical and economic feasibility of using Brazil nut cake as a substitute for fishmeal in aquaculture feeding.

KEYWORDS: Brazil nut, fish farming, Amazon nut.

INTRODUCCIÓN

La acuicultura, con el 50% de su producción destinada a la industria alimentaria, es una de las principales industrias productivas que ha crecido más rápidamente a nivel mundial (Shah and Mraz, 2019). Actualmente, en el Perú la acuicultura está comprendida entre los ámbitos de maricultura con 3.7% y la acuicultura continental con 96.3% (PRODUCE, 2022). La acuicultura es una actividad que brinda sustento económico a los productores piscícolas en la región de Madre de Dios, y tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los piscicultores, donde, el paco *P. brachypomus*, es una especie de pez amazónico que tiene mayor potencia productiva por su gran demanda local; asimismo, resiste muy bien el manejo productivo y las enfermedades (Hernández A, 1994); además, es una especie omnívora que se adapta excelentemente al cambio de alimento logrando un desarrollo y crecimiento normal. (Tafur J. et al. 2009). En la región de Madre de Dios, la principal especie de pez cultivada corresponde al paco *P. brachypomus* que alcanzó una producción de 569 TM en el año 2022 (Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola, 2022).

En los sistemas productivos piscícolas, la alimentación representa la mayor parte de la inversión destinada a esta actividad, alcanzando entre el 60% y el 80% de los gastos generados (Lovell, 1998; Silva et al., 2003). Uno de los insumos alimenticios más utilizados en la elaboración de alimentos balanceados para peces es la harina de pescado, debido a su alto contenido proteico. Sin embargo, la alta demanda de este producto ha generado un aumento en sus precios, lo que a su vez se refleja en el costo de los alimentos balanceados comerciales (Ochoa, 2015).

Por otro lado, existen plantaciones naturales de la especie forestal *Bertholletia excelsa* en la región de Madre de Dios, donde se permite el aprovechamiento económico de la nuez que produce este árbol. La nuez de castaña de *B. excelsa* se destina principalmente a la exportación como materia prima, siendo conocida comúnmente como "castaña de primera". Además, existen nueces de castaña de menor calidad (castaña de segunda y tercera), las cuales se utilizan en el aprovechamiento industrial para la extracción de

aceite. El subproducto resultante de este proceso es denominado "torta de castaña", el cual posee una cantidad considerable de proteína cruda y selenio (Da Gloria y Reginato, 2000).

El presente trabajo de investigación consistió en formular y elaborar alimentos balanceados (seis dietas experimentales) para peces amazónicos, los cuales fueron utilizados en la alimentación del cultivo de paco *Piaractus brachypomus* en su etapa juvenil, criados en ambientes controlados. Se utilizaron diferentes niveles de sustitución de la harina de pescado por torta de castaña (sustitución de proteína animal por proteína vegetal). El objetivo de la investigación fue evaluar la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña *B. excelsa* en dietas alimenticias para juveniles de paco *P. brachypomus* cultivados en ambientes controlados.

Índice

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Variables.....	3
1.4.1. Variables independientes	3
1.4.2. Variables dependientes	3
1.4.3. Variable constante.....	4
1.5. Operacionalización de variables	4
1.6. Hipótesis	5
1.7. Justificación	5
1.8. Consideraciones éticas.....	7
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Antecedentes de estudio.....	8
2.2. Marco teórico	14
2.2.1. Acuicultura en la región de Madre de Dios	14
2.2.2. Cultivo de paco <i>P. brachypomus</i>	15
2.2.3. Requerimientos nutricionales de los peces	16
2.2.4. Requerimientos nutricionales de paco <i>P. brachypomus</i> según su edad.....	18
2.2.5. La castaña amazónica <i>Bertholletia excelsa</i>	19
2.2.6. Taxonomía.....	19

2.2.7. La nuez de castaña	19
2.2.8. Industria de la castaña: obtención de torta de castaña..	20
2.2.9. Alimento Balanceado para peces	20
2.2.10. Materias primas utilizadas en la elaboración de alimento balanceado para peces.....	21
2.2.11. Crianza de peces en ambientes controlados.....	22
2.2.12. Otras fuentes de sustitución de la harina de pescado en la elaboración de alimento balanceado para peces.	22
2.3. Definición de términos.....	23
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	24
3.1. Tipo de estudio	24
3.2. Diseño del estudio	24
3.3. Población y muestra	24
3.4. Población	27
3.5. Muestra.....	27
3.6. Métodos y técnicas	27
3.6.1. Lugar de ejecución de estudio.....	27
3.6.2. Materias primas para la elaboración de dietas balanceadas.....	28
3.6.3. Obtención y caracterización de la torta de castaña.....	28
3.6.4. Descripción del flujograma de elaboración de alimento balanceado.....	33
3.6.5. Determinación del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la torta de castaña.....	34
3.6.6. Obtención y aclimatación de peces	36
3.6.7. Evaluación del desempeño productivo	37

3.6.8. Costos Variables	37
3.6.9. Tratamientos de datos	38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN..	39
4.1. Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la torta de castaña.	39
4.2. Análisis proximales.	41
4.2.1. Composición proximal de las dietas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por torta de castaña <i>B. excelsa</i>	41
4.2.2. Composición proximal del músculo de paco <i>P. brachypomus</i> a los 60 días de cultivo experimental ...	44
4.3. Índices zootécnicos.....	46
4.3.1. Incremento longitudinal de los juveniles de paco <i>P. brachypomus</i>	48
4.3.2. Incremento de peso de los juveniles de paco <i>P. brachypomus</i>	50
4.4. Análisis de costo de las dietas con diferentes niveles de sustitución de torta de castaña <i>B. excelsa</i>	57
4.5. Parámetros físico – químicos del agua utilizada en el presente estudio de investigación.....	59
4.5. Conclusiones	61
4.7. Recomendaciones	64
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	65
ANEXOS	73

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	4
Tabla 2.Requerimientos nutricionales de proteína y lípidos en paco <i>P. brachypomus</i> según su edad.....	18
Tabla 3.Otras fuentes de sustitución de la harina de pescado	22
Tabla 4. Materias primas para la elaboración de dietas.....	28
Tabla 5. Formulación de las dietas balanceadas para alimentación experimental de paco <i>P. brachypomus</i>	31
Tabla 6. Formulación y composición química de las dietas utilizadas en el ensayo de digestibilidad aparente (en relación a materia seca)	36
Tabla 7. Fórmulas para determinar los parámetros de estudio.....	37
Tabla 8. Composición de Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA), Valores de nutrientes digestibles en relación a la composición de Torta de Castaña.	40
Tabla 9. Composición proximal (% en base a la materia seca) ¹ de las dietas balanceadas para alimentación de 60 días de <i>Piaractus brachypomus</i>	43
Tabla 10. Composición proximal del músculo de paco <i>P. brachypomus</i> (porcentaje en base a la materia húmeda), a los 60 días de cultivo en sistema abierto.....	46
Tabla 11. Índices zootécnicos obtenidos a los 60 días de cultivos de juveniles de paco <i>P. brachypomus</i> , alimentados con diferentes niveles de sustitución harina de pescado por torta de castaña (0, 20, 40, 60, 80, 100 % T.C.).....	47
Tabla 12. Analisis de varianza de un factor ANOVA ($P>0.05$), respecto a la longitud final de los tratamientos.....	48

Tabla 13. Analisis de varianza de un factor ANOVA ($P>0.05$), respecto al peso final de los tratamientos	50
Tabla 14. Prueba de Fisher LDS, variable de peso final (g) agrupamiento de homogeneidad de diferencias significativas entre las medias de los tratamientos	50
Tabla 15. Prueba de Fisher LSD; Relación entre los grupos significativos de A y B.	51
Tabla 16. Costos de Producción para 1TM de Alimento Balanceado para paco <i>P. brachypomus</i>	59
Tabla 17. Valores promedios de los parámetros físico – químico del agua utilizada en los estanques de polietileno, para la experimentación del cultivo de juveniles de paco <i>P. brachypomus</i> durante los 60 días.....	54

Índice de Gráficos

GRAFICO 1. Productores piscícolas por regiones con el total de derechos o licencias adquiridas para producción piscícola.	15
GRAFICO 2. Incremento longitudinal de los juveniles de paco P. brachypomus sometidos a los diferentes tratamientos experimentales.	48
GRAFICO 3. Incremento de peso de los juveniles de paco P. brachypomus sometidos a los diferentes tratamientos experimentales.	50
GRAFICO 4. Relación de los grupos significativos entre A y B, correspondiente a las medias o promedios de los datos de los diferentes tratamientos experimentales.	54

Índice de figura

FIGURA 1. 1)Torta de Castaña. 2) Mezcla de macro y micro insumos. 3)Obtención de pellets. 4) pellets deshidratados. 5) Empaquetado y etiquetado de las dietas elaboradas. 6) Almacenamiento de insumos y dietas elaboradas a temperatura constante.....	30
FIGURA 2. Diagrama de flujo de elaboración de alimento balanceado.....	32

CAPITULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

La acuicultura, es una actividad productiva generadora de empleo, aporta en la disponibilidad de proteína animal y en la seguridad alimentaria a nivel mundial (FAO, 2020). En los diferentes países de Latinoamérica, existen políticas de gobiernos que impulsan y promueven mejorar la calidad de vida de su población, siendo la Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y la Micro y Pequeña Empresa (MYPES) instrumentos dinámicos que promueven la economía (Flores, 2013). En el Perú, la producción acuícola continental (producción acuícola de agua dulce) en el año 2020 comprendió un 42,4%. Con respecto a la producción de paco *Piaractus brachypomus* es la especie con mayor tasa productiva en la región de Madre de Dios alcanzando un 15,7% de incremento en relación a años anteriores (PRODUCE, 2021).

La alimentación en la acuicultura es la actividad de mayor importancia, pues de ella depende la rentabilidad del emprendimiento acuícola, pudiendo representar alrededor de 70% los costos totales de producción (Moro and Rodrigues, 2015). Uno de los principales ingredientes utilizados en la formulación de alimento balanceado proviene de la actividad pesquera y ello ha ocasionado su límite de explotación máxima, situación por la cual se restringe actualmente el uso de la harina de pescado en la elaboración de alimentos acuícolas (Tacon and Metian, 2008). Por otro lado, la utilización de la harina de pescado en la elaboración de dietas alimenticias para la producción de peces da lugar a un incremento en los costos de producción; por ello, se suele encontrar en el mercado variedad de tipos de harinas de pescado con diferentes niveles porcentuales de contenido proteico que van desde 35

a 65 % de proteína cruda.

En la región de Madre de Dios, la adquisición y compra de harina de pescado para la elaboración de alimento para peces genera altos costos, lo que incrementa los gastos de producción acuícola. Esto ocasiona que, en muchos casos, la actividad se torne económicamente insostenible para los productores de pequeña escala. Además, la región, al estar geográficamente ubicada en la frontera con Brasil y Bolivia, facilita el ingreso de insumos y alimentos balanceados destinados a la alimentación de diversas especies animales, incluyendo los utilizados en la acuicultura. Sin embargo, en varias ocasiones, la entrada de estas mercancías al país se realiza a través del contrabando, lo que genera irregularidades en la comercialización formal. Esto, por un lado, pone en riesgo la seguridad alimentaria pecuaria y, por otro, podría tener repercusiones tanto a nivel regional como nacional.

Por lo tanto, es necesario buscar nuevas alternativas alimenticias que sean accesibles a los productores acuícolas regionales, como lo es, la producción de un alimento balanceado altamente nutritivo y elaborado con productos y/o insumos regionales de fácil obtención, económica, legalmente accesibles, que contribuya socialmente con la población y sea ambientalmente sostenible.

1.2. Formulación del problema

¿La sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas alimenticias mejora la productividad acuícola de juveniles de paco *Piaractus brachypomus* cultivados en ambientes controlados?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas alimenticias para juveniles de paco *Piaractus brachypomus* cultivados en ambientes controlados.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de la torta de castaña *B. excelsa*, mediante el análisis de heces.
- Determinar los análisis proximales de las dietas elaboradas.
- Evaluar biométricamente los resultados de la alimentación de juveniles de paco *P. brachypomus* con las diferentes dietas elaboradas a partir de la sustitución con diferentes niveles porcentuales de harina pescado por torta de castaña *B. excelsa*.
- Evaluar los costos variables de producción de las dietas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por torta de castaña *B. excelsa*.

1.4. Variables

1.4.1. Variables independientes

Dietas con sustitución porcentual de torta de castaña (T.C.) por harina de pescado (0% T.C.; 20% T.C.; 40% T.C.; 60% T.C.; 80% T.C.; 100% T.C.)

1.4.2. Variables dependientes

- Composiciones bromatológicas de las heces de los especímenes de paco *P. Brachypomus*.
- Composiciones bromatológicas de las dietas experimentales.
- Índices zootécnicos (longitud final, ganancia de peso y ganancia de peso diario, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento relativo, índice de conversión alimenticia aparente y Supervivencia)
- Composición bromatológica del músculo de los juveniles de paco *P. brachypomus* después de los 60 días de alimentación experimental.
- Costos variables de producción de elaboración de alimentos balanceados para paco *P. brachypomus*.

1.4.3. Variable constante

Días de cultivo (60 días calendarios).

1.5. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
Independiente	Dietas	0 por ciento de torta de castaña	%
		20 por ciento de tortas de castaña	%
		40 por ciento de tortas de castaña	%
		60 por ciento de tortas de castaña	%
		80 por ciento de tortas de castaña	%
		100 por ciento de torta de castaña	%
Dependiente	Composición bromatológica de heces	Composición nutricional	%
	Composición bromatológica de dietas experimentales	Composición nutricional	%
	Índices zootécnicos	Longitud	cm
		Ganancia de peso diario	g/día
		Ganancia de peso total	g
		Tasa de crecimiento específico	%/día
		Tasa de crecimiento relativo	g/día
		Índice de conversión alimenticia aparente	Kg de alimento/kg de peso
		Sobrevivencia	%

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
	Composición bromatológica del músculo	Composición nutricional	%
	Costos Variables	Moneda peruana - Soles	S/.
Variable constante	Días de cultivos	60 días	días

Fuente: Elaboración propia, 2024

1.6. Hipótesis

H0: La dieta formulada al sustituir harina de pescado por la torta de castaña *B. excelsa* utilizada en la alimentación del cultivo de juveniles de paco *P. brachypomus* no mejora la productividad ni disminuye los costos de producción en la región de Madre de Dios.

H1: La dieta formulada al sustituir harina de pescado por la torta de castaña *B. excelsa* utilizada en la alimentación del cultivo de juveniles de paco *P. brachypomus* mejora la productividad y disminuye los costos de producción en la región de Madre de Dios.

1.7. Justificación

Actualmente, el incremento de la producción acuícola mundial en ambientes controlados requiere una fuente de alimentación basada en el uso de piensos (alimentos balanceados), los cuales contienen una cantidad considerable de proteína de origen animal. Por ello, es necesario investigar otras fuentes proteicas alternativas, de fácil disponibilidad en el mercado y a un precio más accesible, que permitan continuar con el desarrollo de la producción acuícola (Hodar et al., 2020). Productos como la yuca, el plátano y el pijuayo son insumos regionales que se obtienen de manera muy accesible en el mercado local. Estos han sido utilizados en estudios para sustituir ingredientes importados, demostrando ser una interesante fuente de proteína, materia seca y lípidos en dietas formuladas para peces amazónicos (Chu-Koo y Kohler,

2005).

En la región de Madre de Dios, se lleva a cabo una actividad de aprovechamiento forestal centrada en la recolección de las nueces del árbol *Bertholletia excelsa*, conocido como castaña. Esta actividad se considera una forma sostenible de utilizar los recursos biológicos (Kalliola y Flores, 2011). De hecho, la región es la única en Perú que cuenta con una densidad suficiente de árboles de castaña amazónica para permitir su aprovechamiento económico (Corvera et al., 2014). Durante la extracción del aceite de castaña, se obtiene un subproducto a partir del prensado, denominado "torta de castaña". Este subproducto, una vez desintegrado o molido, se convierte en "harina de castaña". La torta de castaña destaca por su alto contenido de selenio y su valor proteico, lo que la convierte en una excelente opción para la elaboración de suplementos alimenticios funcionales (Chavez et al., 2020). Además, este subproducto presenta una alta calidad nutricional y es fácilmente digestible (Da Gloria y Regitano, 2000). El rendimiento de torta de castaña en el proceso de extracción de aceite varía entre el 50% y el 58%. En la región, alrededor del 4% de las nueces recolectadas son de calidad tercera (nueces partidas), las cuales se destinan al mercado local para ser consumidas en diversos productos derivados (Jiménez y Duque, 2018), de donde se obtiene también la torta de castaña.

La presente investigación surgió de la necesidad de explorar fuentes alternativas que sustituyan el uso de harina de pescado, manteniendo un valor nutricional similar, pero con una obtención más accesible económicamente. En este contexto, se llevó a cabo la sustitución parcial y total de la harina de pescado por torta de castaña *Bertholletia excelsa* en la formulación de piensos y/o alimentos balanceados para la alimentación de juveniles de paco *Piaractus brachypomus* criados en ambientes controlados.

Con el desarrollo de la presente investigación se buscó brindar información que resulte útil a toda la comunidad interesada en la producción y alimentación acuícola; asimismo, que el conocimiento generado pueda afianzar y potencializar el aprovechamiento de nuestros recursos naturales, como lo es,

la castaña *B. excelsa*. Finalmente, que la información y datos obtenidos en ésta contribuya con la comunidad científica que busca solucionar el problema que motivó el presente trabajo de investigación.

1.8. Consideraciones éticas

Los especímenes de paco fueron utilizados exclusivamente para la investigación, referente al sacrificio y la manipulación, se realizó siguiendo las normas éticas internacionales y protocolos establecidos por la Organización Mundial de Sanidad Animal OIE en el código sanitario para los animales acuáticos y bienestar de los peces de cultivo, tal como está señalado en el capítulo 7.1 y artículos 7.1.1 y 7.1.2., que consiste en realizar una punción con un estilete, a la altura de la región cefálica, causando la muerte instantánea del pez.

Cabe resaltar que el estudio de investigación requirió el compromiso ético y moral de los participantes en la ejecución del proyecto; por ello, los resultados obtenidos fueron veraces y confiables, respetando en todo momento las consideraciones de los autores de las bibliografías utilizadas para las comparaciones de datos obtenidos al término del proyecto de investigación.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Ochoa et al., (2019). Llevaron a cabo una investigación “Incorporación de castaña amazónica y Macambo en dietas para la alimentación de paco *Piaractus brachypomus* en la etapa juvenil”, con el objetivo de evaluar el crecimiento juvenil del paco, los peces fueron alimentados con tres dietas formuladas con la inclusión de 25, 30 y 35% de torta de castaña *bertholletia excelsa* y 20% de macambo *Teobroma bicolor*, comparadas con un testigo de dieta comercial. Para el experimento destinaron 240 juveniles de paco distribuidos en cuatro divisiones de 60 m² en un estanque de tierra de 960 m². Al inicio y cada 20 días después de realizada la siembra de pacos se realizaron la toma de datos de índices zootécnicos e índices de crecimientos. Por un periodo de evaluación de 100 días. Los resultados obtenidos mostraron un efecto positivo de manera general en relación a las tres dietas experimentales con la dieta testigo comercial. Con relación a los índices zootécnicos, todos los tratamientos mostraron valores estadísticamente semejantes. La conclusión del trabajo de investigación realizada indicó que las tres dietas experimentales son viables para la alimentación de pacos juveniles, destacándose la dieta con 30% de inclusión de torta de castaña y confirmándose que la torta de castaña puede sustituir adecuadamente a la harina de pescado como fuente proteica.

Botello et al., (2011). Llevaron a cabo una investigación titulada: “Sustitución de harina de pescado por harina de caña proteica para la engorda de tilapia roja”. El propósito de este trabajo fue “determinar la respuesta biológica al sustituir la harina de pescado por la harina de caña proteica en la engorda de tilapia roja *Oreochromis spp* en jaulas flotantes”. Para llevar a cabo el

experimento, se formularon cuatro (04) dietas “(tratamientos, T; 0 %, T0; 14 %, T14; 16%, T16 y 18 %, T18) isoprotéicas (26%) e isoenergéticas (2.7 Kcal g⁻¹ alimento)”, se empleó una mezcla de subproductos derivado de caña, la cual fue enriquecida con ensilado ácido de pescado para obtener lo que se denominó “harina de caña proteica” que fue utilizada como sustituto de la tradicional harina de pescado en las formulaciones. El experimento se llevó a cabo mediante la selección de 420 ejemplares de machos de tilapia roja. Los peces fueron alimentados con las dietas correspondientes, durante un periodo de 60 días. El diseño del experimento siguió un modelo completamente al azar, y las pruebas se realizaron utilizando jaulas rectangulares por cada tratamiento, con dimensiones de 0.256 metros cúbicos (0.8 metros de largo, 0.8 metros de ancho y 0,4 metros de profundidad). Estas jaulas fueron suspendidas sobre un estanque circular de concreto, cada aula con 15 peces, asegurando una densidad uniforme para todas las réplicas. Posteriormente los resultados mostraron que, los peces alimentados con las dietas T16 y T18 mostraron un desempeño inferior, evidenciando una reducción en el peso final, la tasa de crecimiento y la eficiencia alimentaria en comparación con los tratamientos T0 y T14. De los datos obtenidos, se concluyó que es viable reemplazar hasta 14% de la harina de pescado por harina de caña proteica en las dietas de engorda de tilapia roja, sin que ello afecte significativamente los índices de producción.

Huallpa et al., (2012). Realizaron un estudio de investigación que consistió en la “Utilización de torta de castaña *B. excelsa* en la alimentación de gamitana *C. macropomun*”. El propósito de este estudio de investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de distintos niveles de torta de castaña (0 %, 10 %, 20 %, 30 % y 40 %) en dietas isoenergéticas, con un aporte calórico de 2,7 Kcal/g., e isoproteicas, con un 25 % de aporte de proteína cruda. Los tratamientos experimentales fueron distribuidos en cinco grupos bajo un diseño completamente aleatorio. Durante un periodo de 183 días, los peces fueron alimentados inicialmente con una tasa equivalente al 8% de su peso corporal, la cual se redujo gradualmente hasta 1,8 %. Donde se pudo demostrar que existió una variación significativa entre los tratamientos

experimentales ($p = 0,05$). Además, los resultados del estudio revelaron que la inclusión de un 30 % de harina de castaña en las raciones mejoró significativamente los indicadores productivos, tales como el peso vivo, la ganancia diaria de peso, la longitud total y la conversión de índice alimenticio. Finalmente, se concluyó que: *“La harina de castaña es una materia prima nutricional y económicamente importante en la región amazónica como fuente de proteína para la alimentación de gamitana”*.

Chou et al., (2004). realizaron un estudio sobre la “Sustitución de harina de pescado por harina de soya en juveniles de cobia *Rachycentron canadum*”. El objetivo del presente estudio fue cuantificar el nivel máximo de la soya que podría incorporarse en la dieta de los juveniles de cobia sin reducir el crecimiento. El estudio fue realizado con la prueba de alimentación de 8 semanas donde los juveniles de cobia marcaron un peso medio inicial de 32 g y alimentados con un 48% de proteína cruda en las que la proteína dietética se suministró mediante la harina de pescado y la harina de soya con hexano a un 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60 % en cada proporción de reemplazo. Los peces mostraron aceptación de las dietas experimentales y no reportaron mortalidad durante la prueba. Como resultado del estudio se reportaron diferencia significativa en la ganancia de peso de los peces, índice de conversión alimenticia, índice de eficiencia de proteína y utilización neta de la proteína cuando el nivel de reemplazo de la proteína de la harina de pescado incrementó del 40 a 50%, lo que indica que hasta un 40% de la harina de pescado se puede reemplazar por harina de soya sin causar reducción en el crecimiento de los peces. Asimismo, el análisis de regresión cuadrática muestra un crecimiento óptimo al 16,9% de reemplazo de harina de pescado por harina de soya. Las concentraciones de lípidos en el músculo aumentaron significativamente a medida que aumentaba la harina de soya en la dieta. Las concentraciones musculares de treonina libre e histidina disminuyeron a medida que aumentaba la cantidad de harina de soya en las dietas. De igual manera, se observó una reducción en la concentración de metionina, que pasó de 2.52 g a 1.36 g, conforme se incrementó la sustitución de la harina de pescado por harina de soya, en niveles de 0 % al 60 %, mientras que los

demás aminoácidos esenciales permanecieron relativamente constantes.

Gutierrez et al., (2006). Llevaron a cabo un estudio titulado “Determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco *Piaractus brachipomus* (Pisces characidae)”. El objetivo principal de la investigación fue determinar las necesidades de energía y proteína, así como la relación óptima entre ambos nutrientes en la crianza de alevines de paco en condiciones controladas. Para ello, se desarrollaron seis dietas experimentales que contenían dos niveles de proteína cruda (27,4% y 29,8%) y tres niveles de energía digestible (2700 Kcal/kg, 2900 Kcal/kg y 31000 Kcal/kg). En las dietas también se incorporaron dos concentraciones de metionina y cisteína (0,95% correspondiente a 27,4% de proteína; 1,03% correspondiente al 29,8% de proteína) donde se utilizaron los siguientes insumos: harina de pescado, tortas de pescado, soja, harina dura de maíz amarillo y arroz, premezclas de vitaminas y minerales, bentonita (aglutinante) y BTH (antioxidante) y aceite de pescado para la corrección de los niveles de energía. Los tratamientos fueron triplicados en grupos de cuatro (04) peces juveniles con promedio de peso $179,45 \pm 8,39$ g, se ubicaron los peces en 18 tanques de fibra de vidrio (300 litros de capacidad), el agua utilizada en el presente estudio proveniente del subsuelo reportó una temperatura de $26,08 \pm 0,75$ °C, oxígeno disuelto $5,35 \pm 0,82$ mg/L y un pH de $5,88 \pm 0,16$, suministrándose la dieta elaborada dos veces al día (ad libitum), reajustándose el suministro de las dietas la cada dos (02) semanas por un periodo de noventa (90) días. Los resultados obtenidos mostraron que la ganancia de peso corporal y la retención de proteínas, hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos. Finalmente, la conclusión del estudio determinó que los pacos en su etapa juvenil requieren un nivel mínimo de 29,8% de PB y 2700Kcal de energía digestible /kg de alimento para lograr una ganancia de peso adecuada y una retención de proteína eficiente.

Con los objetivos de determinar los requerimientos de energía, proteína y la relación óptima entre ambas aplicadas en alevines de paco criados en condiciones controladas. El estudio incluyó formulaciones de seis dietas experimentales, cada una de las cuales contenía dos niveles de proteína cruda (27,4% y 29,8%) y tres niveles de energía digerible (2700, 2900 y 3100 kcal/kg de alimento). Se desarrollaron dietas que contenían dos niveles de metionina cisteína (0,95% correspondiente a 27,4% de proteína; 1,03% correspondiente a 29,8% de proteína) utilizando los siguientes ingredientes: harina de pescado, torta de pescado, soja, harina dura de maíz amarillo y arroz, premezcla de vitaminas y minerales, bentonita (aglutinante) y BHT (antioxidante) y aceite de pescado para la necesaria corrección del nivel de energía. Los tratamientos fueron triplicados en grupos de 4 peces juveniles con promedio de peso $179,45 \pm 8,39$ g, se ubicaron los peces en 18 tanques de fibra de vidrio (300 litros de capacidad), el agua utilizada en la presente estudio provino de agua subterránea con temperatura de $26,08 \pm 0,75$ °C, oxígeno disuelto de $5,35 \pm 0,82$ mg/L y un pH de $5,88 \pm 0,16$ Suministrando la dieta dos veces por día (*ad libitum*), con un reajuste cada dos semanas por 90 días. En cuanto a la ganancia de peso corporal y la retención de proteínas, hubo diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos. El estudio evidencia que los pacos en su etapa juvenil requieren un nivel mínimo de 29,8% de PB y 2700 Kcal de energía digestible/Kg de alimento para una ganancia de peso adecuada y una retención de proteína eficiente; en relación a la energía digestible/proteínas, los requeridos son 9,0 Kcal/g de proteína.

Fernández et al., (2004). Realizaron un trabajo de investigación titulado “Energía digestible aparente y coeficiente de digestibilidad de nutrientes de los ingredientes de la dieta para paco *P. brachypomus*”. El objetivo principal de este estudio fue determinar los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca, energía, lípidos y diversos ingredientes alimenticios, tales como: soja, maíz y trigo, utilizadas en la formulación de dietas alimenticias para paco. La materia de la presente investigación consistió en alimentar los peces de pacos con dietas granuladas hasta saciedad aparente y las heces fueron recolectadas por sifón. Los valores de comparación de digestibilidad de cada

ingrediente determinaron comparando la digestibilidad de una dieta prueba con la de referencia, utilizando 24.5% de proteína cruda y 1% de óxido de cromo. Según el reporte de los resultados obtenidos en este estudio, los valores de energía digestible para la harina de soja (SBM), harina de pescado (FM), harina de maíz (CN) y harina de trigo (WB) fueron de 2382, 3826, 3353 y 1784 Kcal/kg, respectivamente. En cuanto a los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína cruda, estos alcanzaron el 75,88 % para la SBM, el 90,49 % para la FM, el 85,06 % para la CN y el 61,62 % para la WB. Además, los coeficientes de digestibilidad aparente de lípidos fueron del 63,03 % en la SBM, 77,00 % en la FM, 83,01 y 82,45 % para WB. Concluyéndose que, la disponibilidad nutricional y energética de los componentes por la especie *P. brachypomus* es similar a la de otros peces.

Uzcátegui et al., (2014). Llevaron a cabo un estudio titulado “Evaluación de dietas con diferente contenido proteico sobre el desempeño productivo de alevines del híbrido cachama y (*Colossoma macropomum* por *Piaractus brachypomus*) en condiciones de cautiverio”. El propósito de la investigación fue analizar el impacto de dietas isocalóricas con diferentes concentraciones de proteína en el desempeño productivo de estos alevines criados en cautiverio. Se formularon dietas con un aporte energético constante (2,7 Kcal ED/g) que contenían 20, 22, 24 y 26 % de proteína cruda (PC), comparándose con una dieta comercial estándar de 28 % de PC utilizada como control. El material biológico incluyó 200 alevines de 16 semanas, con una longitud promedio de $8,52 \pm 0,02$ cm y un peso húmedo de $14,76 \pm 2,51$ g. Los peces fueron distribuidos en acuarios plásticos de 68 litros, con 10 organismos por acuario, y fueron monitoreados durante 63 días. El experimento siguió un diseño completamente aleatorio, con un solo factor, cinco niveles y cuatro repeticiones. Las dietas fueron formuladas utilizando caseína como fuente de proteína, y harina de maíz amarillo y subproductos de trigo como fuentes energéticas. Tanto los insumos como las dietas se sometieron a análisis proximales. Posteriormente, se evaluó el impacto de los distintos niveles de proteína en el incremento de peso, crecimiento en talla, tasa de crecimiento específico, factor de conversión alimentaria, eficiencia alimentaria,

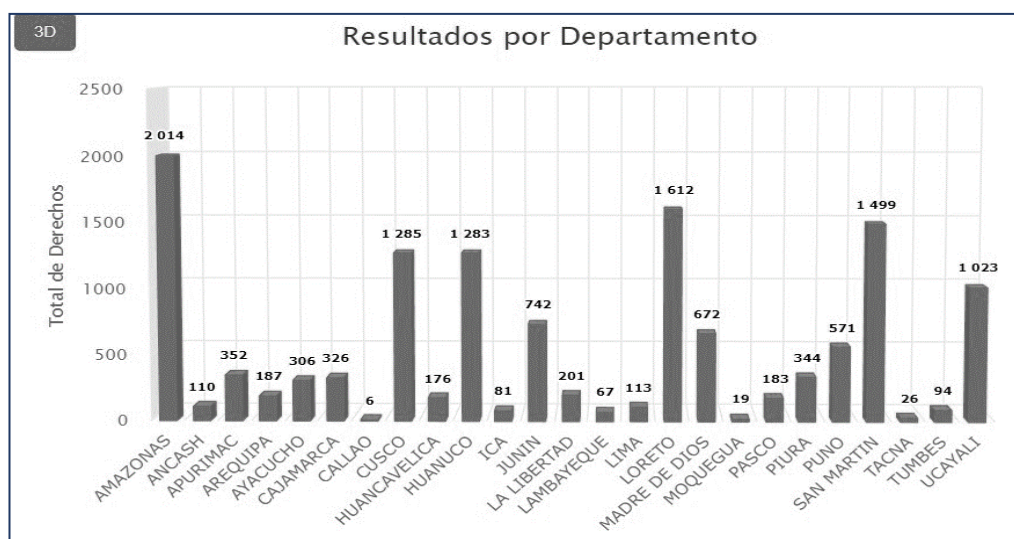
supervivencia, índice de eficacia proteica y otros indicadores. Los resultados mostraron un aumento significativo en el peso húmedo total, la longitud estándar y el consumo de alimento entre los tratamientos (ANOVA $P < 0,05$), destacando la dieta con 26 % de PC como la más eficiente en términos de indicadores zootécnicos. En contraste, las dietas con 20 y 22 % de PC mostraron resultados estadísticamente similares en conversión alimenticia, mientras que la dieta con 24 % de PC presentó un rendimiento intermedio. Finalmente, al realizar la comparación entre la dieta que contenía 26 % de proteína cruda (PC) y la dieta de control, se observó que ambas presentaron una similitud estadística en relación al menor valor del factor de conversión alimenticia.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Acuicultura en la región de Madre de Dios

Según el Catastro Acuícola Nacional en su Reporte de Directorio Acuícola al mes de junio del año 2022, existen 13 292 personas naturales y jurídicas que se dedican a la producción acuícola, de las cuales 12 798 (96,3%) se dedican a la acuicultura continental y 494 (3,7%) a la maricultura. En el departamento de Madre de Dios, se reportaron al mes de junio del año 2022, una cantidad de 738 productores acuícolas que se dedican al cultivo de diferentes especies acuícolas las cuales son conocidas comúnmente como: bocachico, paco, gamitana, pacotana, lisa, paiche, sábalo, carachama, tilapia, entre otros. (PRODUCE, 2021).

GRAFICO 1. Productores piscícolas por regiones con el total de derechos o licencias adquiridas para producción piscícola.



Fuente: Produce, 2022.

2.2.2. Cultivo de paco *P. brachypomus*

Descripción morfológica de la especie

El pez paco *Piaractus brachypomus*, es una especie nativa de la región amazónica, de alimentación omnívora y frugívoro, ya que complementa su dieta con la ingestión de frutos y semillas (Gutierrez et al., 2006). Tiene características físicas de gran tamaño y cuerpo comprimido. Las especies adultas son de color cenizo pálido, marrón o rosado y con una coloración oscura de sus aletas. Los pacos juveniles presentan un dorso más oscuro al igual que las aletas dorsales. Las aletas pectorales y pélvicas, como también el vientre muestran una tonalidad anaranjada o rojo intenso. Una principal característica de esta especie en la etapa adulta y juvenil, es que posee una mancha oscura en la mitad del opérculo. Asimismo, su reproducción se realiza en los periodos de aumento de caudal de los ríos por efectos de las lluvias, entre los meses de diciembre-abril; donde, dependiendo su edad y tamaño llegan a generar más de un millón de huevos durante cada ciclo reproductivo. Su habitat natural se da las aguas de los ríos amazónicos claros y negros (Bertaco, 2006). Su desarrollo físico en un ambiente natural puede alcanzar

longitudes de 85 cm con 20 kg de peso a aproximadamente, en condiciones de cultivos acuícolas y/o piscícolas pueden alcanzar un peso de 800 g a 1 kg en un periodo de vida de 10 meses, que depende exclusivamente del tipo de alimentación y el manejo de la densidad de siembra (Nakada, 2013).

Clasificación taxonómica

A continuación, se define la taxonómica de *Piaractus brachypomus* de la siguiente manera (Lauzanne and Loubens, 1985):

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Género: *Piaractus*

Especie: *Piaractus brachypomus*

Los nombres comunes de esta especie se reconocen según el país donde se encuentren localizadas, siendo los siguientes: Caranha (Brasil); Morocoto (Venezuela); Paco (Perú); Pacú (Colombia); Pirapitinga (Brasil); Cachama blanca (Ecuador, Colombia) y Tambaqui (Bolivia) (Ibisch and Mérida, 2003)

2.2.3. Requerimientos nutricionales de los peces

Los requerimientos nutricionales en los peces implican la necesidad de consumir proporciones adecuadas de proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, el propósito del consumo de estos compuestos nutricionales es producir energía para el normal desarrollo de las diferentes especies de peces en cada una de sus etapas de desarrollo fisiológico. La información sobre los requerimientos nutricionales del paco *P. brachypomus*

es escasa, esto es particularmente relevante en relación con la calidad de la proteína y el perfil de aminoácidos que deben estar presentes en las dietas utilizadas para la alimentación de esta especie de cultivo. (Ochoa, 2015).

El requerimiento de proteínas es fundamental para la estructura y el funcionamiento de todos los organismos vivos, incluido el paco. Dado que este nutriente y sus aminoácidos son utilizados de manera continua para el mantenimiento, crecimiento y reproducción, es esencial asegurar su consumo adecuado. Aunque la mayoría de las personas cree que los organismos vivos solo necesitan proteínas, en realidad requieren una combinación equilibrada de aminoácidos esenciales y no esenciales. La ingesta insuficiente de estos puede retrasar el desarrollo, ya que el cuerpo prioriza su uso para el mantenimiento de funciones esenciales. Por otro lado, el consumo excesivo de proteínas puede generar una pérdida económica, ya que este nutriente es considerado el más costoso en la formulación de dietas balanceadas. Cuando se consume en exceso, las proteínas se utilizan como fuente de energía (Landines et al., 2016).

La energía no es un nutriente por sí sola, sino que es el resultado de la metabolización de otros nutrientes, como proteínas, grasas e hidratos de carbono (azúcares). Es esencial lograr un equilibrio energético adecuado al formular dietas para peces. Un exceso de energía puede disminuir el consumo de alimento e incrementar la acumulación de grasa corporal en el pez. Por el contrario, un contenido energético insuficiente puede reducir la acumulación de grasa corporal, pero también puede limitar la ganancia de peso del pez. En términos de requerimientos energéticos, se emplean dos parámetros: la energía bruta (EB) y la energía digestible (ED), las cuales deben estar correlacionadas con el contenido proteico de la dieta. Para el paco, la energía digestible necesaria en una dieta está entre 3,2 y 3,6 Kcal/g, dependiendo de los niveles de proteína, que varían entre 23% y 26% durante la etapa de engorde (Landines et al., 2016).

Por otro lado, los lípidos en una dieta para peces son una fuente de energía concentrada (ácidos grasos esenciales), este nutriente es importante para

para el desarrollo y crecimiento de los peces; asimismo, son precursoras de hormonas y ayudan en la absorción de algunas vitaminas. Una dieta para paco requiere de ácidos grasos como el omega 6 al ser considerado un pez de agua cálida (Landines et al. 2016). Debido a que son baratos y fáciles de obtener, los carbohidratos se utilizan en las dietas de peces como fuente de energía. El almidón, que está formado por unidades de glucosa, principalmente amilosa y amilopectina, es el principal carbohidrato de una dieta. El almidón es una fuente de reserva de energía para las plantas y el embrión en las semillas. Una dieta para paco requiere una cantidad de carbohidratos de 46% en relación a un contenido de 4% de lípidos, ello asegura un crecimiento y desempeño productivo en el pez (Landines et al., 2016).

2.2.4. Requerimientos nutricionales de paco *P. brachypomus* según su edad.

La dieta alimenticia de los peces es altamente variable, ya que en su estado natural se alimentan en función de los recursos disponibles según la época del año. Además, existen variaciones en los hábitos alimenticios según la especie de pez, el ambiente de crianza y las características organolépticas de los alimentos. Durante las etapas de vida larval y postlarval (alevín), la alimentación de los peces se basa principalmente en plantas acuáticas, como las algas, así como en protozoos, crustáceos, nemátodos y detritus. En situaciones extremas, puede ocurrir canibalismo entre los peces, fenómeno que surge cuando intentan satisfacer sus necesidades proteicas para su desarrollo (Landines et al., 2016).

Tabla 2. Requerimientos nutricionales de proteína y lípidos en paco *P. brachypomus* según la edad.

Etapas de desarrollo	Proteína cruda P.C. (%)	Lípidos(%)
Alevines	35	8
Juveniles	25	5
Reproductores	30	5

Fuente: Garzon, (2019).

2.2.5. La castaña amazónica *Bertholletia excelsa*

Descripción

El árbol de castaña amazónica *Bertholletia excelsa* se encuentra distribuido en las regiones tropicales de América del Sur, destacándose principalmente en los bosques de la Amazonía peruana, brasileña y boliviana. Es considerado un recurso no maderable, y su principal aprovechamiento consiste en la recolección de su fruto, lo cual genera un impacto mínimo en el ecosistema. Este árbol puede alcanzar hasta 60 metros de altura, y su tronco puede superar los 2 metros de diámetro, además de tener una longevidad que puede extenderse por cientos de años (Corvera et al., 2014).

2.2.6. Taxonomía

Según **Cronquist, 1998**, la clasificación taxonómica de la castaña es la siguiente:

Reino : Plantae

Tipo : Fanerógama

Sub tipo : Angiosperma

Clase : Magnoliopsida

Orden : Lecythidales (Mirtales)

Familia : Lecythidaceae

Género : *Bertholletia*

Especie : *Bertholletia excelsa*.

Nombre científico: *Bertholletia excelsa*, H.B.K.

Nombres comunes: Nuez de Para, Castaña de Brasil, Castaña de los Andes, Castanha do Pará, Castanha do Brasil , Erai, Touca, , Coquito del Pará, Nuez, Juvia , Avellano de Brasil, Almendrón.

2.2.7. La nuez de castaña

El árbol de castaña produce un fruto tipo pixidio incompleto de forma esférica, con cascara leñosa y dura, conocido popularmente como “coco”. Cada fruto

pesa entre 200g a 1 500g, con un diámetro entre 10 a 25 cm. En el interior del fruto se encuentran las semillas recubiertas con una cáscara leñosas equivalente al 25% del peso total del fruto; con respecto a la nuez, esta se considera la semilla sin cáscara resultando un 13% del fruto; asimismo, la nuez es de color blanco lechoso recubierto con una epidermis color marrón y se estima que en un litro de almendras existen aproximadamente 125 almendras de castaña (Corvera et al., 2014).

2.2.8. Industria de la castaña: obtención de torta de castaña

Para industrializar la castaña se requiere un almacén para la materia prima y producto final, balanzas, calderos, autoclaves, hornos, cámaras de secado, embazadoras y espacios para la selección de la materia. La castaña pasa por las siguientes etapas de procesamiento: almacenamiento de la materia prima, preselección, sancochado, descascarado, selección, deshidratado, envasado, empaquetado y almacenado (Stoian, 2004).

Al finalizar el proceso de extracción de aceite de las nueces de castaña, se obtiene un subproducto denominado “torta de castaña”. Las nueces utilizadas en para este proceso son aquellas de baja calidad o descarte, obtenidas durante la selección de castañas peladas, la castaña de descarte es comúnmente conocida como “castaña de tercera”. Para la obtención de torta de castaña se procede a realizar las siguientes etapas: selección de castaña, deshidratación de la nuez, reducción de tamaño por molienda, prensado, molienda, tamizado, empaquetado y almacenado. La torta de castaña es también conocida como harina de castaña (Jimenez and Duque, 2018).

2.2.9. Alimento Balanceado para peces

Los alimentos balanceados, son formulaciones que combinan de manera selectiva diversos ingredientes o insumos, con el fin de proporcionar todos los nutrientes esenciales que el animal requiere para desarrollarse saludablemente. Dentro de las características ventajosas que posee un alimento balanceado para peces suelen ser: formulación compensada de alimento (nutricional y energética), alimentos estables en el agua y digeribles

(hasta un 90%), mayor eficiencia alimentaria (menor consumo de alimento para obtener mayor desarrollo animal a un costo menor por kilogramo de animal producido), alimento fácilmente almacenable (fácil manipulación y automatización de la distribución), reducción de riesgos alimentarios (enfermedades parasitarias o biotoxinas) y textura del alimento (alimento adaptable para las diferentes producciones de cultivos en cuanto deshidratación del alimento y flotabilidad o densidad del alimento) (Castelló, 2000).

2.2.10. Materias primas utilizadas en la elaboración de alimento balanceado para peces

Las materias primas utilizadas en la formulación de alimentos balanceados para la producción de peces abarcan tanto insumos de origen animal como vegetal. dependiendo los hábitos alimenticios de las especies que se desean producir o cultivar (Negri, 2012).

Los insumos de origen animal: incluyen restos y/o subproductos de la producción pecuaria. Estos ingredientes son excelentes fuentes de energía, vitaminas, minerales, proteínas y lípidos. La harina de pescado, con contenido proteico de 62% a 70%, la harina de carne y hueso, con contenido proteico de 45% a 60%, la harina de sangre, con contenido proteico de 70% a 75%, la harina de vísceras diversas, que tiene un contenido proteico de 55% a 65%, y la harina de plumas hidrolizadas, con contenido proteico de 80% (Ciro et al., 2012).

Ingredientes de origen vegetal: utilizándose mayormente la torta de soya con contenido de proteína entre 41% a 48%, torta de algodón con 32% a 42 % de proteína; por otra parte, el maíz es un producto altamente energético con un nivel proteico de 9%, sorgo con un valor proteico entre 8,5 y 10,6 % con contenido de carbohidratos con 70 %, salvado o cascarilla de trigo con un valor proteico de 15 a 17 %; 4,5 de grasa; 10% de fibra y 5,3% de ceniza, cascarilla de arroz con valor proteico entre a 14 % (Ciro et al., 2012).

Por otro lado, se encuentran los aditivos alimenticios como conservantes,

aglutinantes, quimioatrayentes, pigmentantes y los promotores de crecimientos (Ciro et al., 2012).

2.2.11. Crianza de peces en ambientes controlados

Con el objetivo de satisfacer la creciente demanda mundial de alimentos de calidad, ha surgido la implementación de nuevas tecnologías en la piscicultura, con el fin de hacer esta actividad más sostenible y beneficiosa para la sociedad. En la actualidad, los procesos de monitoreo productivo se realizan mediante herramientas avanzadas, como los sensores, que permiten obtener información de manera rápida sobre los ambientes utilizados en la producción piscícola. Estas tecnologías facilitan el control de los estándares de calidad, optimizando el uso de los recursos naturales para garantizar productos aptos para un consumo adecuado. Los ambientes controlados ofrecen la ventaja de conocer los parámetros físico-químicos del agua, evaluar el desarrollo de los peces, optimizar el uso del alimento en cada etapa de su vida, así como controlar amenazas como depredadores, parásitos y prevenir enfermedades (Sepúlveda, 2020).

2.2.12. Otras fuentes de sustitución de la harina de pescado en la elaboración de alimento balanceado para peces.

En el siguiente cuadro se presentan otras fuentes alimenticias ricas en proteínas que pueden sustituir la harina de pescado en la formulación y elaboración de alimentos balanceados para peces amazónicos.

Tabla 3. Otras fuentes de sustitución de la harina de pescado

Insumo o producto	% de proteína cruda	Origen de fuente proteica	Fuente bibliográfica
Torta de castaña	35	Vegetal	Ochoa et al., (2019).
Harina de caña proteica	27	Vegetal	Botello et al., (2011).
Harina de soya	48	Vegetal	Chou et al., (2004).
Harina de carne y hueso	45 – 60	Animal	

Insumo o producto	% de proteína cruda	Origen de fuente proteica	Fuente bibliográfica
Harina de sangre	70 – 75	Animal	Luchini and Wicki,(2012)
Harina de vísceras	55 - 60	Animal	
Harina de plumas hidrolizada	80	Animal	
Harina de algodón	36 - 38	Vegetal	
Harina de gluten de maíz	63	Vegetal	
Harina de maní	42 – 48	Vegetal	
Harina de girasol	29 – 36	Vegetal	
Levadura de cerveza	43	Vegetal	

Fuente: Ochoa Et al., 2019.; Botello et al., 2011.; Chou et al., 2004.; Luchini and Wicki, 2012.

2.3. Definición de términos

Torta de castaña: Subproducto adquirido durante la extracción de aceite de la nuez de castaña, mediante el prensado industrial en frío.

Harina de pescado: Producto obtenido del proceso de pulverizado o molienda de pescado deshidratados u órganos de peces en descarte.

Dieta: Conjunto de sustancias alimenticias destinadas a satisfacer las necesidades nutricionales diarias de los seres vivos, asegurando su desarrollo y funcionamiento vital normal.

Pacos juveniles: Peces de la especie *Piaractus brachypomus* que aún son sexualmente inmaduros e incapaces de reproducirse, comprendiendo una etapa de vida posterior al ciclo larval y antes de llegar a la adultez.

Alimento balanceado para peces: Alimento formulado y elaborado a partir de una mezcla de materias primas e insumos alimenticios que satisfacen o cubren aquellas necesidades nutricionales específicas de una especie de pez durante un periodo determinado.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

La clasificación del presente estudio es de tipo experimental con enfoque cuantitativo, puesto que la obtención de datos consistió en muestreos biométricos de cada una de las unidades de muestreo. Por otro lado, la elaboración de las dietas alimenticias, requirió de ensayos hasta conseguir que los datos formulados (formulación) y los resultados bromatológicos de los análisis coincidan (elaboración de dietas) según el requerimiento nutricional deseado.

3.2. Diseño del estudio

El diseño experimental del estudio se estructuró utilizando un Diseño Completamente al Azar (DCA), en el cual se asignó aleatoriamente seis tratamientos experimentales en triplicado: T1 (0% de torta de castaña), T2 (20% de torta de castaña), T3 (40% de torta de castaña), T4 (60% de torta de castaña), T5 (80% de torta de castaña) y T6 (100% de torta de castaña). En este diseño, se sustituyó gradualmente la harina de pescado por torta de castaña (T.C.) en las proporciones mencionadas.

3.3. Población y muestra

Un total de 90 especímenes de paco *P. brachypomus* con promedio de 10.1 cm de longitud total y 20.3 g de peso, fueron distribuidos (5 peces por tanque) aleatoriamente en 18 tanques de polietileno de capacidad de 200 L, siendo un total de 18 unidades utilizados para la experimentación. El período de aclimatación de los peces en los sistemas experimentales tuvo una duración de siete días.

Posteriormente al proceso de aclimatación de los peces a los sistemas experimentales, se inició la alimentación de los juveniles de paco *P. brachypomus* dos veces al día (8h00m; 15h30m) por 60 días. La biometría de los peces fue realizada al inicio de la etapa de alimentación y cada 30 días.



Imagen 1. Distribución de los estanques al azar para el desarrollo experimental. T: Tratamiento, R: repetición y % T.C.: sustitución porcentual de Harina de Pescado por Torta de Castaña.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.4. Población

Los peces empleados en este estudio fueron adquiridos a través de reproducción artificial en el Laboratorio de Reproducción del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, ubicado en la región de Madre de Dios. Para llevar a cabo esta investigación, se utilizó un lote de 1.000 juveniles de paco *Piaractus brachypomus*, que se mantuvieron en un estanque de tierra de 1000 m² hasta el momento de la experimentación.

3.5. Muestra

Para obtener información (datos) sobre el trabajo de investigación actual, se utilizaron 90 especímenes de paco *P. brachypomus* en etapa juvenil como muestra. Estos especímenes fueron distribuidos en estanques de polietileno (unidades experimentales), con tres repeticiones por cada uno. Siendo el 9% de la población total utilizada en la presente investigación.

3.6. Métodos y técnicas

3.6.1. Lugar de ejecución de estudio.

El Centro de Investigaciones "Roger Wilder Beuzeville Zumaeta" del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IAPP Madre de Dios y Selva Sur fue donde se llevó a cabo el presente trabajo de investigación. Situado en el Sector "El Castañal" del distrito y provincia de Tambopata de la región de Madre de Dios, en el kilómetro 20 de la carretera Interoceánica sur tramo 3 de la ciudad de Puerto Maldonado - Cusco. Situada a una altitud de 250 a 350 metros sobre el nivel del mar, con latitud 11°35" y longitud oeste 69°10", tiene una temperatura promedio anual de 26°C y una precipitación pluvial de 2200 mm.

3.6.2. Materias primas para la elaboración de dietas alimenticias.

Las materias primas y/o insumos para la preparación de las dietas fueron obtenidos de un distribuidor comercial. Todos los insumos fueron acondicionados en un ambiente apropiado, cumpliendo todos los estándares de condiciones sanitarias y de almacenamiento descritas por la FAO- Italia documento de campo N° 16. A continuación en la tabla 4, se describen las materias primas utilizadas en la elaboración de las dietas alimenticias experimentales.

Tabla 4. Materias primas utilizadas para la elaboración de dietas.

Insumos alimenticios	Cantidad (Kg)
Harina de pescado	100
Harina de torta de soya	600
Torta de castaña	100
Harina de maíz amarillo	600
Harina de trigo	200
Premix	20
DI-metionina	20
L-lisina	20
Bht-antioxidante	20
Carbonato de calcio	20
Sal común	30

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.6.3. Obtención y caracterización de la torta de castaña.

La torta de castaña, es un subproducto obtenido en el proceso de prensado en frío posterior a la extracción de aceite de castaña. La torta de castaña, fue adquirida mediante un proveedor comercial y transportado hasta el almacén de la planta de alimento balanceado del IIAP-Madre de Dios. Este subproducto fue desintegrado utilizando un molino manual y la harina obtenida pasada por un colador con el fin de separar las partículas grandes de las pequeñas, luego

se procedió a la mezcla y homogenización de la harina. Posteriormente, la harina de castaña se acondicionó dentro de envases herméticos de color oscuro, libres de agentes contaminantes y fueron ubicados dentro de una congeladora a -5 °C, lugar donde permaneció almacenado hasta el momento de la utilización para la elaboración de las dietas experimentales. Posteriormente, se realizaron análisis proximales de todas las harinas incluida la torta de castaña para la posterior formulación de las dietas.

3.6.4. Formulación y procesamiento de las dietas con diferentes niveles de torta de castaña para la alimentación juveniles de paco *Piaractus brachypomus*.

Las dietas alimenticias fueron formuladas en base a la sustitución de la harina de pescado por torta de castaña en una proporción de 0%; 20%; 40%; 60%; 80% y 100% torta de castaña (sustituyendo un insumo por otro de manera progresiva hasta completar el reemplazo total). Las dietas fueron elaboradas en la Planta de Alimento Balanceado para Peces Amazónicos del Centro de Investigación “El Castañal” del IIAP-Madre de Dios. Antes de preparar las dietas, el maíz amarillo y la torta de castaña pasaron por el proceso de molienda para su fácil integración, usando un molino de granulometría de 1 mm, modelo MMT35/5RX, 2011. Seguidamente, todos los insumos fueron pesados utilizando una balanza electrónica industrial de capacidad de 150 kg con precisión de ± 10 g.

El proceso de mezclado de los insumos secos (harinas), captador de toxinas y premezcla de vitaminas y minerales se realizó en una máquina mezcladora de tipo horizontal modelo MHT- 150-X y el tiempo de mezclado de los macro y micro insumos fue de 12 minutos, donde también se agrega a la mezcla 20% de agua del total de alimento que se desea elaborar.

Luego del proceso de mezclado, se realizó proceso de extruido para conseguir un alimento estable. Las dietas obtenidas o elaboradas pasaron por un proceso de secadas al ambiente hasta que alcanzaron un tenor de humedad inferior a 8%, la humedad fue determinado mediante una balanza gravimétrica

de humedad, luego fueron enfriados y colocados en sacos de polietileno hasta su uso. El alimento balanceado fue conservado una temperatura constante (22 °C).



FIGURA 1. 1) Torta de Castaña. 2) Mezcla de macro y micro insumos. 3) Obtención de pellets. 4) pellets deshidratados. 5) Empaquetado y etiquetado de las dietas elaboradas. 6) Almacenamiento de insumos y dietas elaboradas a temperatura constante.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 5. Formulación de las dietas balanceadas para alimentación experimental de juveniles de paco *P. brachypomus*.

Ingredientes (%)	Nivel de inclusión de torta de castaña					
	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Harina de pescado 45%	15.00	12.00	9.00	6.00	3.00	-
Torta de castaña	-	3.00	6.00	9.00	12.00	15.00
Harina de soya 45%	29.00	31.00	33.00	35.00	37.00	39.00
Harina de maíz 7%	41.82	40.82	39.82	38.82	37.82	36.82
Harina de trigo	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Aceite	5.00	4.00	3.00	2.00	1.00	-
Vit y Min Premix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
DL-Metionina	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
L-Lisina	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
BHT	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Carbonato de calcio	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sal común	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.6.4. Análisis bromatológicos de las dietas experimentales.

Como parte del proceso experimental de la presente investigación, se enviaron diversas muestras para su respectivo análisis bromatológico, incluyendo muestras de macroinsumos (harina de maíz, harina de soya, harina de pescado, harina de trigo), nuez de castaña, torta de castaña y las seis dietas experimentales. Los análisis bromatológicos fueron realizados por el Laboratorio de Ensayos de la empresa Certificaciones del Perú S.A. – CERPER, con el objetivo de determinar los valores de humedad, proteína, carbohidratos, grasa, fibra y ceniza.

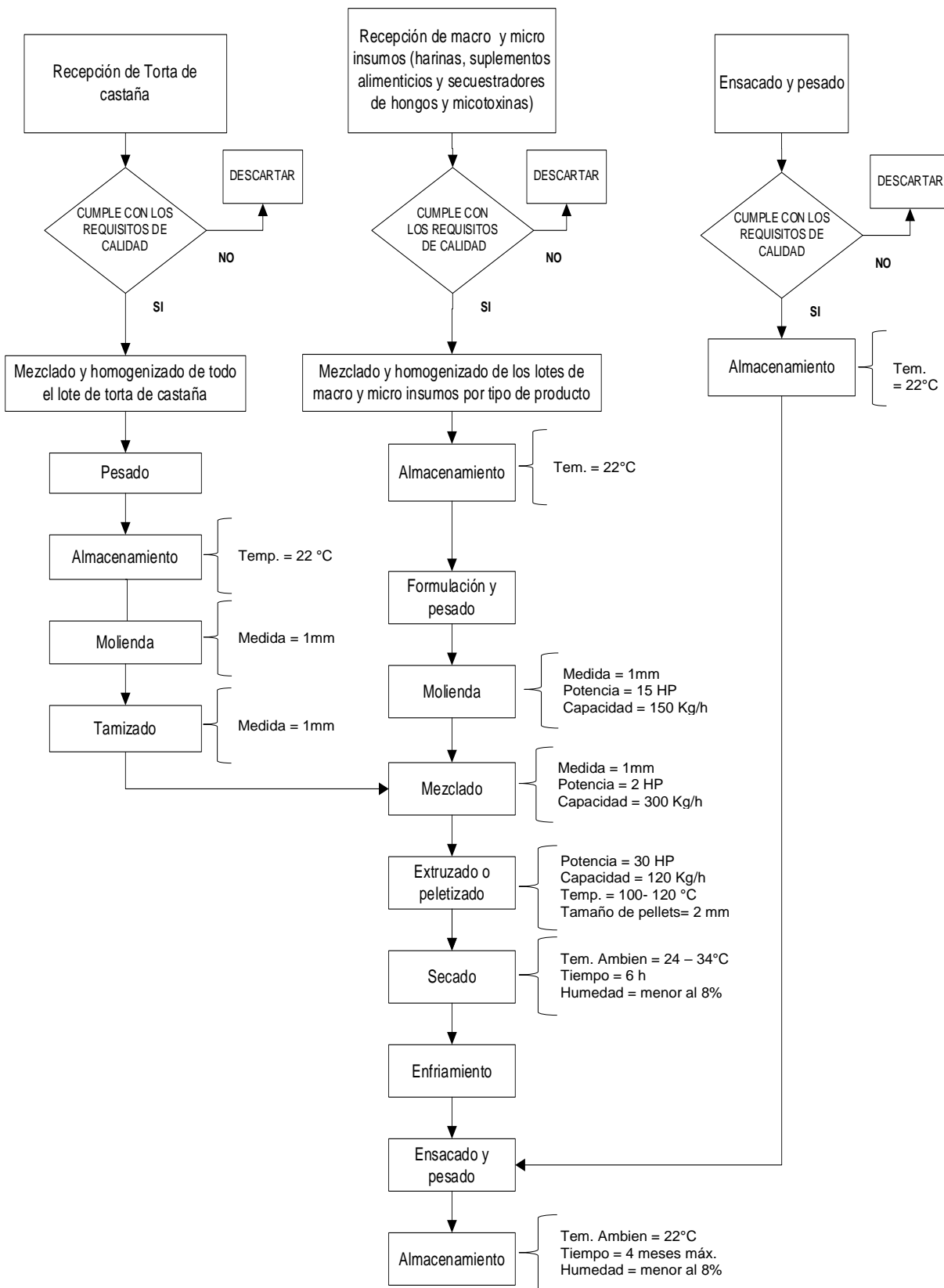


FIGURA 2. Diagrama de flujo de la elaboración de alimento balanceado

Fuente: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana IIAP, 2018.

3.6.4. Descripción del flujograma de elaboración de alimento balanceado.

La recepción de materias primas, es la etapa inicial del proceso de producción de alimentos balanceados y se centra en la evaluación organoléptica de los productos recibidos. Aquellos que cumplieron con los criterios de calidad se almacenaron en un ambiente con una temperatura controlada de 22 °C. Si se detectan alteraciones en algunos insumos se realiza su descarte.

Formulación y pesado, en este proceso se realizaron cálculos para realizar una mezcla de diferentes insumos y poder dar lugar a la creación de un producto específico con las características nutricionales que se desea obtener.

Molienda, esta actividad consistió en reducir el tamaño de las partículas de los alimentos tales como el maíz, soya, torta de castaña, etc., y con ello, lograr una mejor homogenización de la mezcla de los insumos. La molienda lo realizó un equipo denominado molino de matillos.

Mezclado, consiste en realizar la homogenización de los insumos, macronutrientes y micronutrientes, este proceso se realiza en una mezcladora horizontal.

Extruido y pelletizado, es el proceso de precocción de los insumos que permite a su vez formar los pellets, este proceso se realizó en la extrusora y gracias a su diseño del equipo, permite que se obtenga un tamaño deseado del alimento elaborado.

Secado, este proceso de deshidratación de los pellets, se realizó mediante la exposición al aire ambiente o a sol directo, sin la aplicación de calor artificial, aprovechando las condiciones naturales de temperatura y humedad del entorno.

Envasado y ensacado, el producto elaborado y secado, es enfriado y se realiza una revisión del cumplimiento de calidad, posteriormente es ensacado en bolsa de polietileno para ser almacenado.

Almacenamiento, este proceso se realiza en un ambiente con una temperatura controlada a 22°C libre de agentes contaminante y completamente seco.

3.6.5. Determinación del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la torta de castaña.

El coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) se determinó mediante un método indirecto utilizando óxido de cromo III (Cr_2O_3) en la dieta como marcador (Bremer-Neto et al., 2005). Se preparó una dieta de referencia (DR) y una dieta experimental, en la que la torta de castañas sustituyó el 30% de la DR. Los alevines de paco *P. brachypomus*, se dividieron en 6 incubadoras de fibra de vidrio (150 litros; 20 peces por incubadora) y se alimentaron cuatro veces al día (8:00 a. m., 11:00 a. m., 2:30 p. m. y 5:30 p. m.), hasta saciedad aparente. Una hora después de la primera y última comida (8:00 a.m. y 5:30 p.m.), los excrementos sedimentados de los especímenes de paco se recolectaron, utilizando una salida inferior que se adaptó en las incubadoras. Las heces recolectadas se pesaron húmedas, luego se secaron en estufa (45°C) por 24 a 32 horas, posteriormente se almacenó en envases rotulados y se congelaron hasta el momento de su análisis individual.

Después de la digestión ácida, se midió la cantidad de Cr_2O_3 en las dietas elaboradas y en las excretas colectadas, mediante espectrofotometría de absorción atómica. La energía bruta, se midió mediante calorimetría de bomba adiabática, utilizando el ácido benzoico como estándar. Se utilizó el enfoque de la AOAC (2000) para determinar la composición proximal. Los CDA de energía bruta de las dietas test y DR fueron calculados de acuerdo a las siguientes ecuaciones (De Silva e Anderson, 1995):

$$CDA = 100 - [100 \times (\%Cr_2O_3 \text{ en la dieta } \%Cr_2O_3 \text{ en las heces}) \times (\text{nutrientes y energía en las heces} / \text{nutrientes y energía en la dieta})]$$

Para calcular el Coeficiente de digestibilidad de energía se utilizó la siguiente

ecuación:

$CDA = CDADT - CDADR \times y z$ En que: CDADT = coeficiente de digestibilidad aparente de nutrientes y energía en la dieta test.

Donde, el CDADR = coeficiente de digestibilidad aparente de nutrientes y energía en la dieta referencia; y = proporción de la dieta referencia; z = proporción de la dieta test.

La determinación de los nutrientes y la energía digestible de la torta de castaña se realizó multiplicando el valor de energía bruta por su coeficiente de digestibilidad aparente. Además, el análisis proximal de las dietas se llevó a cabo evaluando tanto la torta de castaña como las seis dietas, posteriormente, fueron empacadas en bolsas herméticas y se determinó el contenido de humedad, proteína, cenizas, lípidos, fibra, extracto libre de nitrógeno (carbohidratos) y energía total (Kcal. de energía) presentes (AOAC, 2000). La humedad se calculó como la pérdida de peso tras someter la muestra a 105 °C en una estufa, el contenido total de lípidos se determinó como el peso del aceite extraído con el método Soxhlet a través de un disolvente orgánico (hexano), el contenido total de proteínas se determinó por el método micro Kjeldahl, el contenido de cenizas se calculó como el peso de las cenizas tras someter la muestra a 600 °C en mufla, el contenido de fibra se determina tras la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, seguido de un proceso de calcinación. La cantidad de fibra se calcula a partir de la diferencia carbohidratos, fueron calculados a partir del resultado de nutrientes y restar a 100. La energía bruta fue calculada sobre la base de 23,6; 39,5 y 17,2 kJ g⁻¹ de proteínas, lípidos y carbohidratos respectivamente.

Tabla 6. Formulación y composición química de las dietas utilizadas en el ensayo de digestibilidad aparente (en relación a materia seca)

Ingredientes	Dieta de referencia	Dieta de prueba
Harina de pescado 45%	14.93	10.43
Harina de soya 45%	38.81	27.11
Torta de castaña	0	30
Harina de maíz 7%	36.64	25.59
Harina de trigo	6.97	4.87
Premix	1	0.7
DL-Metionina	0.05	0.03
L-Lisina	0.08	0.06
BHT	0.05	0.03
Carbonato de calcio	0.5	0.35
Sal común	0.5	0.35
Óxido de Cromo III	0.5	0.5
Nutrientes		
Proteína (%)	32.04	31.42
Grasa (%)	3.44	16.77
Materia seca (%)	92.53	93.24
Ceniza (%)	9.80	8.66
Fibra (%)	2.69	2.69
ELN (%)	52.03	40.58
Energía bruta (MJ kg ⁻¹)	17.96	21.02

Fuente: Elaboración propia 2024.

3.6.6. Obtención y aclimatación de peces

Con el objetivo de llevar a cabo la investigación, los peces fueron obtenidos a través de reproducción artificial en el Laboratorio de Reproducción de Peces Amazónicos del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP - MDD). Cuando los peces alcanzaron cierto tamaño (juvenil), se sometieron a un proceso de aclimatación de 7 días al sistema experimental en estanques de polietileno de 1500 L y fueron alimentados regularmente (8:00 am. y 03:30 pm.) con una dieta comercial que contenía 36% de proteína cruda.

3.6.7. Evaluación del desempeño productivo

Se realizaron muestreos de peso (inicial y final) y longitud (inicial y final), así como también se calcularon los índices de desempeño productivo como: ganancia de peso, ganancia de peso diario, tasa de crecimiento específico y relativo, índice de conversión alimenticia aparente y sobrevivencia. En la tabla 7 se describen las fórmulas para calcular los parámetros del presente estudio.

Tabla 7. Fórmulas para determinar los parámetros de estudio.

Índices de crecimiento	Formulas
<i>Ganancia de longitud</i>	$GL = \bar{X} \text{ longitud final} - \bar{X} \text{ longitud inicial}$
<i>Ganancia de peso</i>	$GP = \bar{X} \text{ peso final} - \bar{X} \text{ peso inicial}$
<i>Ganancia de peso diario</i>	$GPD = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{tiempo}}$
<i>Tasa de crecimiento específico y relativo</i>	$TCE = \frac{\ln(\text{peso final} - (\text{Peso Inicial}))}{\text{Tiempo en días}} * (100)$
<i>Índice de conversión alimenticia aparente</i>	$ICAA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado}}{\text{ganancia de peso}}$
<i>Sobrevivencia</i>	$S = \frac{N^{\circ} \text{ de peces cosechados}}{N^{\circ} \text{ de peces sembrados}} * (100)$

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.6.8. Costos Variables

La metodología para la evaluación económica, fue estimada en referencia a los costos variables que se realizaron en la adquisición de materias primas (macro y micro insumos) utilizadas en la elaboración de las dietas. Con los datos de costos de compra, se procesaron mediante el programa de cálculo Microsoft Office Excel, estimándose una proyección de una tonelada de producción de alimento balanceado para paco *P. brachypomus* de cada dieta experimental.

Asimismo, para la estimación de costos de producción de una tonelada de alimento balanceado para paco *P. brachypomus* por cada dieta experimental, se tomaron consideraciones de costos de mano de obra, costos de maquila y costos de empaque y transporte.

3.6.9. Tratamientos de datos

Los datos biométricos, incluyendo longitud y peso, se procesaron utilizando Microsoft Office Excel y se sometieron a un análisis estadístico a través de la varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%. Para la identificación de diferencias significativas, se aplicó el ANOVA mediante el software estadístico Statistica, utilizando la prueba de comparación de promedios (prueba de Fisher) a un nivel de significancia del 5%.

Se utilizó una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel (XLXS) para obtener todos los datos relacionados con los índices de crecimiento y los parámetros físicos y químicos del agua.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Los resultados de la presente investigación tienen como finalidad dar cumplimiento a los objetivos planteados; por consiguiente, en primera instancia, se presentan los resultados del coeficiente de digestibilidad aparente del alimento con contenido de torta de castaña *B. excelsa*, seguidamente, se exponen los resultados de los análisis proximales de las dietas formuladas; posteriormente, se dan a conocer los resultados de la evaluación biométrica producto de la alimentación de los juveniles de paco *P. brachypomus* con las diferentes dietas experimentales, finalmente, se presentan los resultados de la evaluación de costos variables de producción de las dietas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por torta de castaña.

4.1. Coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) de la torta de castaña.

En la tabla 8, se muestran los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA), en relación a los valores de composición nutricional de la torta de castaña y el porcentaje de nutrientes digestibles y cantidad de energía bruta de la dieta elaborada (MJ kg^{-1}).

Tabla 8. Composición del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA), valores de nutrientes digerible en relación a la composición de la torta de castaña.

Nutriente/Energía	Composición de la torta de castaña	CDA	Nutrientes digeribles y energía.
Materia seca (%)	94.31 ± 0.25	72.95 ± 3.54	68.4 ± 3.15
Proteína (%)	31.59 ± 0.68	67.0 ± 4.24	21.2 ± 0.89
Grasa (%)	43.79 ± 1.64	83.0 ± 4.24	36.3 ± 0.5
Ceniza (%)	7.08 ± 0.18	62.5 ± 6.36	4.4 ± 0.56
Energía bruta (MJ kg ⁻¹)	27.20 ± 0.44	58.8 ± 2.93	16.0 ± 0.54

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Los resultados obtenidos de la composición química, del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA) y de los nutrientes digeribles de la torta de castaña *Bertholletia excelsa*, evidenciaron su potencial como ingrediente en dietas para peces en la etapa de crecimiento (juvenil). La materia seca presentó un alto valor inicial (94.31 ± 0.25%), de la cual el 72.95 ± 3.54% fue aprovechable, lo que resulta en una proporción efectiva de 68.4 ± 3.15% de materia seca digerible.

La proteína cruda, componente esencial para el crecimiento, mostró un contenido del 31.59 ± 0.68%, con un CDA del 67.0 ± 4.24%, lo que corresponde a 21.2 ± 0.89% de proteína utilizable. Estos resultados indican una adecuada disponibilidad proteica, destacando el potencial de la torta de castaña como una fuente proteica complementaria.

En cuanto a la grasa, la torta de castaña presentó un elevado contenido inicial de 43.79 ± 1.64%, con una digestibilidad alta del 83.0 ± 4.24%, resultando en 36.3 ± 0.50% de grasa efectiva, lo que refuerza su aporte energético significativo.

Por otro lado, el contenido de cenizas fue moderado (7.08 ± 0.18%), con un CDA del 62.5 ± 6.36%, generando un valor digerible de 4.4 ± 0.56%. Aunque

este componente tuvo menor digestibilidad, sigue siendo relevante para el aporte mineral.

Finalmente, la energía bruta de la torta alcanzó 27.20 ± 0.44 MJ/kg, de la cual el $58.8 \pm 2.93\%$ fue aprovechable, representando 16.0 ± 0.54 MJ/kg de energía digestible, un dato importante para respaldar su viabilidad en términos de suministro energético.

Según el estudio realizado por Portocarrero (2020), sostiene que la digestibilidad de la torta de castaña en una dieta balanceada en paco *P. brachypomus* fue de 57.9 %, resultado que mostró inferioridad con los datos obtenidos en este estudio de investigación. Por otro lado, La digestibilidad proteica de la torta de castaña de la presente investigación concuerda con la digestibilidad proteica de harina de soya, tal como lo demuestra en su investigación Batista *et al.*, (2004), quienes reportan en su estudio de investigación una digestibilidad de 75.9%, donde también trabajaron con juveniles de paco *P. Brachypomus*.

Los coeficientes de digestibilidad aparente de proteína y energía de la dieta experimental superaron el 50%, lo que demostró que las materias primas vegetales pueden utilizarse para crear dietas alimenticias para peces omnívoros como el pez paco. *P. brachypomus* (Portocarrero, 2020; Lauzanne & Loubens, 1985).

4.2. Análisis proximales.

4.2.1. Composición proximal de las dietas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por torta de castaña *B. excelsa*.

La evaluación de la composición proximal de las dietas alimenticias elaboradas para la alimentación de juveniles de paco *Piaractus brachypomus* durante 60 días evidenció variaciones según el nivel de inclusión de torta de castaña (T.C.) en cada tratamiento (T1-T6). Los resultados indicaron que el perfil nutricional de las dietas fue ajustado de manera uniforme, lo que permitió mantener valores adecuados en los principales componentes, esenciales para el desarrollo de los peces.

El contenido de materia seca se mantuvo relativamente estable entre los tratamientos, con valores que oscilaron entre 90.95% (T1: 0% T.C.) y 91.93% (T4: 60% T.C.). Este rango reducido indicó que la formulación de las dietas conservó su estabilidad física y química a pesar del cambio en los niveles de inclusión de torta de castaña. La proteína cruda, que es un nutriente clave para el crecimiento y la regeneración de tejidos, presentó valores elevados en todas las dietas, variando entre 29.69% en T1 y 30.35% en T2 (20% T.C.). Estos resultados evidenciaron que la sustitución parcial o total de la harina de pescado por torta de castaña no afectó de manera significativa el contenido proteico de las formulaciones.

El contenido de lípidos mostró un incremento progresivo conforme aumentó la inclusión de torta de castaña, registrándose valores de 7.64% en T1 (0% T.C.) y alcanzando hasta 8.63% en T5 (80% T.C.). Este comportamiento destacó el aporte lipídico de la torta de castaña como un ingrediente alternativo. La fibra también presentó un aumento gradual, desde 2.39% en T1 hasta 3.25% en T6 (100% T.C.), lo que reflejó la naturaleza fibrosa de la torta de castaña y su impacto en la formulación de las dietas.

El extracto no nitrogenado (ENN), que agrupa carbohidratos y otros compuestos no proteicos ni lipídicos, disminuyó ligeramente conforme se incrementó la inclusión de torta de castaña. Su valor máximo fue de 54.60% en T1, mientras que el valor más bajo se registró en T5 (52.27%). Este descenso fue consistente con una menor proporción de carbohidratos en las dietas con mayor contenido del sustituto. El contenido de cenizas, un indicador del aporte mineral, mostró una ligera tendencia al alza, con valores que oscilaron entre 5.68% (T1) y 6.01% (T5), posiblemente debido al incremento de minerales asociados con la torta de castaña.

Finalmente, la energía bruta, calculada con base en las proteínas, lípidos y ENN, permaneció constante entre los tratamientos, con valores cercanos a 19.4 MJ/kg en todas las dietas. Esto indicó que, a pesar de las variaciones en los ingredientes, las formulaciones conservaron un aporte energético adecuado para satisfacer las necesidades metabólicas de los peces.

Estos resultados nos permitieron establecer que, la composición nutricional de las dietas elaboradas, sometidas a análisis bromatológicos, indicaron que éstas cumplieron con los requerimientos nutricionales para la alimentación de juveniles de paco *P. Brachypomus*, según lo contrastado por Vásquez – Torres et al., (2011), donde recomiendan que los niveles de proteína se deben presentar en un rango entre 24 y 31.6%; Asimismo, Vásquez, 2001, sugiere que el rango de contenido de grasa de un alimento balanceado es de 4 a 8 % y la cantidad de carbohidratos deben ser de 20 a 40% (Furuichi, 1988).

En general, los resultados mostraron que la inclusión progresiva de torta de castaña modificó de manera predecible la composición proximal de las dietas, manteniendo un balance nutricional óptimo para los juveniles de *P. brachypomus*. Estos hallazgos evidenciaron la viabilidad de la torta de castaña como un ingrediente alternativo en la formulación de alimentos balanceados para esta especie.

Tabla 9. Composición proximal (% en base a la materia seca) de las dietas balanceadas para alimentación de 60 días de *Piaractus brachypomus*.

Composición proximal						
Composición nutricional	Nivel de inclusión de torta de castaña (T.C.)					
	TRATAMIENTOS					
	T1:0%	T2:20%	T3:40%	T4:60%	T5:80%	T6:100%
Materia seca (%)	90.95	91.80	91.19	91.93	91.90	91.76
Proteína (%)	29.69	30.35	30.03	30.27	30.11	29.93
Lípidos (%)	7.64	7.79	7.81	8.02	8.63	8.46
Fibra (%)	2.39	2.70	2.92	3.07	2.98	3.25
ENN (%) ^b	54.60	53.18	53.45	52.72	52.27	52.51
Cenizas (%)	5.68	5.98	5.80	5.92	6.01	5.86
Energía Bruta (MJ/kg) ^c	19.41	19.38	19.36	19.38	19.50	19.43

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Leyenda: T1= Dieta 0% torta de castaña, T2= Dieta 20% torta de castaña; T3= Dieta 40% torta de castaña; T4= Dieta 60% torta de castaña; T5= Dieta 80% torta de castaña; T6= Dieta 100% torta de castaña. Son mostrados los promedios de análisis de muestra por duplicado, Extracto no nitrogenado (ENN): 100 - (proteína + lípidos + fibra + ceniza) y Calculado sobre la base de 23.6, 39.5 y 17.2 kJ/g de proteínas, lípidos y extracto no nitrogenado (ENN) respectivamente.

4.2.2. Composición proximal del músculo de paco *P. brachypomus* a los 60 días de cultivo experimental

Los resultados obtenidos tras 60 días de cultivo, mostraron que la composición proximal del músculo de paco *P. brachypomus* varió según los tratamientos con diferentes niveles de inclusión de torta de castaña (T.C.) en las dietas experimentales. Observándose los siguientes puntos relevantes:

Materia seca: Los valores de materia seca reflejaron una homogeneidad relativa entre los tratamientos. Esto indicó que la dieta con torta de castaña no generó variaciones significativas en la cantidad de agua contenida en el músculo del pez.

Proteína cruda: La proteína muscular, un indicador clave de la calidad nutricional del pez, mostró valores similares entre tratamientos. La ausencia de diferencias significativas sugiere que la inclusión de torta de castaña mantuvo niveles estables de síntesis proteica en el músculo, lo que es favorable para su uso en dietas acuícolas.

Grasa cruda: Se evidenció una tendencia a mantener valores consistentes en los tratamientos, lo que indicó que la dieta no afectó la acumulación de lípidos en el músculo del pez. Este aspecto es relevante para mantener un perfil lipídico adecuado para consumo humano.

Cenizas: Los niveles de cenizas, que reflejan la cantidad de minerales en el músculo, no presentaron diferencias significativas. Este dato refuerza la idea de que la torta de castaña puede integrarse en las dietas sin alterar la concentración de minerales esenciales.

Fibra y ENN (Extracto libre de nitrógeno): por las características de composición del muscular, estos compuestos no presentaron explícitamente valores considerables en la tabla compartida, pero podrían aportar información complementaria sobre el impacto de la dieta en la composición muscular del pez.

los resultados mostrados en la Tabla 10, señalan que los datos obtenidos en

el presente trabajo de investigación respecto a la composición proximal del músculo de paco *P. brachypomus*, presentaron un valor de proteico de 19.0 % a 19.8%. Por lo tanto, según Cortez, 1992. describe que la composición nutricional del músculo del pez es muy variada entre las diferentes especies y también dentro de la misma; en ese entender, la carne o músculo del pescado contiene nutrientes básicos tales como el agua, grasa, proteína, carbohidratos, ceniza; además de otros nutrientes como minerales y vitaminas (Stansby, 1962). Cabe precisar, que la composición nutricional del músculo de los peces debe contener 72% de agua, 19% de proteína y 8 de grasa (FAO,1991); cuando el contenido de extracto etéreo (grasa) es inferior al 4%, es considerado como carne magra (Özden et al., 2010).

El valor proteico del músculo de los peces (19.0% a 19.8%) reportado en el presente estudio, mostró una leve cantidad superior al obtenido por Núñez and Tello, (2017) donde se reportaron resultados en un rango entre 15.89 a 16.07%, en la especie de gamitana *Colossoma macropomun*; pero, un estudio realizado por el ITP. 2009, en la misma especie utilizada en el presente estudio (*P. brachypomus*), indica que se registraron datos entre los rangos de 15.69 a 18.74%, existiendo gran semejanza con los resultados obtenido en el presente estudio de investigación.

Cabe precisar que, los resultados proteicos del músculo de los peces alimentados con el T1 (dieta con fuente proteica animal – harina de pescado) y T6 (dieta con fuente proteica vegetal – torta de castaña), reportaron ambos un valor proteico de 19.7% en el músculo de los peces sometidos al presente estudio de investigación, dato de mucha consideración que permitió demostrar que la proteína vegetal (torta de castaña) y animal (harina de pescado) utilizadas en la elaboración de las dietas experimentales permiten obtener un nivel óptimo de proteína muscular en los juveniles de paco *P. brachypomus*.

Tabla 10. Composición proximal del músculo de paco *P. brachypomus* (porcentaje en base a la materia húmeda), a los 60 días de cultivo.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Parámetros	(0% T.C.)	(20% T.C.)	(40% T.C.)	(60% T.C.)	(80% T.C.)	(100% T.C.)
Humedad	77.74	77.54	77.34	77.54	76.34	77.14
Ceniza	14.62	14.44	15.14	14.34	10.34	17.64
Lípidos	0.94	1.1	1.38	1.45	2.83	1.29
Proteínas	19.72	19.84	19.73	19.04	19.14	19.72
Carbohidratos	0.09	0.07	0.01	0.56	0.31	0.12
Fibra cruda	0.15	0.18	0.19	0.16	0.18	0.16

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Leyenda: T.C.= Torta de Castaña; T=Tratamiento

4.3. Índices zootécnicos

En la Tabla 11 se describen los resultados de los índices zootécnicos que se obtuvieron al finalizar los trabajos de experimentación del presente estudio.

Tabla 11. Índices zootécnicos obtenidos a los 60 días de cultivos de juveniles de paco *P. brachypomus*, alimentados con diferentes niveles de sustitución harina de pescado por torta de castaña (T.C.).

Parámetros	TRATAMIENTOS					
	T1 (0%)	T2 (20%)	T3 (40%)	T4 (60%)	T5 (80%)	T6 (100%)
L.I (cm)	10.2	10.3	10.1	10	10.1	10
L. F (cm)	14	14.4	15	14	14.3	14.4
L.G (cm)	3.8	4.1	4.9	4	4.2	4.4
P. I (g)	20.3	20.7	20.8	19.6	20.6	19.7
P. F (g)	55.8	61.2	68.7	58.2	69.1	68.7
GP (g)	35.5	40.5	47.9	38.6	48.5	49
G. P.D (g)	0.59	0.67	0.79	0.64	0.8	0.81
TCR (%)	62.3	65.5	69.5	65.5	70.1	71.2
TCE (%)	1.65	1.78	1.98	1.79	2.01	2.07
ICAA (kg)	10	8.06	7.2	8.6	7.04	6.8
S (%)	100	100	100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Leyenda: L.I (Longitud inicial), L.F (longitud final), P.I (peso inicial), P.F (peso final), G.P.D (ganancia de peso diario), G.P (ganancia de peso), T.C.R (tasa de crecimiento relativo), T.C.E (tasa de crecimiento específico), I.C.A.A (índice de conversión alimenticia aparente) y S (sobrevivencia).

Según los análisis de los parámetros evaluados a los 60 días de cultivo en juveniles de paco alimentados con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por torta de castaña *B. Excelsa* nos proporcionó valiosa información sobre el desempeño productivo y la viabilidad de este insumo en la presente investigación. A continuación, se detallan los resultados obtenidos:

Crecimiento en longitud:

Los valores iniciales de longitud (L.I.) presentaron uniformidad entre los tratamientos, con un promedio aproximado de 10 cm, lo cual indicó que los individuos seleccionados fueron homogéneos al inicio del ensayo. En cuanto a la longitud final (L.F.), se observó un incremento en todos los tratamientos, alcanzando su mayor valor en T3 (40%), con 15 cm. Esto indicó que un nivel moderado de sustitución favoreció el desarrollo longitudinal del pez, mientras que niveles más altos no generaron incrementos adicionales significativos.

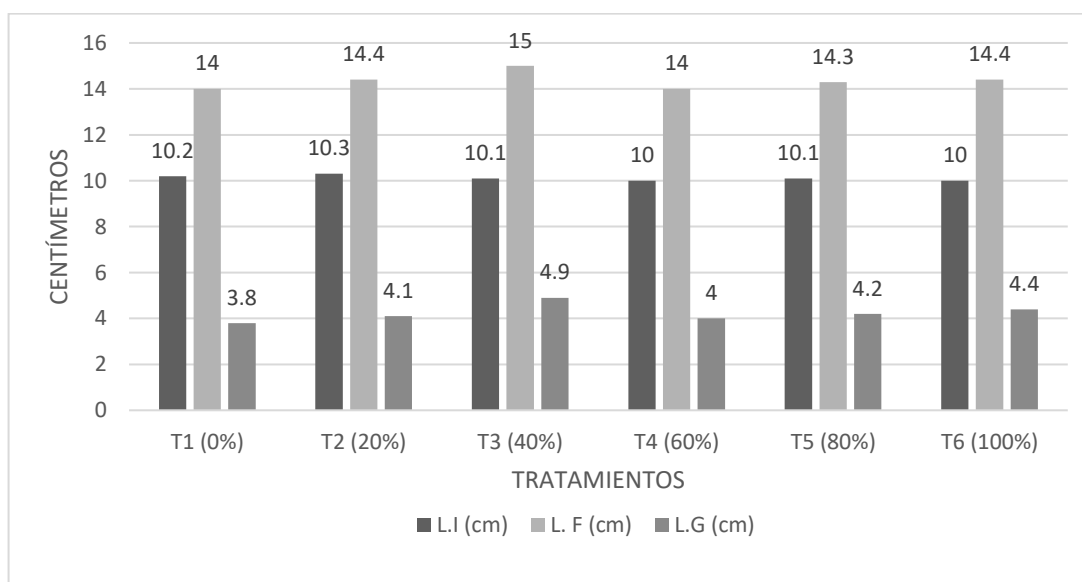
La ganancia en longitud (L.G.) mostró una tendencia similar, siendo más pronunciada en T3 (40%) , con 4,9 cm. Este resultado indicó que un equilibrio

en la proporción de torta de castaña es determinante para optimizar el crecimiento corporal en términos de longitud.

4.3.1. Incremento longitudinal de los juveniles de paco *P. brachypomus*.

En el Gráfico 2, se presentan los resultados de los índices de crecimiento del cultivo de juveniles de paco *P. brachypomus* por cada tratamiento sometido T1 (0%), T2 (20%), T3 (40%), T4 (60%), T5 (80%) y T6 (100%), según los parámetros de longitud descritos en la tabla 11.

GRAFICO 2. Incremento longitudinal de los juveniles de paco *P. brachypomus* sometidos a los diferentes tratamientos experimentales.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Leyenda: L.I. cm (Longitud inicial), L.F. cm (Longitud Final), L.G. cm (Longitud ganada).

Según reportes de estudios similares, obtuvieron una ganancia de talla final (crecimiento de longitud final) de 17.38 cm, con una ganancia en talla (longitud ganada) de 6.62 cm en 45 días de experimentación con un alimento comercial AQUAPRO32 (Vásquez. et al, 2023). Por otro lado, Castillo, Sh. And Castillo, H., 2017. reportó un crecimiento de 33.6 cm (Tratamiento 1) en noventa (90) días de experimentación, donde se incluyó la semilla de copoazú *theobroma grandiflorum* (5%) en dietas alimenticias, ambos resultados reportaron un crecimiento mayor al obtenido en el presente estudio.

En cuanto al análisis de varianza de un factor (ANOVA), respecto a la longitud final obtenida al término de la etapa experimental (60 días), se pudo determinar que, con un nivel de confianza de 95%, no existió diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, tal como se demuestra la tabla 12. Donde el F calculado, reporta un valor de 1.781, siendo este menor al F crítico con un valor de 2.323; este resultado nos permite responder estadísticamente que las medias de los tratamientos se encuentran dentro de los rangos de aceptación. Con la aplicación del presente análisis estadístico, se logró establecer que los pesos promedio de los juveniles de paco que han recibido diferentes tratamientos en este estudio no varían estadísticamente.

Tabla 12. Análisis de varianza de un factor ANOVA ($P>0.05$), respecto a la longitud final de los tratamientos.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculado	Probabilidad	Valor crítico para F
Tratamientos	10.1636	5	2.03271	1.781	0.1256	2.323
Error	95.8747	84	1.14137			
Total	106.0382	89				

Fuente: Microsoft Excel, Análisis de varianza de un factor ANOVA ($P>0.05$), 2024.

Estadísticamente se concluye que, en el presente estudio al 95% de confiabilidad, no existió diferencias significativas entre los tratamientos de las dietas alimenticias para juveniles de paco *P. brachypomus*. Por consiguiente, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis altera (H_1) por los mismos niveles de significancia.

Crecimiento en peso:

En lo referente al peso inicial (P.I.), no se evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos, con valores que oscilaron alrededor de los 20 g. Sin embargo, el peso final (P.F.) mostró un incremento notable en los tratamientos con mayor inclusión de torta de castaña, alcanzando su máximo en T5 (80%) con 69.1 g, seguido de cerca por T6 (100%) con 68.7 g. Estos datos reflejan la capacidad de la torta de castaña para proporcionar una

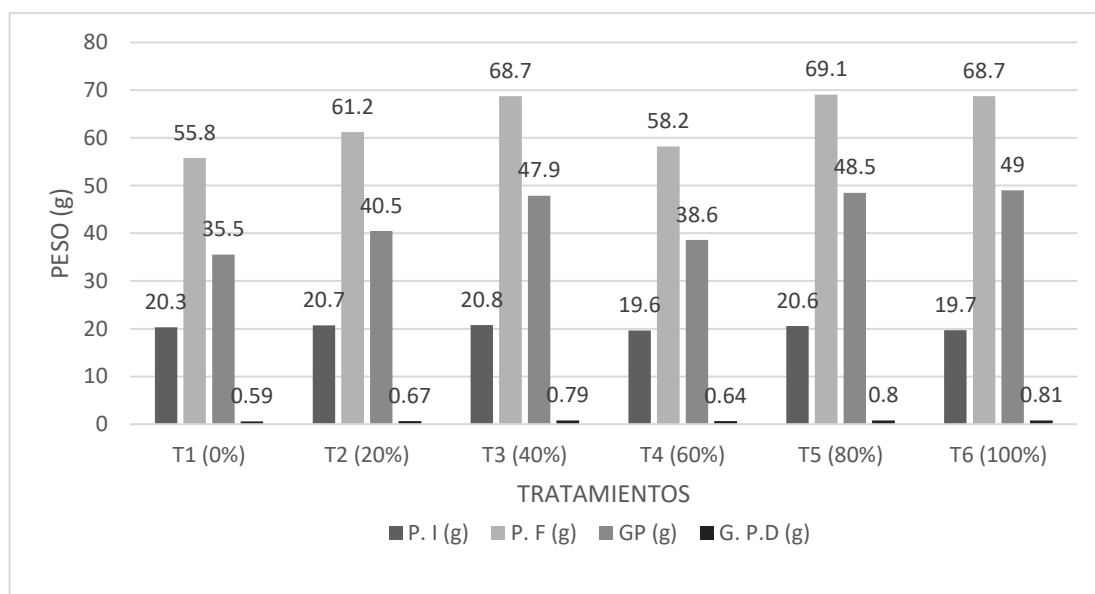
fuentes adecuadas de energía y nutrientes que sustenten el crecimiento en peso de los juveniles de paco *P. brachypomus*.

La ganancia de peso total (G.P.) y diaria (G.P.D.) también se destacan en los tratamientos con mayor sustitución, con valores de 0,49 g y 0,81 g/día en T6 (100%), respectivamente. Esto demostró que una dieta basada mayoritariamente en torta de castaña pudo satisfacer las demandas energéticas y proteicas de los juveniles de paco *P. brachypomus*, favoreciendo un crecimiento eficiente.

4.3.2. Incremento de peso de los juveniles de paco *P. brachypomus*.

En el Gráfico 3, se presentan los resultados de los índices de crecimiento en peso de juveniles de paco *P. brachypomus* por cada tratamiento sometido T1 (0%), T2 (20%), T3 (40%), T4 (60%), T5 (80%) y T6 (100%). según los parámetros de peso descritos en la tabla 11.

GRAFICO 3. Incremento de peso de los juveniles de paco *P. brachypomus* sometidos a los diferentes tratamientos experimentales.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Leyenda: P.I. g (Peso inicial), P.F. g (Peso Final), G. P. cm (Ganancia de Peso) y G.P.D. (Ganancia de Peso Diario)

Por en cuenta, según los valores reportados en el estudio realizado por

Chirinos *et. al.*, 2022, en el cual se evaluó el crecimiento de juveniles de paco alimentados con diferentes niveles de inclusión de torta de castaña y macambo en dietas experimentales, por un periodo alimentación de 120 días en ambientes acondicionados en una piscigranja (corrales), obtuvieron resultados de ganancia de peso en un rango de 3.64 a 4.77 g. dato superior al reportado en el presente estudio; asimismo, Quispe., (2006), evaluó el crecimiento de gamitana *C. macropomun* mediante la alimentación con raciones con diferentes niveles de incorporación de torta de castaña, quien reportó una ganancia de peso diario en un rango de 3.33 a 4.30 g.

Por otro lado, se procedió a realizar la prueba de análisis de varianza de un factor (ANOVA) correspondiente al peso final (P.F.), donde se pudo revelar que tratamientos difieren entre sí, al obtener un resultado de F calculado (3.036) mayor al F teórico o de valor crítico (2.323), esto nos indica que la media de los tratamientos no son significativos al 0.05 del nivel de probabilidad, tal como se muestra en la tabla 13. Por lo tanto, se concluye que los promedios de peso final (P.F.) reportados por los juveniles de paco son diferentes estadísticamente respecto a cada tratamiento utilizado en el presente estudio.

Tabla 13. Análisis de varianza de un factor ANOVA ($P > 0.05$), respecto al peso final de los tratamientos.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2665.66	5	533.131	3.036	0.014	2.323
Dentro de los grupos	14748.67	84	175.579			
Total	17414.32	89				

Fuente: Microsoft Excel, Análisis de varianza de un factor ANOVA ($P > 0.05$), 2024.

Es por ello que concluye que, en el presente estudio, referido a la ganancia de peso, al 95% de confiabilidad, existe diferencias significativas entre los tratamientos de las dietas alimenticias para juveniles de paco *P.*

brachypomus. Por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna (H_1) y se rechaza la hipótesis nula (H_0), al mismo nivel de significancia. Por lo que es pertinente realizar la Prueba de Fisher, para la prueba de comparación de medias de tratamientos.

Las diferencias significativas entre los tratamientos se determinaron mediante la prueba de Fisher (LSD – Mínima diferencia significativa) con un nivel de significancia de probabilidad de 0,05, y se determinó la media promedio de peso final (P.F.) entre los tratamientos. (Ver Tabla 10 de anexos).

En ese sentido, en la tabla 14, se presentan los grupos significativos o subconjuntos que guardaron relación de igualdad respecto a los valores promedios del peso final, los cuales se encuentran ordenados del menor al mayor valor, dónde T5 (80%T.C.) presentó el mayor promedio con 69.13 g.

Tabla 14. Prueba de Fisher LSD; variable Peso Final (g) agrupamiento de homogeneidad de diferencias significativas entre las medias de los tratamientos

Tratamientos	Medias	Grupos Significativos (subconjuntos)	
		A	B
T1	55.86667		****
T4	58.20000		****
T2	61.26667	****	****
T6	68.73333	****	
T3	68.73333	****	
T5	69.13333	****	

Fuente: Programa de análisis y visualización de datos *Statistica* ($P>0.05$), 2024.

En la tabla 15, se presenta la relación que existe entre los grupos significativos entre los subconjuntos de A y B; donde, mediante la prueba de Fisher se pudo identificar que los tratamientos T1 (0% T.C.) y T4 (60%T.C.) son iguales, y los tratamientos T2 (20% T.C.), T3 (40% T.C.), T5 (80% T.C.) Y T6 (100% T.C.)

son iguales pero diferentes de T1 y T4. Donde las letras iguales indican que no hay diferencias significativas en las medias o promedios de los tratamientos con una confianza de 95%.

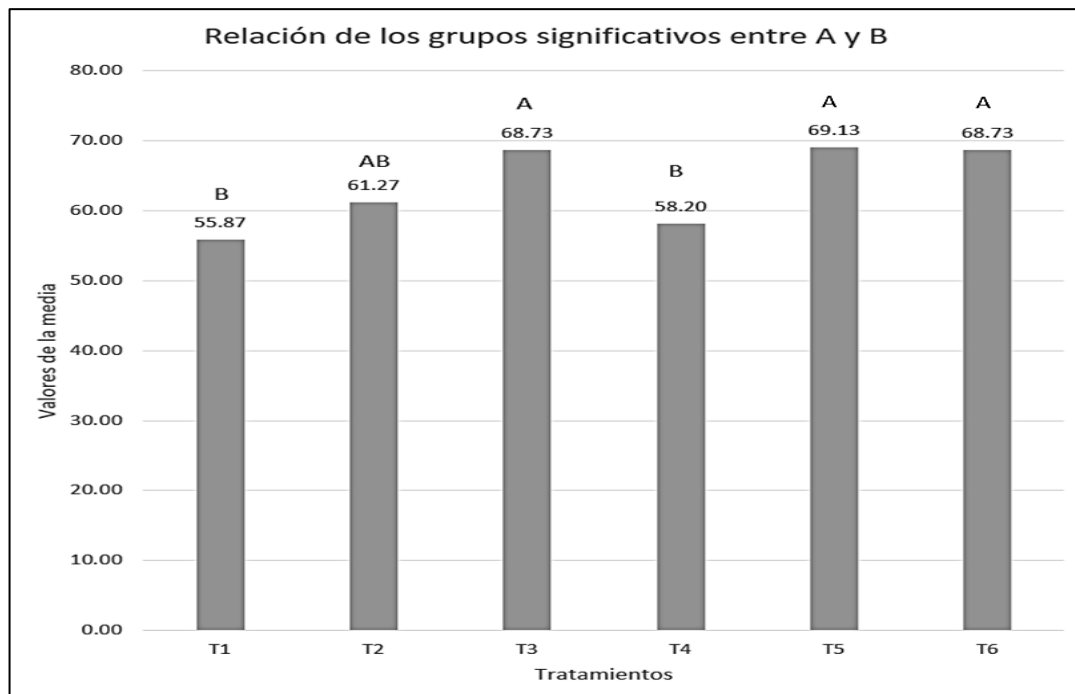
Tabla 15. Prueba de Fisher LSD; Relación entre los grupos significativos de A y B.

Tratamiento	Valores de media	Relación entre los grupos significativos de A y B
T1	55.87	B
T2	61.27	AB
T3	68.73	A
T4	58.20	B
T5	69.13	A
T6	68.73	A

Fuente: Programa de análisis y visualización de datos *Statística* ($P > 0.05$), 2024.

En el gráfico 4, se realiza una representación en barras de los 6 tratamientos utilizados en el presente estudio con respecto a los valores promedios o medias con su respectiva relación de los grupos significativos o subconjuntos (A y B) obtenidos mediante la prueba de Fisher,

GRAFICO 4. Relación de los grupos significativos entre A y B, correspondiente a las medias o promedios de los datos de los diferentes tratamientos experimentales.



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tasas de Crecimiento Relativo y Tasa de Crecimiento Específico:

La tasa de crecimiento relativo (TCR) y la tasa de crecimiento específico (TCE) incrementan proporcionalmente con el nivel de sustitución, alcanzando su máximo en T6 (100%) con valores de 71.2 % y 2.07 %, respectivamente. Estos resultados respaldaron la hipótesis de que la torta de castaña puede reemplazar completamente a la harina de pescado sin comprometer el crecimiento de los peces, lo cual resulta prometedor desde el punto de vista productivo y económico.

El estudio realizado por Corredor y Landines, (2018), quienes evaluaron los parámetros productivos y hematológicos del *P. brachypomus*, suplementaron las raciones o dietas con ácido ascórbico, el periodo de experimentación fue de 30 días con una dieta a 32% de P.B., donde se reportan una tasa de crecimiento relativo en un rango de 56.33 a 76.73 %, datos que indican que el

experimento tuvo diferencias significativas. La tasa de crecimiento se vincula estrechamente con la velocidad de maduración de un organismo y su peso corporal final, lo que sugiere que estas variables influyen en los parámetros globales de productividad a lo largo de la vida del animal (Pala *et al.*, 2005). Así también, Según el estudio reportado por Machuca and Mejía, (2008), quienes utilizaron raciones balanceadas isoprotéicas con 26% de PB en diferentes proporciones de harina de lenteja de agua *Lemna sp* en cultivo de paco, registraron valores de tasa de crecimiento específico en un rango de 1.35 y 1.13, valores que presentan cierto grado menor al reportado en este estudio.

Índice de Conversión Alimentaria Aparente:

El índice de conversión alimenticia aparente (ICAA) evidenció una mejora en los tratamientos con mayor sustitución, siendo más eficiente en T5 (80%) y T6 (100%) , con valores de 7,04 kg y 6,8 kg , respectivamente. Esto indicó que los peces de estos tratamientos requirieron menos alimento para producir una unidad de peso (kg).

Según Martínez, (1987), El índice de conversión alimentaria (ICA) es un parámetro clave que evalúa la eficiencia con la que los organismos acuáticos asimilan los alimentos consumidos. Este índice indica la relación entre la cantidad de alimento ingerido y el incremento de peso corporal del pez. Un ICA bajo sugiere una alta eficiencia en la conversión de alimento en masa corporal, lo que es indicativo de un buen desempeño productivo y nutricional en la alimentación de los peces. Por lo tanto, el ICA es fundamental para entender y optimizar las prácticas de alimentación en la acuicultura. Por otro lado, un estudio realizado por Chu-Koo and Alván, (2006), que trabajó con dietas extruidas en la alimentación de gamitana *Colossoma macropomum* y pacotana *C. macropomum x Piaractus brachypomus* reportó un resultado en el índice de conversión alimenticia promedio de 1,1 kg; no obstante, la especie híbrida (pacotana) mostró menos eficiencia en la conversión alimenticia al reportar ICA promedio de 1.24 kg. Asimismo, los resultados reportados por el estudio realizado por Chirinos *et. al*, (2022), refiere que los juveniles de paco

al concluir la etapa de cultivo experimental, reportaron que el tratamiento T2 alcanzó un ICAA de 1.51, el cual fue considerado como el valor óptimo y el de mejor resultado, en comparación con los valores reportados en los tratamientos T3 (1.75Kg) y T3 (1.84kg), datos que permitiría describir que para que un espécimen de paco alcance un peso de 1.00 kg de peso vivo, necesitaría consumir 1.51 kg de alimento de tratamiento T2 (30% de torta de castaña y 20% de macambo) y éste permitiría su rentabilidad.

Cabe mencionar que, el menor ICAA tendrá más impacto y conveniencia para la rentabilidad de la producción porque la alimentación en la piscicultura representa entre 60 y 80 % de los costos de la producción de cultivos de peces (da Silva et al., 2003; Lavell, 1998); en relación a esta premisa y, considerando que los datos obtenidos en la presente investigación referente a los índices de conversión alimenticia aparente ACAA son superiores (T6 = 6.8 kg) a los resultados de estudios que anteceden a la presente, esto permitiría indicar que se requeriría 6.8 kg de alimento de la dieta y/o tratamiento T6 (100%TC) para obtener un kilogramos de peso vivo en la especie de paco *P. brachypomus*; por lo tanto, este reporte permitió conocer que la rentabilidad de la producción bajo estas condiciones productivas no resultaría económicamente viable.

Corresponde también señalar que, durante el desarrollo de la etapa experimental de a presente investigación se pudo observar que los espacios y/o ambientes (tanques de polietileno) donde los juveniles de paco *P. brachypomus* fueron cultivados, sería un factor que no permitiría lograr el desarrollo normal de los especímenes de pacos por motivos de la sobredensidad a la cual se expusieron éstos. Es de suma importancia determinar el crecimiento de los peces, puesto que éste guarda relación a la dieta proporcionada con la densidad de siembra, Borges (1978). Según Coche (1978); Schmittou (1993), formulan que cuando existe menor densidad de población, se reportará un mejor rendimiento productivo en peces.

Supervivencia:

La tasa de supervivencia (S) fue del 100 % en todos los tratamientos, demostrando que la inclusión de torta de castaña no afectó la viabilidad de los juveniles de paco *P. brachypomus*. Este aspecto es crucial, ya que asegura que la dieta experimental no generará efectos adversos en la salud de los peces.

4.4. Análisis de costo de las dietas con diferentes niveles de sustitución de torta de castaña *B. excelsa*.

En la tabla 16, se presenta el desglose de los costos de producción para la elaboración de 1 tonelada de alimento balanceado, considerando diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por torta de castaña (T.C.) *B. excelsa*, proporciona un panorama claro sobre la viabilidad económica de esta propuesta alimenticia. A continuación, se detallan los siguientes resultados:

Costos de materia prima e insumos

El costo asociado a materia prima e insumos presentó una disminución progresiva conforme aumentó el nivel de sustitución de harina de pescado por torta de castaña. En el tratamiento sin sustitución (0% TC), el valor asciende a S/. 4,246.17 (Cuatro mil doscientos cuarenta y seis con 17/100 soles), mientras que en el tratamiento con sustitución total (100% TC) se redujo significativamente a S/. 3,239.8 (tres mil doscientos treinta y nueve con 8/100 soles), representando un ahorro del 23,65%. Este descenso se debió principalmente a la diferencia en el precio de los insumos utilizados, lo cual hace de la torta de castaña *B. Excelsa* una alternativa más accesible económicamente.

Costo de mano de obra y maquila

Los costos asociados a la mano de obra (S/. 220) y la maquila (S/. 324) permanecieron constantes a lo largo de todos los tratamientos, ya que estos no dependen de la composición de los insumos, sino de procesos fijos de producción. Esto indica que los ajustes en la formulación del alimento no influyen en los costos operativos básicos.

Costo de transporte y embalaje

En cuanto al transporte y empaque, los costos son similares entre tratamientos, salvo en el caso del tratamiento sin torta de castaña (0% T.C.) que presentó un valor ligeramente inferior (S/. 432), mientras que en los tratamientos con sustitución alcanzó S/. 460. Este incremento fue a razón de las características del manejo logístico y por los volúmenes asociados al uso de la torta de castaña *B. excelsa*.

Costo total de producción

El costo total de producción siguió una tendencia decreciente conforme aumenta el nivel de sustitución. El tratamiento 0% T.C. presenta el costo más elevado (S/. 5222.17) y el tratamiento 100% TC el más bajo (S/. 4243.8), representando una reducción total del 18.74% . Esto demostró la eficiencia económica de la torta de castaña como ingrediente principal en las dietas para juveniles de paco *P. brachypomus*.

Precio por kilogramo de alimento

El precio por kilogramo del alimento balanceado sigue la misma tendencia, disminuyendo desde S/. 5.22217 en 0% TC hasta S/. 4.2438 es 100% TC . Esto significa una reducción de aproximadamente S/. 0,98/kg, lo que resulta relevante en términos de ahorro para los productores acuícolas.

Tabla 16. Costos de Producción para 1TM de Alimento Balanceado para paco *P. brachypomus*.

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA 1 TONELADA DE ALIMENTO BALANCEADO						
Datos	0 %	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
	T.C.	T.C.	T.C.	T.C.	T.C.	T.C.
	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.	S/.
Costo de M.P. e Insumos	4246.17	3988.08	3769.96	3551.36	3372.49	3239.8
Costo de Mano de obra	220	220	220	220	220	220
Costo de Maquila	324	324	324	324	324	324
Costo de Transporte y empaque	432	460	460	460	460	460
Total	5222.17	4992.08	4773.96	4555.36	4376.49	4243.8
Precio/Kg.	5.22217	4.99208	4.77396	4.55536	4.37649	4.2438

Fuente: Elaboración propia, 2024.

4.5. Parámetros físico – químicos del agua utilizada en el presente estudio de investigación.

Es crucial comprender los parámetros físico-químicos del agua, ya que estos están relacionados con el bienestar de los peces cultivados. Estos incluyen el oxígeno disuelto (OD), la temperatura, el pH y otros. Cualquier variación en los rangos de tolerancia de estos parámetros puede provocar una serie de problemas, incluyendo hipoxia, disminución del apetito, retraso en el crecimiento, incremento en el índice de conversión alimenticia, inmunosupresión, mayor susceptibilidad a enfermedades, deterioro de las branquias y, en casos extremos, mortalidad. Estas alteraciones pueden resultar en pérdidas económicas significativas en las actividades acuícolas, afectando tanto la producción como la rentabilidad de las operaciones. Por lo tanto, es crucial mantener condiciones óptimas de calidad del agua (Boyd, 1996; Kubitza y Kubitza, 2000; Valbuena y Cruz, 2006; Kubitza, 2009; González et al., 2010).

Los datos de los parámetros físico-químicos registrados durante la etapa experimental del presente estudio, reportaron un promedio (Tabla 17) de

Oxígeno disuelto (OD) de 5.14 ppm. El dato promedio obtenido en el presente estudio, con respecto al OD, concuerda con los valores establecidos por Balbuena, (2011), donde recomienda que las concentraciones de Oxígeno Disuelto debe no ser inferior a 3 mg/L (ppm) y no superar 10 mg/L, donde los rangos deseables deben permanecer en los rangos de 3 a 8 mg/L.

Tabla 17. Valores promedios de los parámetros físico – químico del agua utilizada en los estanques de polietileno, para la experimentación del cultivo de juveniles de paco *P. brachypomus* durante los 60 días.

PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICO DEL AGUA			
Mes	Oxígeno disuelto (ppm)	PH	Temperatura (°C)
OCTUBE	5.14	6.62	30.11
NOVIEMBRE	5.14	6.42	30.44
PROMEDIO	5.14	6.52	30.27

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Asimismo, en la tabla 17, el promedio de potencial de hidrogeno (pH) durante la experimentación de este estudio fue de 6.52. según Sipaúba (1998), los rangos óptimos de pH para la crianza de *Piaractus brachypomus* fluctúan entre un rango de 6.5 y 8.5, cabe mencionar que un pH ácido o alcalino con rangos elevados y prolongados durante mucho tiempo, afectará el crecimiento de los peces.

Asimismo, el promedio de temperatura registrado en el presente estudio de investigación, reportó una temperatura de 30.27°C. El dato promedio registrado, concuerda con lo mencionado por Gonzales, J. y Heredia, B. (1989) que establece que la especie de *P. brachypomus*, es un pez de aguas cálidas y logra alcanzar un crecimiento y desarrollo máximo entre un rango de temperaturas de 28 a 31°. Por otro lado, existen autores que manifiestan que las altas o bajas temperaturas a los cuales están sometidos los peces, pueden ocasionar estrés, reduciendo la ingesta de alimentos y no permitiendo el normal desarrollo de los peces en los sistemas acuícolas (Angelini, R. and Petrere, R, 1992.; Buentello et al., 2000).

4.5. Conclusiones

- La evaluación del coeficiente de digestibilidad aparente (CDA), indica que la dieta alimenticia con contenido de torta de castaña *B. excelsa* alcanzó una digestibilidad de materia seca ($72,95 \pm 3,54\%$) y proteína ($67,0 \pm 4,24\%$), destacando el alto CDA de grasa ($83,0 \pm 4,24\%$). Además, la energía bruta presentó un CDA del $58,8 \pm 2,93\%$, confirmando su aporte significativo al valor energético de las dietas. Estos datos respaldan su potencial como un ingrediente sostenible y eficiente en la acuicultura.
- La composición proximal de las dietas para juveniles de *Piaractus brachypomus* muestra ligeras variaciones a medida que aumenta el porcentaje de torta de castaña. En general, con mayor inclusión de torta de castaña, se observa una leve disminución en la proteína y el ENN, un aumento en los lípidos y la fibra, y la energía bruta se mantiene constante. Los valores reportados fueron los siguientes:
 - **Tratamiento 1 (0% T.C.):** Materia seca 90.95%, proteína 29.69%, lípidos 7.64%, fibra 2.39%, ENN 54.60%, cenizas 5.68%, energía bruta 19.41 MJ/kg.
 - **Tratamiento 2 (20% T.C.):** Materia seca 91.80%, proteína 30.35%, lípidos 7.79%, fibra 2.70%, ENN 53.18%, cenizas 5.98%, energía bruta 19.38 MJ/kg.
 - **Tratamiento 3 (40% T.C.):** Materia seca 91.19%, proteína 30.03%, lípidos 7.81%, fibra 2.92%, ENN 53.45%, cenizas 5.80%, energía bruta 19.36 MJ/kg.
 - **Tratamiento 4 (60% T.C.):** Materia seca 91.93%, proteína 30.27%, lípidos 8.02%, fibra 3.07%, ENN 52.72%, cenizas 5.92%, energía bruta 19.38 MJ/kg.
 - **Tratamiento 5 (80% T.C.):** Materia seca 91.90%, proteína 30.11%, lípidos 8.63%, fibra 2.98%, ENN 52.27%, cenizas 6.01%, energía bruta 19.50 MJ/kg.
 - **Tratamiento 6 (100% T.C.):** Materia seca 91.76%, proteína 29.93%,

lípidos 8.46%, fibra 3.25%, ENN 52.51%, cenizas 5.86%, energía bruta 19.43 MJ/kg.

- Conforme aumenta la inclusión de torta de castaña en la dieta (de 0% a 100%), se observan mejoras en varios índices zootécnicos, como la ganancia de peso (G.P.) y la ganancia de peso diaria (G.P.D.), que son más altas en los tratamientos con mayor porcentaje de torta de castaña. En el Tratamiento 1 (0% T.C.), la ganancia de peso fue de 35.5 g, mientras que en el Tratamiento 6 (100% T.C.) alcanzó 49 g, lo que representa un incremento de 13.5 g. De manera similar, la ganancia de peso diaria aumentó de 0.59 g en el Tratamiento 1 a 0.81 g en el Tratamiento 6. Además, la tasa de crecimiento relativo (TCR) y la tasa de crecimiento específico (TCE) mejoraron significativamente en los tratamientos con mayor inclusión de torta de castaña, alcanzando su valor máximo en el Tratamiento 6 (100% T.C.) con un TCR de 71.2% y un TCE de 2.07%. En comparación, el Tratamiento 1 presentó un TCR de 62.3% y un TCE de 1.65%. La eficiencia alimenticia, medida por el índice de conversión alimenticia aparente (ICAA), mostró una ligera mejora en los tratamientos con mayor porcentaje de torta de castaña, destacándose el Tratamiento 6 con un ICAA de 6.8, comparado con el 10 del Tratamiento 1, lo que indica una mayor eficiencia en la conversión del alimento en masa corporal. Por último, la supervivencia (S) se mantuvo constante al 100% en todos los tratamientos. Concluyendo que, la sustitución progresiva de la harina de pescado por torta de castaña en las dietas alimenticias mejoró el crecimiento, la eficiencia alimenticia y la tasa de conversión, sin afectar la supervivencia.
- La inclusión de torta de castaña *B. excelsa* en la dieta para juveniles de *P. brachypomus* genera una mejora económica significativa. A medida que aumenta la sustitución de harina de pescado, el costo de materia prima e insumos disminuye un 23.65%, pasando de S/. 4246.17 (0% T.C.) a S/. 3239.80 (100% T.C.). Aunque los costos de mano de obra y maquila se mantienen constantes en S/. 220 y S/. 324, los costos de transporte y embalaje aumentan ligeramente a S/. 460 en los

tratamientos con torta de castaña. El costo total de producción se reduce en un 18.74%, de S/. 5222.17 a S/. 4243.80, y el precio por kilogramo de alimento baja en S/. 0.98, de S/. 5.22217 a S/. 4.2438. Estos datos destacan la eficiencia económica de utilizar la torta de castaña como sustituto de la harina de pescado en la alimentación acuícola.

4.7. Recomendaciones

- **Implementación del estudio en estanques de tierra:** Se propone llevar a cabo una replicación de esta investigación utilizando estanques de tierra, con el objetivo de comparar ambos sistemas de cultivo. Este análisis comparativo permitirá complementar y ampliar la información obtenida, generando datos relevantes que podrían beneficiar a futuros interesados en esta línea de investigación.
- **Evaluación de la inclusión de torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas para paco *Piaractus brachypomus*:** Se recomienda desarrollar un estudio enfocado en la inclusión, ya sea parcial o total, de la torta de castaña en la formulación de dietas para paco. La investigación deberá abordar las diferentes fases productivas, como el crecimiento, el engorde y el acabado, con el fin de determinar su impacto en el desempeño nutricional y productivo de la especie.
- **Investigación sobre el uso de torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas para peces omnívoros:** Se sugiere realizar estudios similares enfocados en otras especies de peces con hábitos alimenticios omnívoros. El análisis deberá considerar las diversas etapas de desarrollo productivo (crecimiento, engorde y acabado), con el propósito de evaluar los beneficios potenciales y el rendimiento nutricional de la inclusión parcial o total de la torta de castaña en su alimentación.

Estas recomendaciones buscan generar nuevos aportes científicos que contribuyan a la optimización de dietas en la acuicultura, favoreciendo la eficiencia productiva y la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de peces.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Angelini, R. y Petreire, R. (1992)• simulação da produção do «paco» *Piaractus mesopotamicus* em viveiros de piscicultura. Bol. Tec. CEPTA 5: 41-45.
- Balbuena, E. 2011. Manual Básico de Piscicultura para Paraguay. Ministerio de Agricultura y Ganadería, FAO. 50pp.
- Batista K, Lochmann R, Alcantara B. Apparent digestible energy and nutrient digestibility coefficients of diet ingredients for Pacu *Piaractus brachypomus*. En: Journal of the World Aquaculture Society, 2004; 35 (2):237-244.
- Barbosa C. Determinación de la digestibilidad de nutrientes y la energía digestible de la torta de soya (*Glycine max*) en juveniles de gamitan (*Colossoma macropomum*). Universidad Nacional Agraria La Molina. (Tesis para optar el Título de Ingeniero Zootecnista). Lima: 2016. pp. 88.
- Bertaco, Vinicius Araújo. 2006. "Peces Del Medio Amazonas: Región de Leticia." *Neotropical Ichthyology* 4 (4): 461–461. <https://doi.org/10.1590/s1679-62252006000400011>.
- Botello-León, Aroldo, M. Teresa Viana, Enrique Téllez-Girón, Elmo Pullés-Ariza, Mario Cisneros-López, Gutberto Solano-Silveira, Manuel Valdiviá, et al. 2011. "Sustitución de La Harina de Pescado Por Harina de Caña Proteínica Para La Engorda de Tilapia Roja." *Agrociencia* 45 (1): 23–31.
- Borges G.A. 1979. Aspectos quantitativos do cultivo de camarão *Penaeus (=Melicertus) brasiliensis* (Latreille, 1817) em viveiro. Universidade Federal de São Carlos. Departamento de Ciências Biológicas. Dissertação de Mestrado. 63p.
- Boyd, C. 1996. Manejo de suelo y de la calidad de agua en la

acuicultura de piscinas. Asociación Americana de Soya (ASA). Caracas, Venezuela. 62 p.

- Buentello, J. A.; Gatlin, D. M.; and Neill, W. H. (2000). Effects of water temperature and dissolved oxygen on daily feed consumption, feed utilization and growth of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 182: 339-352.
- Castelló-Orvay, Francesc. 2000. "Alimentos y Estrategias de Alimentación Para Reproductores y Juveniles de Peces Marinos." *Memorias Del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuicola. Universidad Autónoma de Nuevo León, México*, 550–69. http://www.uanl.mx/utillerias/nutricion_acuicola/IV/archivos/34castl2.pdf.
- Castillo, Quispe Sherill, and Quispe Helem Castillo. 2017. "Efecto de la inclusión de la harina de semilla de Copoazú (*Theobroma Grandiflorum*) en la dieta balanceada durante el crecimiento en fase juvenil de paco (*Piaractus Brachypomus*)." Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Chavez, A, R Silva, and N Pampa. 2020. "Evaluación Fisicoquímica y Sensorial de Galletas Enriquecidas Con Harina de Castaña (*Bertholletia Excelsa*)" 5–8.
- Chirinos-Ochoa, N., Díaz-Viteri, J., & Mego-Mego, V. (2022). Efecto de dietas extruidas en base a torta de castaña y fruto de macambo, sobre los índices de crecimiento y zootécnicos en el cultivo de pacos juveniles. *Ariotate—Revista de Investigación Veterinaria y Amazonía*, 1(1).
- Chou, R L, B Y Her, M S Su, and G Hwang. 2004. "Substituting Fish Meal with Soybean Meal in Diets of Juvenile Cobia *Rachycentron Canadum*" 229: 325–33. [https://doi.org/10.1016/S0044486\(03\)00395-8](https://doi.org/10.1016/S0044486(03)00395-8).
- Chu-koo, Fred William, and Christopher Kohler. 2005. "Factibilidad Del

Uso de Tres Insumos Vegetales En Dietas Para Gamitana (*Colossoma Macropomum*), ”.184–91.

https://doi.org/http://www.iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1522.pdf.

- Chu-Koo, F. & J, Alván (2006). Resultados preliminares del uso del alimento extrusado en la alimentación de la Gamitana (*Colossoma macropomum*) y el híbrido Pacotana (*C. macropomum x Piaractus brachypomus*) en Loreto. 2do Congreso Nacional de Acuicultura. UNALM-Lima. p. 6-7.
- Coche, AG Revisión de prácticas de piscicultura en jaulas en aguas continentales. *Acuicultura*, v.13, p.157-189, 1978.
- Corvera, Ronald, Wilson Suri, Dennis Del Castillo, and Edgar. Cusi. 2014. *La Castaña Amazónica, Regalo de La Biodiversidad*. Edited by Av. 2 de Mayo 996. Editorial Imprenta Edugraf.
- Cronquist, A. (1988). The evolution and classification of flowering plants. 2a edición. New York Botanical Garden, Bronx.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2020. *El Estado Mundial de La Pesca y La Acuicultura. Marine Pollution Bulletin*. Vol. 3. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.032><http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007><http://www.fao.org/publications/es>.
- Da Silva, J. A. M., Pereira Filho, M., & de Oliveira-Pereira, M. I. (2003). Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) incorporados em rações: digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(6 suppl 2), 1815-1824. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000800003>
- Fachín-Vásquez, J. S., Chávez-Ríos, C. L., Diaz-Acho, L. K., Bazán-

Ortiz, W. N., Cumapa-Ramos, R. M., Orbe-Pacaya, V. R., ... & Cubas-Corrales, D. (2023). Evaluación de tres alimentos comerciales en el crecimiento, asimilación alimenticia e índices de bienestar de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus*. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, 2(2), e50-e50.

- FAO. (1991). *Fish for Food and Development*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy: Autor.
- Fernandes, Joao, Rebecca Lochmann, and Fernando Bocanegra. 2004. "Apparent Digestible Energy and Nutrient Digestibility Coefficient of Diet Ingredients for Pacu *Piaractus Brachypomus*" 35 (2).
- Flores, Alejandro. 2013. "Diagnóstico de La Acuicultura de Recursos Limitados (AREL) y de La Acuicultura de La Micro y Pequeña Empresa (AMYPE) En América Latina." 59: 26. <http://www.fao.org/docrep/field/009/as235s/as235s.pdf>.
- Furuichi M., 1988 Dietary requirements. In: *Fish nutrition and mariculture*. Watanabe T. (ed), Kanazawa International Fisheries Centre, Japan International Corporation Centre,
- Gloria, Mariana da, and Marisa Regitano. 2000. "Concentrado y Aislado Proteico de Pastel de Nuez de Brasil: Obtención y Caracterización Química y Funcional Producción de Concentrado y Aislado de Proteína de Nuez de Brasil: Propiedades Químicas y Funcionales," 1–11.
- Gonzáles, J. y Heredia, B. (1989). *El cultivo de la "cachama"*. Fondo Nacional de Investigación Agropecuaria (FONAIAP). Estación Experimental de Guárico, sub estación Guanapito. Maracay, Venezuela. 124p.
- González, R., O. Romero y M. Valdivié. 2010. Evaluación de la calidad del agua y su influencia en el cultivo de la tilapia. Disponible en línea: <http://www.vet-uy.com/articulos/piscicultura/050/020/pec020.htm> .

- Gutiérrez Alva., Felix Walter, Javier Zaldivar Rodriguez, Sonia A. Deza Tabuada, and Mariano Rebaza Alfaro. 2006. “determinación de los requerimientos de proteína y energía de juveniles de paco, *Piaractus brachypomus* (peces Characidae).” *Folia Amazónica* 8 (2): 35. <https://doi.org/10.24841/fa.v8i2.320>.
- Hodar, Ashish Rameshbhai, Rajesh Vasava, and Nilesh H Joshi. 2020. “fish meal and fish oil replacement for aquafeed formulation by fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review” 10 (January).
- Huallpa, Gilbert Alagón, Elmer Quispe, Pedro Eufracio, and Fidel Pomiano. 2012. “Utilización de Torta de Castaña.”
- Jimenez Aguirre, Nestor Arbel, and Carlos Eduardo Duque De La Cruz. 2018a. “Efecto de La Sustitución Parcial de La Harina de Trigo (*Triticum Aestivum* L.) Por Harina de Castaña (*Bertholletia Excelsa*) En El Comportamiento Reológico de Su Masa Para La Aplicación En La Industria de La Panificación”. Universidad Nacional del Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3172/48625pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Kalliola, Risto, and Pedro Flores. 2011. “Brazil Nut Harvesting in Peruvian Amazonia from the Perspective of Ecosystem Services,” 1–13.
- Kubitza, F. 2009. Produção de tilápias em tanques de terra: estratégias avançadas no manejo. *Panorama da Aqüicultura*, 115:14-21.
- Kubitza, F., L. Kubitza. 2000. Tilápias: qualidade água, sistemas de cultivo, planejamento da produção, manejo nutricional e alimentar e sanidade. Parte I. *Panorama da Aqüicultura*, 59: 44-53.
- Ibisch P, Mérida G. Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Estado de conocimiento y conservación. Editorial FAN. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia; 2003. pp.234.

- Lavell, T. (1998). Nutrition and feeding of fish. Kluwer Academic Publishers. Boston, 267p.
- Landines, Miguel, Liliana Rodríguez, and Diego Rodríguez. 2016. "Estrategias de Alimentación Para Cachama y Yamú a Partir de Prácticas de Restricción Alimenticia," no. April 2016.
- Lauzanne L, Loubens G. Peces del río Mamoré. Orstom-Cordebeni-UTB; 1985.
- Luchini, L., and L. Wicki. 2012. "Consideraciones sobre insumos utilizados en los alimentos para organismos acuáticos bajo cultivo. Información básica," no. 511.
- Machuca, J., & Mejía, P. (2008). Utilización de la harina de lenteja de agua, *Lemna sp* (Lemnácea), en la alimentación de alevinos de paco *Piaractus brachypomus* y pacotana (*Piaractus brachypomus* x *Colossoma macropomum*) criados enjaulas [Tesis de grado]. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Manríquez H., J.A. 1994. La digestibilidad como criterio de evaluación de alimentos - Su aplicación en peces y en la conservación del medio ambiente. En: Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO Italia. 7p.
- Moro, Giovanni Vitti, and Ana Paula Oeda Rodrigues. 2015. "Rações Para Organismos Aquáticos: Tipos e Formas de Processamento." *Embrapa*, no. 2318–1400: 36. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125393/1/SD14.pdf>.
- Ochoa, Natividad Chirinos. 2015. "Efecto de dietas extruidas en base a torta de castaña (*Bertholletia Excelsa*) y fruto de macambo (*Theobroma Bicolor*), sobre los índices de crecimiento y zootécnicos en el cultivo de pacos juveniles (*Piaractus Brachypomus*)", provincia de

Tambopata, departa,” 1– 124.

- Ochoa, Natividad Chirinos, Edgar Giraldo Rios, Larry Oscar Chañi Paucar, Milthon Honorio Muñoz Berrocal, and Javier Eduardo Díaz Viteri. 2019. “Incorporación de castaña amazónica y macambo en dietas para la alimentación de paco (*Piaractus Brachypomus*) EN la etapa juvenil”. *El Ceprosimad* 7 (2): 24–40.
- Özden, Ö., Erkan, N. y Ulusoy, . (2010). Determination of mineral composition in three commercial fish species (*Solea solea*, *Mullus surmuletus* and *erlangius merlangus*). *Environ. Monit. Assess.*, 170, 353-363. <http://dx.doi.org/10.1007/s10661-009-1238-5>
- PRODUCE. 2021. “Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola,” 1–185. www.produce.gob.pe.
- Schmittou, HR El cultivo del bagre de canal *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) en jaulas suspendidas en estanques. En: conferencia anual de la asociación de comisionados de caza y pesca del sureste, 23., Auburn, 1969. *Actas de Auburn: Universidad de Auburn*, 1969. p.226-244.
- Sepúlveda, Yulian. 2020. “Ambientes Controlados Para Una Gestión Eficiente En Piscicultura,” no. February: 21. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15183.10403>.
- Shah, Bakht Ramin, and Jan Mraz. 2019. “Advances in Nanotechnology for Sustainable Aquaculture and Fisheries.” *Reviews in Aquaculture Published*, 1–18. <https://doi.org/10.1111/raq.12356>.
- Stoian, Dietmar. 2004. “Cosechando Lo Que Cae: La Economía de La Castaña (*Bertholletia Excelsa H.B.K*) En La Amazonía Boliviana.” In *Productos Forestales, Medios de Subsistencia y Conservación*, 89–116. https://www.cifor.org/publications/pdf_files/Books/BAlexiades0701S.pdf.

- ITP. Información nutricional sobre algunos peces comerciales de la Amazonía Peruana. Callao, Perú: Instituto Tecnológico Pesquero del Perú; 2009.pp.12-24.
- Tacon, Albert G.J., and Marc Metian. 2008. "Global Overview on the Use of Fish Meal and Fish Oil in Industrially Compounded Aquafeeds: Trends and Future Prospects." *Aquaculture* 285 (1– 4): 146–58. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>.
- Uzcátegui, Juan, Xiulingy Méndes, Fernando Isea, and Ramón Parra. 2014. "Evaluación de Dietas Con Diferentes Contenido Proteico Sobre El Desempeño Productivo de Alevines de Híbrido Cachamay (*Colossoma Macropomum* y *Piaractus Brachypomus*) En Condiciones de Cautiverio" 24: 458–65.
- Valbuena, R. D. y P. E. Cruz. 2006. Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis ssp*). *Orinoquia*, 10(1):57-63.
- Vásquez-Torres, W., Pereira-Filho, M., & Arias Castellanos, JA (2011). Crudo dietético óptimo Requerimiento proteico para juveniles de cachama *Piaractus brachipomo*. *Ciencia Rural* , 41 (12),2183-2189 . <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011001200023>.
- Vásquez, W. (2001). Relacao carboidratos: lipídios sollozore o creciente ea utilización de nutrientes en juvenis de pirapitinga, *Piaractus brachypomus* [Tesis doctoral]. Universidad de Amazonas.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

TÍTULO: Evaluar la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña <i>Bertholletia excelsa</i> en dietas alimenticias para juveniles de paco <i>Piaractus brachypomus</i> cultivados en ambientes controlados.				
NOMBRE DEL TESISISTA: Bach. PEREYRA SOLORZANO, Manuel Rodolfo				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Problema general El problema del presente trabajo está enfocado en la utilización de la harina de pescado (fuente proteica) para la elaboración de dietas para peces debido a su alto costo y consecuencias negativas ambientales por la sobreexplotación de los recursos biológicos que demanda la producción de harina de pescado. Por lo cual se pretende sustituir la harina de pescado por la Torta de castaña <i>B. excelsa</i> en dietas para juveniles de paco <i>P. brachypomus</i>.</p> <p>Formulándose la siguiente</p>	<p>Objetivo General Evaluar la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña <i>Bertholletia excelsa</i> en dietas alimenticias para juveniles de paco <i>Piaractus brachypomus</i> cultivados en ambientes controlados.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar el coeficiente de digestibilidad aparente de la torta de castaña <i>B. excelsa</i>, mediante el análisis de heces. • Determinar los análisis proximales de las dietas elaboradas. • Evaluar 	<p>Hipótesis</p> <p>H0: La dieta formulada al sustituir harina de pescado por la torta de castaña <i>B. excelsa</i> utilizada en la alimentación del cultivo de juveniles de paco <i>P. brachypomus</i> no mejora la productividad ni disminuye los costos de producción en la región de Madre de Dios.</p> <p>H1: La dieta formulada al sustituir harina de pescado por la torta de castaña <i>B. excelsa</i> utilizada en la alimentación del cultivo de juveniles de paco <i>P. brachypomus</i> mejora la productividad y disminuye los costos de producción en la región de Madre de Dios.</p> <p>Justificación: La presente investigación surge de la necesidad de estudiar fuentes alternativas que sustituya el uso de la harina de pescado por otra que contenga un valor nutricional similar y su obtención sea económicamente más accesible. Por ello, esta investigación busca</p>	<p>Variables</p> <p>Independiente:</p> <p>Dietas con sustitución porcentual de torta de castaña por harina de pescado (0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% de torta de castaña)</p> <p>Dimensión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dietas <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0%; 20%; 40%; 60%; 80% y 100 % Torta de castaña <p>Dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composiciones bromatológicas de las heces de los especímenes de paco <i>P. Brachypomus</i>. • Composiciones bromatológicas de las dietas experimentales. • Índices zootécnicos 	<p>Enfoque: Cuantitativo Diseño: Experimental Nivel: Básico Tipo: Básica Métodos: formulación y elaboración de dietas, determinación de coeficiente de digestibilidad aparente, análisis proximal de dietas, aclimatación de peces, evaluación de desempeño productivo, evaluación económica y tratamiento de datos.</p> <p>Técnicas Instrumentales:</p> <p>De muestreo: balanza, ictiometro, medidor multiparámetro.</p> <p>De recolección de datos: Protocolos y Fichas de recolección de datos</p> <p>De procesamiento de datos: MicrosoftExcel y análisis ANOVA, programa de estadística STATISTICA.</p> <p>Población: 1000 ejemplares de juveniles pacos (<i>Piaractus brachypomus</i>)</p>

TÍTULO: Evaluar la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña <i>Bertholletia excelsa</i> en dietas alimenticias para juveniles de paco <i>Piaractus brachypomus</i> cultivados en ambientes controlados.				
NOMBRE DEL TESISISTA: Bach. PEREYRA SOLORZANO, Manuel Rodolfo				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
<p>interrogante de investigación:</p> <p>Formulación del problema</p> <p>¿La torta de castaña <i>B. excelsa</i> puede mejorar la productividad acuícola y disminuye el costo de producción de juveniles de paco <i>P. brachypomus</i>?</p>	<p>biométricamente los resultados de la alimentación de juveniles de paco <i>P. brachypomus</i> con las diferentes dietas elaboradas a partir de la sustitución con diferentes niveles porcentuales de harina pescado por torta de castaña <i>B. excelsa</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar los costos variables de producción de las dietas elaboradas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por torta de castaña <i>B. excelsa</i>. 	<p>sustituir el uso de la harina de pescado por la torta de castaña en la elaboración de pienso para la alimentación de juveniles de paco <i>P. brachypomus</i>.</p> <p>Importancia: Con el desarrollo de la presente investigación se busca brindar información que resulte útil a toda la comunidad interesada en la producción y alimentación acuícola; asimismo, que el conocimiento brindado pueda afianzar y potencializar el aprovechamiento de nuestros recursos naturales, como lo es, la castaña <i>B. excelsa</i>. Finalmente, que la información y datos obtenidos de esta investigación contribuya con la comunidad científica, que busca solucionar el problema que motivó el trabajo de investigación.</p>	<p>(longitud, ganancia de peso y ganancia de peso diario, tasa de crecimiento específico, tasa de crecimiento relativo, índice de conversión alimenticia aparente, Sobrevivencia).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición bromatológica del músculo de los juveniles de paco <i>P. brachypomus</i> después de los 60 días de alimentación experimental. • Costos variables de producción de elaboración de alimentos balanceados para paco <i>P. brachypomus</i>. <p>Dimensión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composición bromatológica de heces. • Composición bromatológica de dietas experimentales. • Índices de crecimiento. • Índices zootécnicos. • Composición 	<p>Muestra: 90 juveniles de pacos <i>Piaractus brachypomus</i></p> <p>Procedimiento: formulación y elaboración de dietas, aclimatación de los peces, digestibilidad aparente, alimentación de peces con dietas experimentales, biometría final y costos de producción</p>

TÍTULO: Evaluar la sustitución de la harina de pescado por la torta de castaña *Bertholletia excelsa* en dietas alimenticias para juveniles de paco *Piaractus brachypomus* cultivados en ambientes controlados.

NOMBRE DEL TESISISTA: Bach. PEREYRA SOLORZANO, Manuel Rodolfo

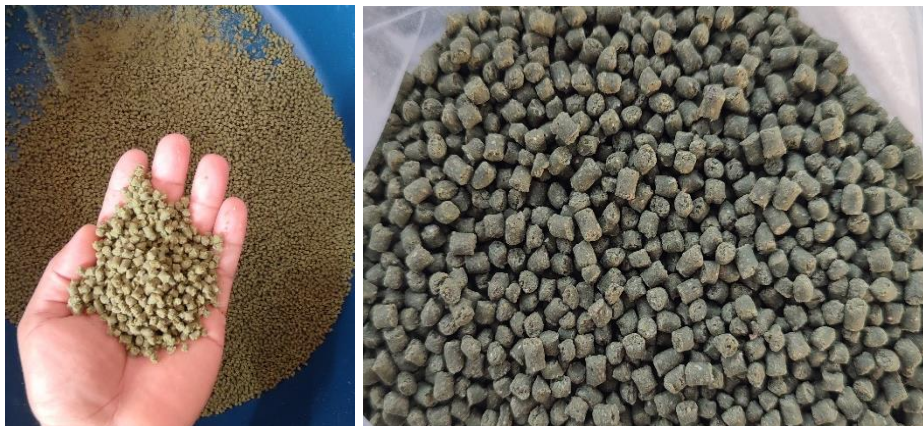
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGIA
			<p>Bromatológica del músculo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Costos Variables <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje proteico • Composición nutricional • Longitud • Ganancia de peso diario • Ganancia de peso total • Tasa de crecimiento específico • Tasa de crecimiento relativo • Índice de conversión alimenticia aparente • Supervivencia • Porcentaje proteico • Moneda peruana – Soles <p>Constante:</p> <p>Dimensión</p> <ul style="list-style-type: none"> • Días de cultivos <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • 60 días 	

Anexo 2: Operación de las variables

VARIABLES	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
Variable Independiente <ul style="list-style-type: none"> Dieta 	<ul style="list-style-type: none"> Sustitución porcentual de harina de pescado por torta de castaña. 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de sustitución harina de pescado por torta de castaña 	<ul style="list-style-type: none"> 0, 20, 40, 60, 80 y 100 	<ul style="list-style-type: none"> %
Viable dependiente <ul style="list-style-type: none"> Composición bromatológica de heces. Composición bromatológica de dietas Índices zootécnicos 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de proteína en las heces Porcentaje proteico de las dietas experimentales Peso y longitud del pez. Promedio final menos promedio inicial. Peso final menos peso inicial entre el tiempo de alimentación. Tasa de crecimiento diario o ganancia de peso por día. Incremento de unidad de masa corporal por unidad de tiempo. Ración necesaria de alimento para que el pez obtenga 1kg. de peso. 	<ul style="list-style-type: none"> Composición bromatológica de heces. Composición nutricional de las dietas experimentales Peso y longitud Ganancia de peso Ganancia de peso diario Tasa específica de crecimiento. Tasa de decremento relativo. Índice de conversión alimenticia aparente 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje proteico Composición nutricional Gramos y centímetros Gramos Gramos/día Porcentaje /día gramos/días Kilogramos de alimento / Kilogramos de peso 	<ul style="list-style-type: none"> % % g y cm. g g/d (%/d) g/d Kg de alimento / Kg de peso

VARIABLES	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
<ul style="list-style-type: none"> Indicadores de costos variables 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de peces con supervivencia Costos de producción de 6 tratamientos experimentales 	<ul style="list-style-type: none"> Sobrevivencia Costo de producción de 1 tonelada de alimento balanceado por cada tratamiento experimental. 	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje Moneda Peruana - Soles 	<ul style="list-style-type: none"> % S/.
<p>Variable constante</p> <ul style="list-style-type: none"> Días de cultivo 	<ul style="list-style-type: none"> Comprende el estadiode tiempo en el cual los peces serán alimentados con las dietas elaboradas 	<ul style="list-style-type: none"> Días de experimentación 	<ul style="list-style-type: none"> 60 	<ul style="list-style-type: none"> Días

Anexo 3: Actividad de Coeficiente de Digestibilidad Aparente



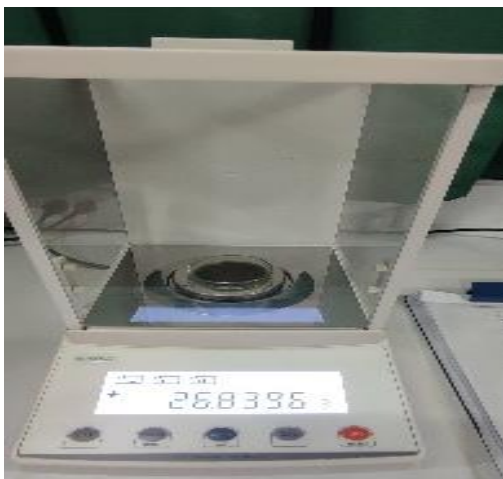
Alimento elaborado a base de torta de castaña con marcador Óxido de Cromo



Sistema experimental para colección de heces de *P. Brachyomus*

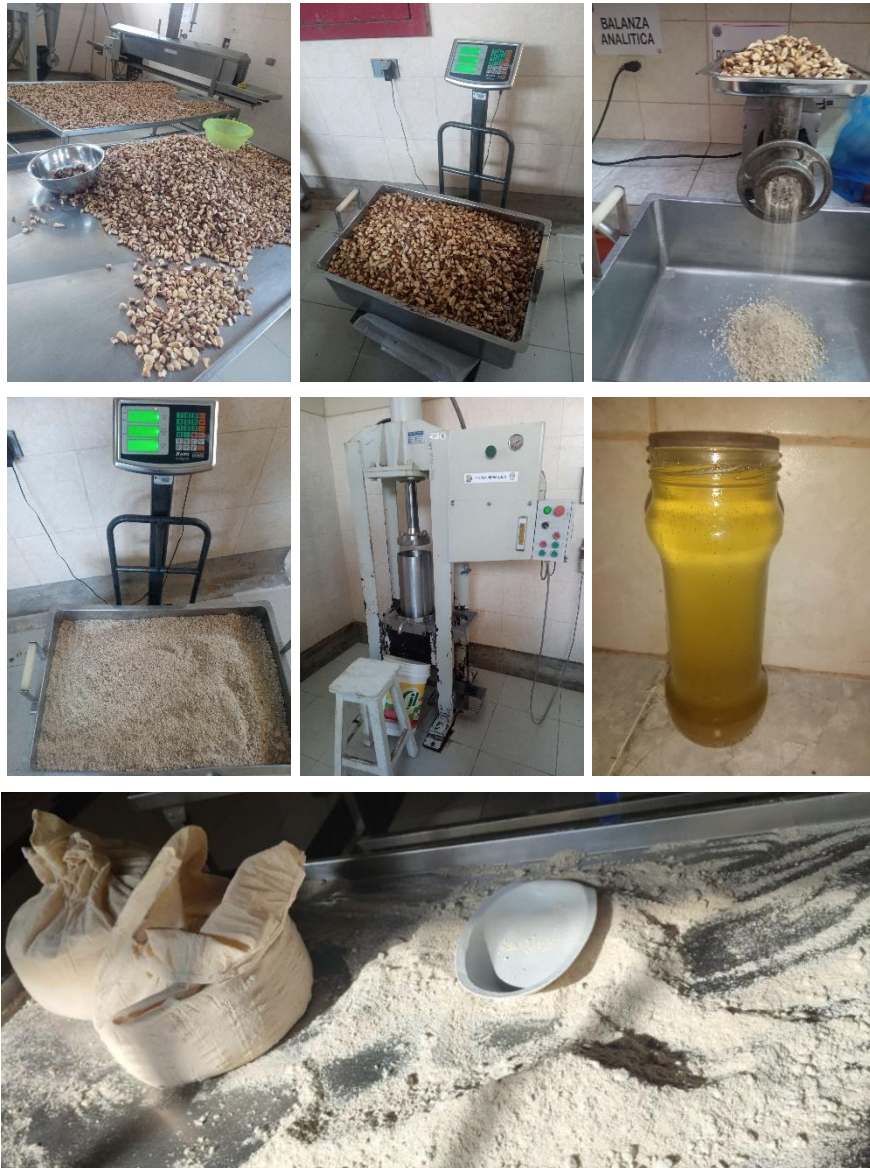


Alimentación de peces y colección de heces frescas



Obtención de heces deshidratadas para su posterior análisis de coeficiente digestibilidad aparente.

Anexo 4: Elaboración de dietas experimentales



Obtención de Torta de castaña para elaboración de Dietas Experimentales.



Elaboración de Dietas Experimentales.





Acondicionamiento del sistema experimental y alimentación de peces



Control y medición de parámetros de calidad de agua de los sistemas experimentales

Anexo 5: Ficha de registro biométrico.


PERÚ Ministerio del Ambiente
 


LABORATORIO DE BIOLOGÍA ACUÁTICA - AQUAREC MDD

REGISTRO BIOMÉTRICO (PESO Y LONGITUD) DE PECES

TIPO DE EXPERIMENTO: CASTAÑA ETAPA I T5R3 20% HP				
FECHA: 30-10-23		RESPONSABLE: ANA1		OBS:
N° TANQUE	N° PEZ	PESO (g)	LONGITUD (cm)	
			LONGITUD ORQUILLA (cm)	LONGITUD TOTAL (cm)
5A	1	40	10.5	12.9
	2	40	10.3	12.7
	3	44	10.6	13.3
	4	27	9.4	11.5
	5	32	9.9	12.0
	6			
7				
8				


TIPO DE EXPERIMENTO: CASTAÑA ETAPA I T3R1 60% HP				
FECHA: 30-10-23		RESPONSABLE: ANA1		OBS:
N° TANQUE	N° PEZ	PESO (g)	LONGITUD (cm)	
			LONGITUD ORQUILLA (cm)	LONGITUD TOTAL (cm)
5B	1	45	10.8	13.5
	2	39	10.9	12.8
	3	34	9.8	12.1
	4	42	10.7	12.9
	5	46	10.9	13.1
6				
7				
8				

Anexo 6: Ficha de medición de parámetros de calidad de agua



PERU
Ministerio del Ambiente

LABORATORIO DE BIOLOGÍA ACUÁTICA - AQUAREC MDD



Responsable: *Juan y Marcela*

MEDICION DE PARAMETROS

Tanque	Turno: Mañana (M) y Tarde (T)		Fecha: <i>12/10/23</i>		Observaciones:									
	Fecha: <i>11/10/23</i>		Proyecto: <i>CASTANA</i>		Horarios:									
	M	T	M	T	M	T								
T1	5.25	5.01	7.05	6.96	28.37	30.66	5.45	5.87	6.88	6.61	28.35	31.04		
T2	5.07	4.77	7.05	6.96	28.64	30.64	5.44	5.83	6.87	6.71	28.59	31.08		
T3	5.53	4.87	6.91	6.98	28.56	30.67	5.35	5.11	6.83	6.75	28.99	31.21		
T4	5.54	4.90	6.89	7.02	28.30	30.53	5.49	5.80	6.79	6.77	28.58	31.12		
T5	5.50	4.99	6.94	7.03	28.26	30.58	5.26	5.23	6.81	6.78	28.89	31.21		
T6	5.38	4.91	6.91	7.03	28.25	31.16	5.13	4.60	6.8	6.76	28.58	31.72		
T7	5.35	4.71	6.96	6.36	28.14	31.45	5.21	4.58	6.80	6.83	29.36	32.79		
T8	5.37	4.89	6.88	6.15	28.89	30.58	5.15	4.97	6.65	6.79	29.39	31.32		
T9	5.38	4.72	6.89	6.19	29.02	30.22	5.05	5.07	6.65	6.68	29.59	30.88		
T10	5.54	5.19	6.95	6.57	28.71	30.26	5.37	4.83	6.82	6.73	29.29	30.10		
T11	5.42	5.02	6.82	6.78	29	30.50	5.60	5.07	6.74	6.77	28.14	30.94		
T12	5.32	5.18	6.72	6.82	28.79	30.47	5.45	4.99	6.52	6.76	29.09	30.97		

Anexo 7: Datos de Longitud final (L.F.) y Peso final (P.F.) de los juveniles de paco (*P. brachypomus*) por cada tratamiento.

Tratamiento 1			Tratamiento 2			Tratamiento 3		
N° de Peces	L.F. (cm)	P.F. (g)	N° de Peces	L.F. (cm)	P.F. (g)	N° de Peces	L.F. (cm)	P.F. (g)
1	15.9	81.0	1	15.6	70.0	1	16	85.0
2	13.4	48.0	2	14.3	54.0	2	16	79.0
3	14.8	64.0	3	14.6	57.0	3	14.6	59.0
4	15.4	63.0	4	16.1	78.0	4	15.9	79.0
5	13.3	47.0	5	15.7	81.0	5	15.1	70.0
6	14.2	59.0	6	15.6	73.0	6	15.3	80.0
7	14.8	64.0	7	15.4	70.0	7	15.8	77.0
8	14.6	69.0	8	15.9	80.0	8	14.2	59.0
9	14.6	66.0	9	14.1	62.0	9	15.4	68.0
10	15.2	71.0	10	14.2	55.0	10	15.1	70.0
11	12.5	37.0	11	12.9	42.0	11	14.4	57.0
12	12.3	38.0	12	14.7	74.0	12	16	88.0
13	13.2	43.0	13	13	44.0	13	14.6	66.0
14	12.9	38.0	14	12.7	39.0	14	13.5	45.0
15	13.4	50.0	15	12.4	40.0	15	13.9	49.0
Promedio	14.03	55.87	Promedio	14.48	61.27	Promedio	15.05	68.73

Tratamiento 4			Tratamiento 5			Tratamiento 5		
N° de Peces	L.F. (cm)	P.F. (g)	N° de Peces	L.F. (cm)	P.F. (g)	N° de Peces	L.F. (cm)	P.F. (g)
1	12.1	37.0	1	15.1	72.0	1	13.6	53.0
2	13.7	57.0	2	15	75.0	2	16.2	90.0
3	14.5	70.0	3	14.6	65.0	3	15.5	74.0
4	15.1	71.0	4	14	60.0	4	13.4	55.0
5	15.9	81.0	5	14.5	64.0	5	14	61.0
6	12.6	40.0	6	13.8	59.0	6	15	71.0
7	13.9	56.0	7	14.9	74.0	7	15.3	85.0
8	12.7	40.0	8	15.8	89.0	8	13.7	52.0
9	14.8	63.0	9	12.1	62.0	9	12.6	79.0
10	13	41.0	10	12.5	79.0	10	13.9	54.0
11	14.4	66.0	11	14.5	68.0	11	15.2	76.0
12	14.5	65.0	12	14.5	65.0	12	14.5	72.0
13	14.4	55.0	13	13.3	48.0	13	13.2	54.0
14	14.2	55.0	14	15.6	79.0	14	15.7	84.0
15	15.3	76.0	15	15.1	78.0	15	14.7	71.0
Promedio	14.07	58.20	Promedio	14.35	69.13	Promedio	14.43	68.73

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Anexo 8. Análisis de varianza de un factor ANOVA ($P > 0.05$) respecto a la Longitud final de los juveniles de paco *P. brachypomus* en los tratamientos.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	15	210.5	14.03	1.23
T2	15	217.2	14.48	1.57
T3	15	225.8	15.05	0.68
T4	15	211.1	14.07	1.16
T5	15	215.3	14.35	1.12
T6	15	216.5	14.43	1.09

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F.C.</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	10.164	5	2.033	1.781	0.126
Dentro de los grupos	95.875	84	1.141		
Total	106.038	89			

Fuente: Análisis de Varianza de un Factor ANOVA – Microsoft Excel, 2024.

Anexo 9. Análisis de varianza de un factor ANOVA ($P>0.05$) respecto al Peso final de los juveniles de paco *P. brachypomus* en los tratamientos.

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
T1	15	838	55.87	190.27
T2	15	919	61.27	228.64
T3	15	1031	68.73	166.64
T4	15	873	58.20	193.17
T5	15	1037	69.13	105.70
T6	15	1031	68.73	169.07

ANÁLISIS DE
VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	2665.66	5	533.131	3.036	0.014	2.323
Dentro de los grupos	14748.67	84	175.579			
Total	17414.32	89				

Fuente: Análisis de Varianza de un Factor ANOVA – Microsoft Excel, 2024.

Anexo 10. Prueba de Fisher LSD; variable de Peso Final (g), valores de p ($p>0.05$) para hallar diferencias significativas estadísticamente entre las medias de los tratamientos.

LSD test; variable Peso (g) (Spreadsheet1)							
Probabilities for Post Hoc Tests							
Error: Between MS = 175,58, df = 84,000							
Cell No.	Tratamiento	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
		55,867	61,267	68,733	58,200	69,133	68,733
1	T1		0,267579	0,009377	0,630884	0,007463	0,009377
2	T2	0,267579		0,126543	0,527926	0,107724	0,126543
3	T3	0,009377	0,126543		0,032286	0,934310	1,000000
4	T4	0,630884	0,527926	0,032286		0,026430	0,032286
5	T5	0,007463	0,107724	0,934310	0,026430		0,934310
6	T6	0,009377	0,126543	1,000000	0,032286	0,934310	

Fuente: Programa de análisis y visualización de datos *Statistica* ($P>0.05$), 2024.

Anexo 11. Parámetros físico – químicos del agua de los estanques de polietileno donde se cultivaron experimentalmente los juveniles de paco *P. brachypomus* por 60 días.

OCTUBRE			
Periodo	Oxígeno disuelto (ppm)	PH	Temperatura (°C)
02 al 08 del 2023	4.67	6.63	30.43
09 al 15 del 2023	5.47	6.70	29.16
16 al 22 del 2023	5.26	6.58	30.21
23 al 31 del 2023	5.15	6.56	30.63
Promedio mensual	5.14	6.62	30.11

NOVIEMBRE			
Periodo	Oxígeno disuelto (ppm)	PH	Temperatura (°C)
01 al 05 del 2023	5.52	6.64	30.90
06 al 12 del 2023	5.64	6.36	30.55
13 al 19 del 2023	4.64	6.46	31.87
20 al 30 del 2023	4.76	6.22	28.46
Promedio mensual	5.14	6.42	30.44

Fuente: Promedios de registros de datos de los parámetros físico – químicos, 2024.

Anexo 12: Costos de Producción para la Elaboración de 1 Tonelada

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA 1 TONELADA DE ALIMENTO BALANCEDO CON 0% DE TORTA DE CASTAÑA			
Materias primas e insumos	Cantidad (Kg)	Costo Unitario (S/.)	Costo requerido (S/.)
Harina de pescado 55% X 50kg	162.6	4.40	715.44
Harina de soya 45% X 50kg	318.8	2.66	848.01
Torta de castaña X 50 kg	0	2.80	0.00
Harina de maíz 7% X 40 kg	469.9	2.00	939.80
Harina de trigo X 50 kg	78.1	4.90	382.69
Aceite de castaña X 1 kg	50	20.00	1000.00
Premix X 25 kg	10	30.88	308.80
DL-Metionina X 25 kg	0.5	25.60	12.80
L-Lisina X 25 kg	0.8	11.04	8.83
BHT antioxidantes X 25 kg	0.5	12.80	6.40
Carbonato de calcio X 50 kg	5	2.68	13.40
Sal comum X 30kg	5	2.00	10.00
Sub total			4246.17
Mano de obra	S/.	Unidad	S/.
Responsable de planta	100	1	100
Asistente de planta	60	1	60
operario	60	1	60
Sub total			220
Costo de maquila	S/.	Unidad	S/.
costo de energia en kw	319	1	319
Depresición	5	1	5
Sub total			324
Empaque y transporte	S/.	Unidad	S/.
Saco Polietileno de 25 Kg	0.3	40	12
Otros gastos (Pabilo, costura de sacos, etc)	1.5	40	60
Servicio de transporte (por 100 km de transporte)	9	40	360
Sub total			432.00
Costo total por una toneladra de alimento producido y/o elaborado con entrega a domicilio.			5,222.17
Costo total por un kilogramo de alimento producido y/o elaborado con entrega a domicilio.			5.22

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA 1 TONELADA DE ALIMENTO BALANCEDO CON 20% DE TORTA DE CASTAÑA			
Materias primas e insumos	Cantidad (Kg)	Costo Unitario (S/.)	Costo
Harina de pescado 45%	130.1	4.40	572.44
Harina de soya 45%	340.8	2.66	906.53
Torta de castaña	31.6	2.80	88.48
Harina de maíz 7%	458.7	2.00	917.40
Harina de trigo	70	4.90	343.00
Aceite de castaña	40	20.00	800.00
Premix	10	30.88	308.80
DL-Metionina	0.5	25.60	12.80
L-Lisina	0.8	11.04	8.83
BHT	0.5	12.80	6.40
Carbonato de calcio	5	2.68	13.40
Sal comum	5	2.00	10.00
Sub total			3988.08
Mano de obra	S/.	Unidad	S/.
Responsable de planta	100	1	100
Asistente de planta	60	1	60
operario	60	1	60
Sub total			220
Costo de maquila	S/.	Unidad	S/.
costo de energia en kw	319	1	319
Depresición	5	1	5
Sub total			324
Empaque y transporte	S/.	Unidad	S/.
Saco Polietileno de 25 Kg	1	40	40
Otros gastos (Pabilo, costura de sacos, etc)	1.5	40	60
Servicio de transporte (por 100 km de transporte)	9	40	360
sub total			460.00
Costo total por una toneladra de alimento producido y/o elaborado con entrega a domicilio.			4,992.08
Costo total por un kilogramo de alimento producido y/o elaborado con entrega a domicilio.			4.99

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA 1 TONELADA DE ALIMENTO BALANCEADO CON 40% DE TORTA DE CASTAÑA			
Materias primas e insumos	Cantidad	Costo Unitario	Costo requerido
Harina de pescado 45%	97.6	4.40	429.44
Harina de soya 45%	362.8	2.66	965.05
Torta de castaña	63.3	2.80	177.24
Harina de maíz 7%	447.5	2.00	895.00
Harina de trigo	70	4.90	343.00
Aceite de castaña	30	20.00	600.00
Premix	10	30.88	308.80
DL-Metionina	0.5	25.60	12.80
L-Lisina	0.8	11.04	8.83
BHT	0.5	12.80	6.40
Carbonato de calcio	5	2.68	13.40
Sal comum	5	2.00	10.00
Sub total			3769.96
Mano de obra	S/.	Unidad	S/.
Responsable de planta	100	1	100
Asistente de planta	60	1	60
operario	60	1	60
Sub total			220
Costo de maquila	S/.	Unidad	S/.
costo de energia en kw	319	1	319
Depresición	5	1	5
Sub total			324
Empaque y transporte	S/.	Unidad	S/.
Saco Polietileno de 25 Kg	1	40	40
Otros gastos (Pabulo, costura de sacos, etc)	1.5	40	60
Servicio de transporte (por 100 km de transporte)	9	40	360
sub total			460.00
Costo total por una toneladra de alimento producido y/o elbaborado con entrega a domicilio.			4,773.96
Costo total por un kilogramo de alimento producido y/o elbaborado con entrega a domicilio.			4.77

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA 1 TONELADA DE ALIMENTO BALANCEADO CON 60% DE TORTA DE CASTAÑA			
Materias primas e insumos	Cantidad (Kg)	Costo Unitario	Costo
Harina de pescado 45%	65.1	4.40	286.44
Harina de soya 45%	384.8	2.66	1023.57
Torta de castaña	94.9	2.80	265.72
Harina de maíz 7%	436.2	2.00	872.40
Harina de trigo	70	4.90	343.00
Aceite de castaña	20	20.00	400.00
Premix	10	30.88	308.80
DL-Metionina	0.5	25.60	12.80
L-Lisina	0.8	11.04	8.83
BHT	0.5	12.80	6.40
Carbonato de calcio	5	2.68	13.40
Sal comum	5	2.00	10.00
Sub total			3551.36
Mano de obra	S/.	Unidad	S/.
Responsable de planta	100	1	100
Asistente de planta	60	1	60
operario	60	1	60
Sub total			220
Costo de maquila	S/.	Unidad	S/.
costo de energia en kw	319	1	319
Depresición	5	1	5
Sub total			324
Empaque y transporte	S/.	Unidad	S/.
Saco Polietileno de 25 Kg	1	40	40
Otros gastos (Pabulo, costura de sacos, etc)	1.5	40	60
Servicio de transporte (por 100 km de transporte)	9	40	360
sub total			460.00
Costo total por una toneladra de alimento producido y/o elbaborado con entrega a domicilio.			4,555.36
Costo total por un kilogramo de alimento producido y/o elbaborado con entrega a domicilio.			4.56

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA 1 TONELADA DE ALIMENTO BALANCEADO CON 80% DE TORTA DE CASTAÑA			
Materias primas e insumos	Cantidad	Costo Unitario	Costo
Harina de pescado 45%	32.5	4.40	143.00
Harina de soya 45%	406.8	2.66	1082.09
Torta de castaña	126.6	2.80	354.48
Harina de maíz 7%	425	2.00	850.00
Harina de trigo	78.1	4.90	382.69
Aceite de castaña	10	20.00	200.00
Premix	10	30.88	308.80
DL-Metionina	0.5	25.60	12.80
L-Lisina	0.8	11.04	8.83
BHT	0.5	12.80	6.40
Carbonato de calcio	5	2.68	13.40
Sal comum	5	2.00	10.00
Sub total			3372.49
Mano de obra	S/.	Unidad	S/.
Responsable de planta	100	1	100
Asistente de planta	60	1	60
operario	60	1	60
sub total			220
Costo de maquila	S/.	Unidad	S/.
costo de energia en kw	319	1	319
Depresición	5	1	5
sub total			324
Empaque y transporte	S/.	Unidad	S/.
Saco Polietileno de 25 Kg	1	40	40
Otros gastos (Pabulo, costura de sacos, etc)	1.5	40	60
Servicio de transporte (por 100 km de transporte)	9	40	360
sub total			460.00
Costo total por una toneladra de alimento producido y/o elbaborado con entrega a domicilio.			4,376.49
Costo total por un kilogramo de alimento producido y/o elbaborado con entrega a domicilio.			4.38

COSTO DE PRODUCCIÓN PARA 1 TONELADA DE ALIMENTO BALANCEADO CON 100% DE TORTA DE CASTAÑA			
Materias primas e insumos	Cantidad	Costo Unitario	Costo
Harina de pescado 45%	0	4.40	0.00
Harina de soya 45%	428.8	2.66	1140.61
Torta de castaña	158.2	2.80	442.96
Harina de maíz 7%	413.7	2.00	827.40
Harina de trigo	78.1	6.00	468.60
Aceite de castaña	0	20.00	0.00
Premix	10	30.88	308.80
DL-Metionina	0.5	25.60	12.80
L-Lisina	0.8	11.04	8.83
BHT	0.5	12.80	6.40
Carbonato de calcio	5	2.68	13.40
Sal comum	5	2.00	10.00
Sub total			3239.80
Mano de obra	S/.	Unidad	S/.
Responsable de planta	100	1	100
Asistente de planta	60	1	60
operario	60	1	60
sub total			220
Costo de maquila	S/.	Unidad	S/.
costo de energia en kw	319	1	319
Depresición	5	1	5
sub total			324
Empaque y transporte	S/.	Unidad	S/.
Saco Polietileno de 25 Kg	1	40	40
Otros gastos (Pabulo, costura de sacos, etc)	1.5	40	60
Servicio de transporte (por 100 km de transporte)	9	40	360
sub total			460.00
Costo total por una toneladra de alimento producido y/o elbaborado con entrega a domicilio.			4,243.80
Costo total por un kilogramo de alimento producido y/o elbaborado con entrega a domicilio.			4.24

Conceptos para la elaboración de alimento balanceado para peces -

Costos de producción	Costo unitario	Cantidad	Costo total por saco
Materia prima e insumos	S/.	kg	S/.
Harina de maíz	2.00	40.00	80.00
Harina de pescado	4.40	50.00	220.00
Torta de castaña (Castaña de tercera)	2.80	50.00	140.00
Torta de soya	2.66	50.00	133.00
Harina de trigo	4.90	50.00	245.00
Sal común	2.00	30.00	60.00
Carbonato de calcio	2.68	50.00	134.00
L-Lisina HCL 78%	11.04	25.00	276.00
Antioxidante	12.80	25.00	320.00
DL - Metionina	25.60	25.00	640.00
Premix, Mix de Vit - Min (acuícola)	30.88	25.00	772.00
Aceite de castaña	20.00	1.00	20.00
sub total			1,432.00
Mano de obra	S/.	Unidad	S/.
Responsable de planta	100	1	100
Asistente de planta	60	1	60
operario	60	1	60
sub total			220
Costo de maquila	S/.	Unidad	S/.
costo de energia en kw	319	1	319
Depresiaciòn	5	1	5
sub total			324
Empaque y transporte	S/.	Unidad	S/.
Saco Polietileno de 25 Kg	1	40	40
Otros gastos (Pabilo, costura de sacos, etc)	1.5	40	60
Servicio de transporte (por 100 km de transporte)	9	40	360
sub total			460.00

Maquinas	costo	periodo de vida	costo afinal	depreciacion	Depresiaciòn /por día
extrusora	36000	10	5000	500	1.369863014
chancadora	16.500	10	100	10	0.02739726
mescladora	16.500	10	100	10	0.02739726
tornillo sin fin	11.550	10	500	50	0.136986301
secadora	100.000	5	5000	1000	2.739726027
fajas	12.000	5	500	100	0.273972603
Total/día					4.575342466

Anexo 8 Composición proximal del músculo de paco *P. brachypomus* a los 60 días de cultivo.

Parámetros	T1 (0% TC)	T2 (20% TC)	T3 (40% TC)	T4 (60% TC)	T5 (80% TC)	T6 (100% TC)
Humedad	77.7 ± 0.0 ^a	77.5 ± 0.6 ^a	77.3 ± 0.5 ^a	77.5 ± 0.7 ^a	76.3 ± 0.5 ^a	77.1 ± 0.6 ^a
Ceniza	1.46 ± 0.0 ^a	1.44 ± 0.1 ^a	1.51 ± 0.0 ^{ab}	1.43 ± 0.1 ^a	1.43 ± 0.0 ^a	1.76 ± 0.0 ^b
Lípidos	0.94 ± 0.0 ^a	1.10 ± 0.3 ^a	1.38 ± 0.5 ^a	1.45 ± 0.6 ^a	2.83 ± 0.2 ^b	1.29 ± 0.6 ^a
Proteínas	19.7 ± 0.2 ^a	19.8 ± 0.1 ^a	19.73 ± 0.0 ^a	19.0 ± 1.4 ^a	19.1 ± 0.9 ^a	19.7 ± 0.8 ^a
Carbohidratos	0.09 ± 0.1 ^a	0.07 ± 0.1 ^a	0.01 ± 0.0 ^a	0.56 ± 0.5 ^a	0.31 ± 0.5 ^a	0.12 ± 0.1 ^a
Fibra cruda	0.15 ± 0.0 ^a	0.18 ± 0.0 ^a	0.19 ± 0.0 ^a	0.16 ± 0.0 ^a	0.18 ± 0.0 ^a	0.16 ± 0.0 ^a

Fuente: Elaboración propia, 2024.