

**DIGESTIBILIDAD Y PALATABILIDAD DE DIETAS CON PROTEÍNA
HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA EN ALEVINES DE *Oreochromis*
spp.**



**CARMENZA LILIANA ACOSTA MORALES
ISABEL CRISTINA CAMACHO LULIGO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2023**

**DIGESTIBILIDAD Y PALATABILIDAD DE DIETAS CON PROTEÍNA
HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA EN ALEVINES DE *Oreochromis*
spp.**



**CARMENZA LILIANA ACOSTA MORALES
ISABEL CRISTINA CAMACHO LULIGO**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación como requisito parcial
para optar al título de Ingenieras Agropecuarias.**

Directores:

**Ph.D. Crispulo Perea Román
Ph.D. Nelson José Vivas Quila**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2023**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Los directores y jurados han leído el presente trabajo, han escuchado la sustentación del mismo por sus autoras y lo encuentran satisfactorio.

DIRECTOR
Ph.D. Crispulo Perea Román

DIRECTOR
Ph.D. Nelson José Vivas Quila

JURADO
MSc. Marly Andreina Jiménez Chamorro

JURADO
MSc. Pablo Cesar Gamboa Marín

Fecha de aceptación

DEDICATORIA

Mi tesis está dedicada con amor a Dios por ser mi guía, por brindarme sabiduría y salud a lo largo de mi vida, a mis padres Carmelo Acosta y Margoth Morales por ser mi apoyo en los momentos difíciles por enseñarme que con esfuerzo y dedicación todo es posible, quedándome corta en palabras de agradecimiento por confiar en mí, a mis hermanos por su cariño incondicional, a mi sobrino por ser mi motivo a continuar, a mi compañero de vida por su amor, comprensión y brindarme su apoyo en los momentos difíciles a lo largo de este proceso. A toda mi familia quienes de una u otra manera contribuyeron a alcanzar esta meta, a mi compañera tesis por su paciencia, compromiso y dedicación, del mismo modo a aquellos amigos que encontré a mi paso con los que pasamos momentos buenos y malos, pero aun así siempre estuvieron ahí brindándome sus conocimientos y ayuda.

¡Infinitas gracias a todos los que hicieron parte de este proceso!

Carmenza Liliana Acosta Morales

Primeramente, dedico esta tesis a Dios, por darme fortaleza, salud y permitirme culminar con éxito esta etapa. De manera especial a mi madre María Mercedes, mujer fuerte y luchadora que ha dado todo por y para mi crecimiento; tu fortaleza, apoyo y palabras de aliento han sido la inspiración para que yo alcance cada uno de mis objetivos, incluyendo la culminación de esta tesis. A mi abuela, por su gran apoyo en esta importante etapa de mi vida. A mi abuelo, aunque ya no está en este plano, su amor seguirá conmigo todos los días de mi vida. A mi tío Diego, quien siempre confió y creyó en mí. Demás familiares que me apoyaron; este gran logro, es tan mío como de ustedes. A mi compañera de tesis y demás amigos, con quienes pasamos días y noches estudiando en toda la carrera y ahora somos colegas.

¡Muchísimas gracias a todos!

Isabel Cristina Camacho Lúligo

AGRADECIMIENTOS

Primero dar gracias a Dios por permitirnos terminar este proyecto y darnos fortaleza en momentos de dificultad.

A nuestros directores: Ph.D. Crispulo Perea Román y Ph.D. Nelson José Vivas Quila por su orientación y acompañamiento durante el proceso investigativo.

A los grupos de investigación ASUBAGROIN y NUTRIFACA de la Facultad de Ciencias Agrarias, por su disponibilidad, apoyo y permitirnos hacer uso de sus equipos y materiales de trabajo.

A la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, sus profesores y administrativos, por su enseñanza durante nuestro paso por esta alma mater que con su paciencia y dedicación contribuyeron de manera positiva a nuestra formación personal y profesional.

RESUMEN

El crecimiento progresivo del sector piscícola en el orden mundial y nacional ha encaminado la búsqueda de materias primas alternativas con alto valor nutricional y aceptación por parte de los peces. Por ello, este estudio tuvo como objetivo evaluar la digestibilidad y palatabilidad de dietas extruidas con proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en alevines de Tilapia roja (*Oreochromis spp*), como alternativa proteica para la sustitución de la harina de pescado. Utilizándose 180 alevines monosexo con peso promedio de $10,54 \pm 0,12$ g, distribuidos en un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y tres réplicas; la evaluación tuvo una duración de 30 días. Los tratamientos consistieron en sustituir en la dieta, la harina de pescado (HP) con proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHC) de la siguiente manera: Tratamiento T1(100% HP), T2 (75% HP + 25% PHC), T3 (50% HP + 50% PHC), T4 (25% HP + 75% PHC) y T5 (100% PHC) las variables de respuesta fueron: digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS), proteína cruda (DAPC), extracto etéreo (DAEE), energía bruta (DAEB), energía digestible (DAED), absorción de cenizas (AACEN), absorción de calcio (AACa), absorción de fósforo (AAP), índices de palatabilidad por consumo de materia seca (IPCMS) y de pellets (IPCP); además del porcentaje de alimento desperdiciado. Encontrándose diferencias ($p < 0,05$) para todas las variables de respuesta, obteniendo los valores más altos de digestibilidad al sustituir el 100% de la harina de pescado por proteína hidrolizada de vísceras de trucha. Los mejores índices de palatabilidad tanto de materia seca como de pellets se presentaron al sustituir la harina de pescado por proteína hidrolizada de vísceras de trucha en niveles del 25, 50 y 75% (T2, T3 y T4) respectivamente. El análisis de correlación y regresión de coeficiente de digestibilidad aparente, en función del porcentaje de sustitución e índice de palatabilidad de PHC, arrojó correlación positiva en DAMS, AACEN y DAEB, negativa para IPCMS, no se encontró correlación en DAPC, y la correlación entre DAMS y IPCMS fue negativa. El porcentaje más alto de desperdicio fue de un 11,06% perteneciente al tratamiento T5. Concluyendo que la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha por separación mecánica puede sustituir la harina de pescado hasta un 75%, teniendo valores positivos en los índices de palatabilidad y digestibilidad de nutrientes.

Palabras claves: Hidrolizado, proteína hidrolizada, palatabilidad, digestibilidad, Tilapia roja.

ABSTRACT

The progressive growth of the fish farming sector at a global and national level has led to the search for alternative raw materials with high nutritional value and acceptance by fish. Therefore, this study aimed to evaluate the digestibility and palatability of diets extruded with hydrolyzed protein from trout viscera concentrated by mechanical separation in red Tilapia fingerlings (*Oreochromis spp*), as a protein alternative to replace fishmeal. Using 180 monosex fingerlings with an average weight of 10.54 ± 0.12 g, distributed in a completely random design with five treatments and three replicates; the evaluation lasted 30 days. The treatments consisted of substitution in the diet the fishmeal (HP) with concentrated hydrolyzed protein from trout viscera (PHC) as follows: Treatment T1 (100% HP), T2 (75% HP + 25% PHC), T3 (50 % HP + 50% PHC), T4 (25% HP + 75% PHC) and T5 (100% PHC) the response variables were: apparent digestibility of dry matter (DAMS), crude protein (DAPC), ethereal extract (DAEE), gross energy (DAEB), digestible energy (DAED), ash absorption (AACEN), calcium absorption (AACa), phosphorus absorption (AAP), palatability indices by dry matter consumption (IPCMS) and pellets (IPCP); in addition to the percentage of food wasted. Finding differences ($p < 0.05$) for all the response variables, obtaining the highest values of digestibility when substituting 100% of the fishmeal for hydrolyzed protein from trout viscera. The best palatability indices of both dry matter and pellets were found when replacing fishmeal with hydrolyzed trout viscera protein at levels of 25, 50 and 75% (T2, T3 and T4) respectively. The correlation and regression analysis of the apparent digestibility coefficient, based on the substitution percentage and palatability index of PHC, yielded a positive correlation in DAMS, AACEN and DAEB, negative for IPCSM and no correlation was found in DAPC, on the other hand, the correlation between DAMS and IPCMS was negative. The highest percentage of waste was 11.06% belonging to the T5 treatment. Concluding that the concentrated hydrolyzed protein from trout viscera by mechanical separation can replace fishmeal up to 75%, having positive values in the palatability and nutrient digestibility indices.

Keywords: Hydrolyzed, hydrolyzed protein, palatability, digestibility, Red Tilapia.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1 OBJETIVO GENERAL	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2. MARCO REFERENCIAL	18
2.1. MARCO TEÓRICO	18
2.1.1. Estado mundial y nacional de la producción piscícola.	18
2.1.2. Producción de tilapia en Colombia y el departamento del Cauca.	19
2.1.3. Descripción general y taxonomía de la Tilapia roja (<i>Oreochromis</i> <i>spp</i>).....	19
2.1.4. Morfología externa e interna.....	20
2.1.5. Origen y distribución la Tilapia roja	21
2.1.6. Hábito alimenticio de la Tilapia roja.....	21
2.1.6.1. <i>Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja.</i>	22
2.1.7. Requerimientos medio ambientales para la producción y crecimiento adecuado de la tilapia	22
2.1.8. Alternativas nutricionales en la alimentación de peces.....	23
2.1.8.1 <i>Proteína hidrolizada de subproductos de pescado como alternativa para la alimentación de peces</i>	23
2.1.9. Digestibilidad como parámetro de evaluación nutricional de alimentos para peces	24
2.1.10. Palatabilidad como parámetro de evaluación de aceptabilidad de alimentos para peces	25
2.2. MARCO HISTÓRICO.....	26
1.2.1. Antecedentes.	26

3.	METODOLOGÍA.....	30
3.1.	LOCALIZACIÓN.....	30
3.2.	MATERIAL BIOLÓGICO.....	31
	3.2.2.1. <i>Proteína hidrolizada concentrada a partir de vísceras de trucha mediante procesos de separación mecánica.....</i>	33
3.3.	FORMULACIÓN Y MEZCLADO PARA LA PREPARACIÓN DE DIETAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA.....	35
3.4.	DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD <i>IN VIVO</i> DE DIETAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.....	37
3.5.	EVALUACIÓN DE LA PALATABILIDAD Y DESPERDICIO DE DIETAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.....	39
	3.5.1. Porcentaje de alimento desperdiciado.....	40
3.6.	PLAN DE MANEJO.....	40
	3.6.1 Adecuación de instalaciones, equipos y tratamiento profiláctico.....	40
	3.6.2. Actividades de manejo.....	41
	3.6.3. Medición de parámetros fisicoquímicos del agua.....	43
3.7.	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	43
4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
4.1.	DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES, ENERGÍA Y ABSORCIÓN DE MINERALES.....	45
	4.1.1. Digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS).....	46
	4.1.2. Digestibilidad aparente de la proteína cruda (DAPC).....	47
	4.1.3. Digestibilidad aparente del extracto etéreo (DAEE).....	50
	4.1.4. Digestibilidad aparente de la energía bruta (DAEB).....	53
	4.1.5. Absorción aparente de cenizas (AACEN).....	55
	4.1.6. Absorción aparente del calcio (AACa) y Fósforo (AAP).....	57

4.2. PALATABILIDAD Y PORCETAJE DE DESPERDICIO DE DIETAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.....	59
4.2.1. Porcentaje de alimento desperdiciado.	62
4.3 ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN DEL EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y LA PALATABILIDAD.....	64
5. CONCLUSIONES	67
6. RECOMENDACIONES	68
7. REFERENCIAS	68
ANEXOS	82

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la Tilapia roja.....	19
Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de alevines de Tilapia roja.....	22
Cuadro 3. Análisis proximal y microbiológico del hidrolizado de vísceras de trucha.	33
Cuadro 4. Resultados de análisis proximal de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.....	34
Cuadro 5. Composición química de las dietas con proteína hidrolizada concentrada.	35
Cuadro 6. Peso promedio de los pellets	37
Cuadro 7. Tratamientos y variables de respuesta evaluados.....	44
Cuadro 8. Valores medios de digestibilidad de nutrientes, energía y absorción de minerales.	45
Cuadro 9. Energía digestible aparente de las dietas experimentales.....	53
Cuadro 10. Valores medios de los índices de palatabilidad.....	59

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. Morfología interna y externa de la tilapia	21
Ilustración 1. Caseta de bioensayos en peces Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca.	30
Ilustración 3. Obtención, transporte y distribución de los alevines.	31
Ilustración 4. Elaboración del hidrolizado de vísceras de trucha.	32
Ilustración 5. Obtención de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha. .	34
Ilustración 6. Proceso realizado para la obtención de las dietas experimentales.....	36
Ilustración 7. Recolección y almacenamiento de heces.....	38
Ilustración 8. Alimentación y recolección de pellets no consumidos.	40
Ilustración 9. Adecuación de pisos, tanques, paredes y tratamiento profiláctico	41
Ilustración 10. Actividades de manejo.....	42
Ilustración 11. Cambio y recambio de agua.....	43

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Digestibilidad aparente de materia seca (DAMS).	46
Gráfico 2. Digestibilidad aparente proteína cruda (DAPC).	48
Gráfico 3. Digestibilidad aparente del extracto etéreo (DAEE).....	51
Gráfico 4. Digestibilidad aparente de la energía bruta (DAEB).	53
Gráfico 5. Absorción aparente de cenizas (AACEN).....	55
Gráfico 6. Absorción aparente de calcio (AACa) y Fósforo (AAP).	57
Gráfico 7. índices de palatabilidad por consumo de pellets (IPCP) y materia seca (IPCMS).....	60
Gráfico 8. Porcentaje de desperdicio de alimento.....	63
Gráfico 9. Correlación de CDA en función del % de sustitución e índice de palatabilidad de PHC	65

TABLA DE ANEXOS

Anexo a. Registro de temperatura.	82
Anexo b. Registro de alimentación.	83
Anexo c. Registro de recolección de heces.....	84
Anexo d. Registro de biometrías.....	85

INTRODUCCIÓN

En el mundo, el consumo de pescado tuvo un aumento anual del 3,0% entre los años 1961 y 2019, una tasa que sobrepasa el crecimiento de la población mundial anual del 1,6%, siendo superior a todos los demás alimentos proteicos de origen animal, de igual manera el consumo per cápita aumentó de 9,0 kg en 1961 a 20,5 kg en 2019; sin embargo, para el año 2020 el consumo se redujo a 20,2 kg, como consecuencia de una baja en la demanda a causa de la pandemia del COVID-19. La producción pesquera y acuícola alcanzó 214 millones de toneladas en el 2020 con un incremento anual del 3,3%; de las cuales 179 millones son provenientes de animales acuáticos, donde 157 millones se destinaron para el consumo humano y 22 millones se utilizaron en la elaboración de harina y aceite de pescado (FAO, 2022). En Colombia la producción total anual producto de la actividad acuícola para el 2020 fue de 179.351 toneladas, aumentando un 216% en comparación con la producción del 2011 (82,622 toneladas) con lo cual participa con el 0,3% del PIB nacional y 3,3% del PIB agropecuario, de igual manera el consumo per cápita de productos acuícolas se ha incrementado alcanzando 8,8 kg habitante/año, cabe mencionar también que este sector genera 53.805 empleos directos y 161.416 empleos indirectos (MADR, 2021).

En consecuencia, se han aumentado los residuos de faenamiento (Vázquez *et al.*, 2020) los cuales al darles un manejo inadecuado causan impactos negativos en el medio ambiente, principalmente por la contaminación de suelos, ríos y la modificación del ecosistema acuático, que conllevan a problemas sanitarios, como malos olores que pueden afectar las poblaciones aledañas (Perez & Cardozo, 2020) por esto se requiere la aplicación de procesos que ayuden al aprovechamiento de dichos residuos y que a su vez se conviertan en una alternativa nutricional para ser utilizados en la alimentación animal (Algarin & Rodriguez, 2022). Por otra parte, las materias primas más utilizadas como fuentes comunes de proteínas en la realización de concentrados presentan altos costos y baja disponibilidad (Hoyos *et al.*, 2018) lo que ha llevado a la búsqueda de alternativas proteicas de bajo costo y alta calidad nutricional, con el fin de mejorar la rentabilidad de las unidades productivas (De La Cruz-Calderón, 2022). De igual forma a nivel mundial se han venido realizando estudios en cuanto a la utilización de materia primas

alternativas en la alimentación de peces (Gasco *et al.*, 2018); aun así, se desconoce cómo el animal puede aprovechar los nutrientes de esta materia prima de forma eficiente y que tanta aceptabilidad presentan en los animales cuando son alimentados con este tipo de dietas (Alves *et al.*, 2019).

Los hidrolizados de residuos piscícolas constituyen una opción de alta calidad nutricional, de bajo impacto ambiental y económicamente rentable, con los cuales se pueden elaborar dietas para la alimentación de peces (De La Cruz-Calderón, 2022); no obstante, se ha evidenciado que cuando este se incluye entero en dietas para tilapia en niveles superiores al 20%, ocasiona en los animales un efecto extracalórico o extraenergético debido al gran contenido de grasa y el alto valor energético que presenta; por esta razón se separa la grasa y se concentra la proteína y así poder aumentar los niveles de sustitución en las dietas de la harina de pescado por proteína hidrolizada de vísceras de trucha (Perea *et al.*, 2017). De igual forma la obtención de proteína hidrolizada de vísceras de trucha puede ser una opción, puesto que está constituida por proteínas de alto valor biológico (Zapata *et al.*, 2019) ya que durante el proceso de hidrólisis estas se fraccionan en péptidos y aminoácidos libres, los cuales son más fácilmente asimilables por el animal (Ruales *et al.*, 2018). Sin embargo, cuando se utilizan materias primas alternativas en la elaboración de alimentos para peces, es importante poder evaluar cómo estas pueden ser aprovechadas (Alves *et al.*, 2019). En tal sentido, conocer la digestibilidad de nutrientes, energía, absorción de minerales, al igual que la palatabilidad de este, permite poder determinar si constituye una alternativa viable para reemplazar la harina de pescado en dietas para alevines de Tilapia roja.

En razón a lo anterior, se plantea una investigación con la cual se busca evaluar la digestibilidad y palatabilidad de dietas extruidas con proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en alevines de Tilapia roja (*Oreochromis* spp) como alternativa proteica mediante la determinación de la digestibilidad de nutrientes (materia seca, proteína cruda y extracto etéreo), energía (bruta y digestible), absorción de minerales (cenizas, calcio y fósforo) y de igual manera valorar su aceptación como alternativa de alimentación.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la digestibilidad y palatabilidad de dietas extruidas con inclusión de proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica, en alevines de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) como alternativa proteica.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la digestibilidad de nutrientes (materia seca, proteína cruda y extracto etéreo) y de la energía (bruta y digestible) de dietas extruidas a partir de la inclusión de proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en alevines de Tilapia roja, como alternativa nutricional.
- Evaluar la absorción de minerales (cenizas, calcio y fósforo) de dietas extruidas a partir de la inclusión de proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en alevines de Tilapia roja, como materia prima alternativa.
- Evaluar la palatabilidad y porcentaje de desperdicio de las dietas extruidas con inclusión de proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en alevines de Tilapia roja, para valorar su aceptación como alternativa de alimentación.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Estado mundial y nacional de la producción piscícola. Los productos de la pesca y la acuicultura continúan siendo los más comercializados a nivel mundial, con una producción en el 2020 de 214 millones de toneladas y un incremento anual del 3,3%.de las cuales 179 millones son provenientes de animales acuáticos, donde 157 millones se destinaron para el consumo humano y 22 millones se utilizaron en la elaboración de harina y aceite de pescado. Para el año 2020 el consumo per cápita se redujo de 20,5 a 20,2 kg como consecuencia de una baja en la demanda a causa de la pandemia del COVID-19. Por otra parte, la pesca de captura tuvo un descenso del 4,0% con respecto a los tres años anteriores, con una producción de 90,3 millones de toneladas para el año 2020. Cabe mencionar además que la producción de los peces de aleta para el 2020 fueron de 57,5 millones de toneladas, de las cuales 49,1 millones de toneladas equivalen a la acuicultura continental y 8,3 millones de toneladas a la acuicultura marina y costera. Adicionalmente para el año 2020, la pesca y la acuicultura contribuyeron en 59,5 millones de empleos donde el 21% correspondía a mujeres (FAO, 2022).

La piscicultura en Colombia representa un importante sector en la producción de alimentos para el consumo local y exportación, aportando al crecimiento económico, generación de empleos y seguridad alimentaria en el país. Para el año 2020, la producción de este sector fue de 179.351 toneladas, participado con ello en el 0,3% del PIB nacional y 3,3% del PIB agropecuario, de igual modo para este año el consumo per cápita de productos acuícolas alcanzó los 8,8 kg; donde el Huila fue el principal productor piscícola con el 39% de la producción nacional, seguido por Meta con el 11% (MADR, 2021). Por otra parte, la acuicultura es una de las actividades que ha tenido un mayor crecimiento económico a nivel nacional, en el ámbito agropecuario; debido a que cuenta con políticas e instrumentos gubernamentales para su progreso, con entes estatales y privados que la apoyan y promueven el desarrollo de programas de investigación, administración, ordenamiento y fomento en forma

permanente (Suárez *et al.*, 2020).

2.1.2. Producción de tilapia en Colombia y el departamento del Cauca. En Colombia, la producción de tilapia para el año 2020 fue de 104.023,6 toneladas lo que representó el 58% de la producción total (179.351 toneladas) siendo el departamento del Huila el mayor productor. El departamento del Cauca tuvo una participación del 1,5% del total de la producción acuícola nacional con 2.686 toneladas (MADR, 2021) donde la producción de tilapia genera 276,4 toneladas al año (MADR, 2020). Por consiguiente, este sector representa una oportunidad para la integración de actores de diferentes características sociales y culturales que contribuyen al crecimiento económico individual, local y regional.

2.1.3. Descripción general y taxonomía de la Tilapia roja (*Oreochromis spp*). Generalmente se describe que la Tilapia roja es el resultado de un cruce entre cuatro especies del género *Oreochromis* (*O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. aureus*) tres de ellas de origen africano y la cuarta israelita, sin embargo, hoy en día se obtiene ejemplares partiendo no necesariamente de cruzar a las 4 especies. Presenta características zootécnicas importantes que le dan ventajas frente a otras especies, debido a que alcanzan alta masa muscular, filetes grandes, crecimiento rápido, adaptabilidad al ambiente y resistencia a enfermedades (Méndez-Martínez *et al.*, 2018) además de presentar buena aceptabilidad en el mercado por su color, fina textura, agradable sabor y gran valor nutritivo (Márquez *et al.*, 2018). La clasificación taxonómica de la Tilapia roja se presenta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la Tilapia roja

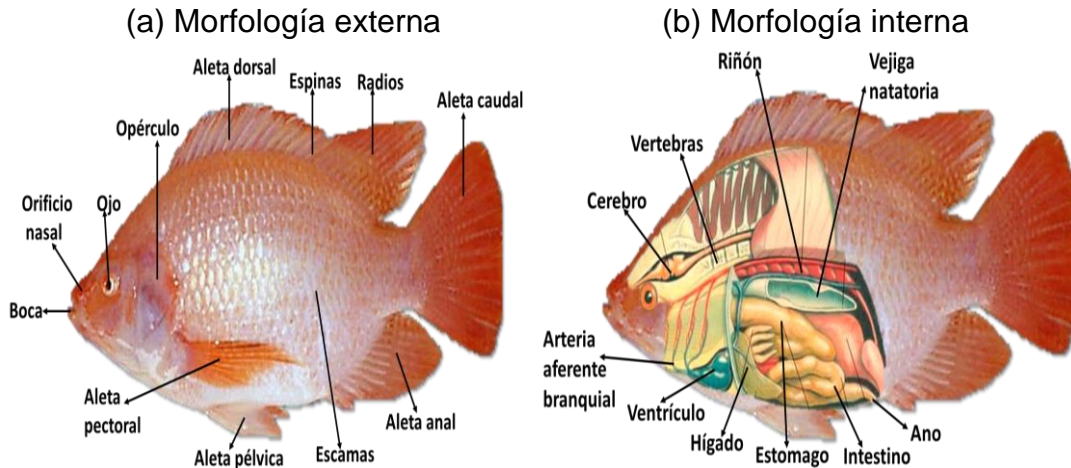
Clase	Teleostomi
Orden	Perciformes
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis spp</i>
Nombre común	Tilapia roja

Fuente. (Méndez-Martínez *et al.*, 2018)

2.1.4. Morfología externa e interna. La tilapia presenta un cuerpo comprimido y discoidal, su color puede ir desde el naranja hasta el albino, presentan un orificio nasal a cada lado de la cabeza, la boca es protráctil, generalmente ancha, la mandíbula presenta dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Para su locomoción poseen aletas pares (pectorales y ventrales) e impares (dorsales duras y blandas, anal y caudal). El sistema digestivo inicia en la boca, la cual presenta dientes mandibulares, tienen una faringe provista de dientes faríngeos, presentan dos tipos de esófagos, los cuales son un pasaje entre la boca y el estómago, en este último se realiza la digestión ácida (El-Sayed, 2020). El intestino tiene forma de tubo hueco que se adelgaza después del píloro y puede representar un tamaño entre 7 a 10 veces más de la longitud total de su cuerpo. Presentan dos glándulas anexas; una de ellas es el hígado y la otra es el páncreas, las cuales secretan sustancias y enzimas para la digestión de los alimentos (Reis *et al.*, 2018).

Su respiración se realiza mediante las branquias que se encuentran en la cavidad opercular a cada lado de la cabeza, estas presentan forma de abanico y cuentan con otras pequeñas estructuras llamadas laminillas branquiales. Las tilapias poseen una vejiga natatoria en forma de bolsa alargada que se encuentra en la base intermedia por debajo de la columna vertebral, que le permite flotar a diferentes profundidades (Reis *et al.*, 2018). El sistema excretor está conformado por un riñón, el cual es un filtro ovoide compuesto por un solo glomérulo, donde por medio de tubos fluye la sangre hacia los uréteres, que secretan en la vejiga natatoria y desde ella hasta el exterior (El-Sayed, 2020). En la ilustración 2, se presenta la morfología interna y externa de la tilapia.

Ilustración 1. Morfología interna y externa de la tilapia



Fuente: Adaptado de El-Sayed, (2020); Montoya *et al.*, (2019).

2.1.5. Origen y distribución la Tilapia roja. La Tilapia roja perteneciente a la familia de los cíclidos, es originaria del África y Cercano Oriente. En estos momentos debido a su introducción por el hombre habitan las aguas dulces de las zonas costeras de la India, América Central, Sur América, Europa, Asia y el Caribe, incluyendo Cuba (Mohamad *et al.*, 2021). Por otra parte, la tilapia fue introducida a Colombia a mediados de los años 70 donde bajo la dirección de la Federación Nacional de Cafeteros se establecieron programas de diversificación con otras especies nativas con el fin de generar ingresos a los campesinos. Sin embargo, fue hasta la década de los 80 que se dio inicio a producciones comerciales a grandes escalas por parte de empresas acuícolas (Franco, 2018).

2.1.6. Hábito alimenticio de la Tilapia roja. Se clasifica como un pez filtrador omnívoro, debido a que presenta diversidad en los alimentos que ingiere estas utilizan las branquiespinas para filtrar el agua y obtener su alimentación de organismos microscópicos presentes en esta (Reis *et al.*, 2018). Su comportamiento de alimentación es variable ya que se adapta a diferentes tipos de alimentos según el habitat donde se encuentren y también depende de la madurez y el tamaño de los peces, por lo que la capacidad de esta especie de aceptar alimentos formulados y naturales hacen que la producción sea económicamente viable. Dado lo anterior el comprender el hábito alimentario y trabajar en la mejora y optimización de alimentos ricos en proteínas son un factor clave para tener éxito en su

producción bajo ambientes controlados (Mohamad *et al.*, 2021).

2.1.6.1. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja. En el hábitat natural su alimentación se basa en el consumo de zooplancton, insectos y vegetales acuáticos, aunque la tilapia se adapta muy bien a los alimentos suministrados artificialmente (Luna & Lozano, 2018) donde es importante que estos contengan todos los nutrientes esenciales que requiere el animal dependiendo de su fase de desarrollo, para lograr pesos comerciales (Gutiérrez *et al.*, 2019). En la fase de alevinaje el alimento se debe suministrar entre 4 a 6 veces al día, procurando hacerlo siempre a la misma hora y lugar. Para su fase adulta el alimento se suministra entre 2 a 3 veces al día y pueden alcanzar pesos de 1000 a 3000 gramos (Mabroke *et al.*, 2021). En el cuadro 2, se presentan los requerimientos nutricionales de la tilapia para la fase de alevinaje.

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de alevines de Tilapia roja.

Nutriente	Requerimiento
Proteína cruda	35 - 38%
Lípidos	5 - 7%
Energía digestible	3000 kcal/kg
Fibra cruda	3 - 5%
Lisina	2,20%
Metionina	1%
Calcio	0,7 - 1,5%
Fósforo	0,75 – 1,1%

Fuente: (Méndez-Martínez *et al.*, 2018)

2.1.7. Requerimientos medio ambientales para la producción y crecimiento adecuado de la tilapia. El crecimiento es el resultado de procesos fisiológicos que consiste en la ingesta del alimento para alcanzar un

aumento de la biomasa corporal en un intervalo de tiempo. Las condiciones óptimas para la producción de tilapia son las siguientes: temperatura del agua de 25 a 32°C, no obstante, estas pueden sobrevivir en ambientes con variaciones considerables en la temperatura; sin embargo, a temperaturas menores a 15°C los peces disminuyen el consumo de alimento lo que provoca un descenso en el desarrollo óptimo del pez, el rango requerido de oxígeno disuelto es de 3 - 9 mg/L; en cuanto al pH este debe estar entre 6 – 9, considerando que en valores cercanos a 5 se empiezan a presentar mortalidades; dureza máxima de 80 - 110 mg/L, el rango ideal de nitritos debe ser de 0 - 0,1 mg/L ya que niveles > 0,75 mg/L conllevan a condiciones de estrés en los peces y > 5mg/L causan toxicidad; amonio de 0 - 0,1 mg/L (Vargas *et al.*, 2021). Por lo cual, para lograr un adecuado crecimiento de la tilapia es importante proporcionar un ambiente con los requerimientos óptimos, con el fin de que la especie exprese todo su potencial genético, logrando que la ganancia de peso y la conversión alimenticia sea la mejor (Méndez-Martínez *et al.*, 2018).

2.1.8. Alternativas nutricionales en la alimentación de peces. Una de las principales fuentes de proteína empleadas en la elaboración de concentrados es la harina de pescado, no obstante el costo ha incrementado, dado que existe un aumento en su demanda y escasez en el suministro mundial de esta, lo que ha llevado a generar limitaciones dentro de los sistemas productivos (Gasco *et al.*, 2020). Es por esto que ha surgido la búsqueda de alternativas proteicas de alta calidad, donde los residuos del faenamiento de peces pueden convertirse en una alternativa de alimentación en las dietas para tilapia, de igual manera puede representar una oportunidad de realizar producciones más limpias, además se generan ingresos adicionales y se reducen los costos de producción (Irm *et al.*, 2020).

2.1.8.1 Proteína hidrolizada de subproductos de pescado como alternativa para la alimentación de peces. Los hidrolizados son el resultado de un proceso por el cual una proteína ha sido fraccionada en péptidos de menor tamaño o aminoácidos libres, para que estos puedan ser aprovechados más fácilmente por el animal (Sharkey *et al.*, 2020) empleándolos en la formulación de diferentes dietas para la alimentación de animales domésticos siendo una buena alternativa para la utilización de desechos de pescado como componentes de piensos destinados a la mejora de la producción animal (De

La Cruz-Calderón, 2022).

Este proceso puede ser enzimático o químico, por consiguiente, la hidrólisis es más efectiva cuando se logran romper la mayor cantidad de enlaces peptídicos, a lo cual se le llama grado de hidrólisis (Espinoza & Castillo, 2022). Mediante este se busca la solubilización de la fuente de proteína, con el fin de mejorar su valor biológico y nutricional, que permita obtener productos de alto interés comercial. Debido a esto la proteína de subproductos del faenamiento pescado hidrolizada ha llamado la atención de investigadores del sector alimenticio, considerando la gran disponibilidad de residuos de pescado que pueden utilizarse en el proceso, ya que se ha demostrado que son una fuente importante de proteínas y péptidos bioactivos (Egerton *et al.*, 2020; Siddik *et al.*, 2021) lo que contribuirá en solucionar los problemas de contaminación que generan. Por otra parte, los métodos empleados no tienen alto costo y son amigables con el medio ambiente (Perea *et al.*, 2018).

2.1.9. Digestibilidad como parámetro de evaluación nutricional de alimentos para peces. La evaluación de la digestibilidad permite conocer qué los nutrientes son absorbidos en el tracto digestivo, mientras pasa a través del animal (Gutiérrez *et al.*, 2019) por medio de la cuantificación de los nutrientes y energía consumida comparada con la cantidad excretada en las heces, mediante este procedimiento solo se obtiene datos de una digestibilidad aparente ya que no se tiene en cuenta las diferentes secreciones endógenas tales como bilis, secreciones enzimáticas y descamación del epitelio. Esto ayuda a medir la calidad nutricional de las materias primas utilizadas en la alimentación de peces, ya que no basta conocer la composición química del alimento, sino que también, es de gran importancia conocer si los elementos que lo constituyen son asimilados y tienen el aprovechamiento esperado por el animal (Mirabent *et al.*, 2019). Por consiguiente, la digestibilidad es importante en la valoración de ingredientes para la formulación de dietas económicas y óptimas.

Acorde con lo anterior Nose, (1996) estableció dos métodos que ayudan a la determinación de la digestibilidad de nutrientes y energía en dietas para peces; el método directo que consiste en utilizar jaulas metabólicas para la recolección total de las heces y llevando un control de consumo de alimento;

y el método indirecto donde se utilizan marcadores, ya sean internos que se encuentran de forma natural en la dieta o externos cuando son adicionados a esta. Cabe señalar que al emplear marcadores externos estos no deben ser tóxicos e interferir con el metabolismo digestivo o la microflora intestinal del animal, además de no ser absorbido o metabolizado y tener la misma velocidad de paso por el intestino que la dieta experimental; uno de los marcadores que cumple con estas características y que se ha convertido en el más utilizados en estudios de digestibilidad es el óxido crómico (Cr_2O_3) (Dias *et al.*, 2020).

2.1.10. Palatabilidad como parámetro de evaluación de aceptabilidad de alimentos para peces. Uno de los datos más importantes al evaluar nuevas dietas es conocer la aceptación de los ingredientes por el animal, teniendo en cuenta que un alimento será excelente si además de su calidad nutricional, tiene características organolépticas que permitan la detección de los alimentos de forma más fácil, considerando que la palatabilidad afecta directamente el consumo y la digestibilidad (Alves *et al.*, 2019). Por otra parte, si un alimento no es agradable, se obtendrán muchos desechos dado que este no se consumirá en su totalidad y como consecuencia los animales presentarán problemas en el crecimiento y calidad del canal. Por el contrario, cuando un alimento es agradable este será consumido más fácilmente repercutiendo en un mejor aprovechamiento y por lo tanto los costos de alimentación disminuyen (Al-Souti *et al.*, 2019).

De igual manera se ha demostrado que los hidrolizados de proteína de pescado presentan características fisicoquímicas que le permiten tener una mayor solubilidad, entre otras propiedades que le ayudan a aumentar la palatabilidad del alimento, facilitando la absorción de nutrientes biológicos. Además, la palatabilidad también está relacionada con la disponibilidad de aminoácidos libres y péptidos de bajo peso molecular que estimulan la ingesta del alimento en los peces (Siddik *et al.*, 2021).

2.2. MARCO HISTÓRICO

1.2.1. Antecedentes. En Colombia, como en el resto del mundo se han realizado estudios de evaluación de la inclusión de los hidrolizados de vísceras de pescado en las dietas para la alimentación de peces, no obstante, son escasas las investigaciones en la bioconversión de residuos del faenamiento. A continuación, se citan algunas de ellas.

En Brasil, se determinó la palatabilidad de dietas con inclusión de hidrolizados de residuos de cerdos y aves; para juveniles de Tilapia del Nilo. Se evaluaron cinco dietas con inclusión del 5% de harina de pescado (FPE), hidrolizado de proteína de aves de corral (PHF), hidrolizado líquido de cerdo (PHS), hidrolizado de proteína de pluma (PHP) e hidrolizado de mucosa porcina (PHM). Los resultados no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$). PHF proporcionó un índice de palatabilidad de 12,27%, PHM tuvo un índice de 9,33%, PHS de 8,77% y PHP de 7,74%. Lo que permite concluir que se pueden incluir estos hidrolizados sin alterar el índice de palatabilidad y comportamiento de alimentación (Alves *et al.*, 2019).

En Irán, investigaron los efectos de la inclusión de proteína hidrolizada de vísceras de Trucha arco iris (VPH) sobre el rendimiento en juveniles de *Oncorhynchus mykiss*. Prepararon cuatro dietas con 5, 10 y 20 g/kg de inclusiones de VPH y una dieta control. Donde obtuvieron como resultado que la dieta que contenía 10 g/kg de la inclusión de VPH puede mejorar el rendimiento del crecimiento y algunos otros factores examinados en juveniles de *O. mykiss* (Javaherdoust *et al.*, 2020).

En China, se evaluó los efectos de diferentes fuentes de proteínas (harina de soja fermentada [FSM], harina de colza [RSM], polvo de krill antártico [AKP] e hidrolizado de proteína de pescado [FPH]) sobre el rendimiento del crecimiento, coeficiente de digestibilidad aparente (ADC) y expresión de genes relacionados con el metabolismo de las proteínas en la Perca china (*Siniperca chuatsi*). Donde encontraron que FPH logró los mejores resultados en rendimiento de crecimiento, ADC de materia seca, ADC de

lípidos y energía bruta, además, fue el único ingrediente con ADC de proteína cruda superior al 90% mientras que RSM tuvo el ADC de proteína y lípido crudos más bajo. FPH mostró el ADC de aminoácidos más alto, excepto la serina y la tirosina, y RSM mostró el ADC de aminoácidos más bajo, excepto la metionina. Siendo FPH un ingrediente prometedor para ser incorporado en dietas formuladas para Perca china (Feng *et al.*, 2021).

En Brasil, se estudió la composición fisicoquímica y la digestibilidad de los hidrolizados de proteína de subproductos avícolas y porcinos. Formularon cinco dietas, cuatro de ellas con el 20% de proteína hidrolizada (HSLP: hígado de cerdo, HSMP: mucosa porcina, HFP: plumas y HPP: pollo) y una dieta testigo. Obteniendo un coeficiente de digestibilidad aparente de aminoácidos esenciales y no esenciales de 98,59% para HSMP, siendo estos mayores a los de HSLP (90,54%), pero no presentó diferencia significativa respecto a los grupos HFP (95,45% y HPP (93,85%). Dado lo anterior concluyen que los hidrolizados tienen alto valor nutricional y altas tasas de digestibilidad para la alimentación de Tilapia nilótica (Dos Santos *et al.*, 2021).

En Corea del Sur, realizaron un estudio para examinar y optimizar los niveles de inclusión de hidrolizado de camarón (SH) o hidrolizado de tilapia (TH) en dietas con baja inclusión de harina de pescado (FM) en alimentación de *Paralichthys olivaceus*. Evaluaron una dieta alta en FM (HFM), una dieta con proteína de soja (SPC) como sustituto de 50% de FM se consideró una dieta baja en FM (LFM), seis con suplementación de SH o TH a la dieta LFM en diferentes niveles de inclusión de 15 g/kg, 30 o 45 g/kg. Los resultados mostraron que la digestibilidad de materia seca y proteína de las dietas mejoró significativamente con la incorporación de SH o TH y el nivel óptimo de inclusión de SH o TH en una dieta LFM basada en SPC puede ser 30 g/kg y 15-30 g/kg, para la *Paralichthys olivaceus* (Gunathilaka *et al.*, 2020).

En Brasil, estudiaron la atracción y palatabilidad de juveniles de *Betta splendens* alimentados con dietas que contienen harina de tilapia (TM) y una inclusión del 5% de diferentes fuentes de proteína: hidrolizado de proteína de pollo (CPH), hidrolizado de proteína de hígado porcino (PLH),

hidrolizado de proteína de pluma (PHP) e hidrolizado de proteína de mucosa porcina (PMH). Teniendo como resultado un 17,14% de índice de atractivo y palatabilidad con PLH. Concluyendo que PLH puede ser empleado en la alimentación de juveniles de *Betta splendens* como sustituto de la harina de tilapia, aumentando efectivamente el consumo de alimento y reduciendo el desperdicio de alimento (Oliveira *et al.*, 2022).

En México, realizaron dos ensayos de alimentación para evaluar los coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de materia seca, proteína y aminoácidos de tres ingredientes de origen animal (harina de subproductos avícolas, harina de carne y huesos, harina de plumas FM) y cuatro de origen vegetal (concentrado de proteína de soja, harina de soja (SBM) gluten de maíz (CG) y gluten de trigo (WG)) en juveniles de *Totoaba macdonaldi*. Obteniendo como resultado para CDA de materia seca valores que oscilaron entre 35,9% para FM y 67,9% para subproductos avícolas, mientras que los valores de CDA proteicos oscilaron entre 41,7% para CG y 83,2 % para subproductos avícolas. El ADC de harina de pescado (79,6 %) fue similar al subproducto avícola pero significativamente mayor que el WG y el concentrado de proteína de soja (72,5% y 72,6%, respectivamente). Concluyendo que los subproductos avícolas, WG y el concentrado de proteína de soja son las materias primas más viables como alternativa a la harina de pescado en la formulación de dietas para totoaba (Madrid *et al.*, 2022).

En Popayán Colombia, evaluaron la digestibilidad por medio del principio de aditividad de hidrolizados enzimáticos de origen animal en la especie Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Utilizaron una dieta control y tres mezclas, en las cuales sustituyeron el 30% de la dieta control por hidrolizado de vísceras de pollo, cerdo y trucha respectivamente. Obteniendo diferencias significativas ($p < 0,05$) para la digestibilidad aparente de proteína cruda, energía bruta, fibra cruda, absorción de cenizas, calcio, fósforo y energía digestible de acuerdo con el tipo de hidrolizado evaluado y en relación con la dieta control. Demostraron que los hidrolizados presentan alto valor nutricional debido a que la digestibilidad de nutrientes y la energía fueron superior al 80%, concluyendo que los hidrolizados enzimáticos de vísceras de origen animal constituyen una alternativa proteica y energética en la alimentación de

peces (Perea *et al.*, 2021).

En Putumayo Colombia, se investigó el coeficiente de digestibilidad de la harina de hidrolizado de vísceras de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*) en la alimentación de alevines de la misma especie. En niveles de inclusión del 0%,10%,20% y 30% de ensilaje de pescado. Se determinó la digestibilidad, coeficiente de utilización energética, incremento de peso y conversión alimenticia de las diferentes dietas. Los valores de digestibilidad de proteína y extracto etéreo fueron de 90%, extracto no nitrogenado de 85%, coeficiente de utilización energética de 80%. El estudio concluyó que la inclusión del 10% de ensilaje de pescado fue el mejor para el crecimiento de los alevines de Cachama Blanca (López *et al.*, 2015).

En Caquetá Colombia, se analizó la digestibilidad de diferentes componentes nutricionales y energéticos en dietas con inclusión de hidrolizados de vísceras de cachama en alevines de arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*). Los tratamientos consistieron en la inclusión del 0, 10, 20 y 30% de extracto seco de hidrolizado de vísceras de cachama, se obtuvo que las dietas con el 10% de inclusión fue la mejor para el incremento de la longitud, con respecto al coeficiente de digestibilidad se obtuvieron valores al 60% en las dietas con la inclusión del 10 y 30%, de acuerdo con lo anterior la mejor dieta fue la que contenía el 10% de inclusión del hidrolizado lo que lo convierte en una alternativa económica y ecológica para la alimentación acuícola (Paz *et al.*, 2016).

En Popayán Colombia, evaluaron los rendimientos y caracterización química, de la proteína hidrolizada obtenida del ensilaje químico de residuos de trucha. En los resultados se mostró que los subproductos de trucha tienen niveles de lípidos de 6,45%, proteínas de 62,2% y 90% en materia seca, la digestibilidad fue de 91,2% y un grado de hidrólisis cercano a 62%; lo que convierte la proteína hidrolizada de trucha en una alternativa de alimentación viable generando un avance e innovación en la alimentación animal y nutrición (Hoyos *et al.*, 2018).

3. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos propuesto en la investigación.

3.1. LOCALIZACIÓN.

La investigación se llevó a cabo en la caseta de bioensayos de peces del laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca (Ilustración 1) ubicado en la vereda las Guacas del municipio de Popayán departamento del Cauca, a una altura promedio de 1.737 m.s.n.m, temperatura promedio 19°C y 1800 mm de precipitación anuales.

Ilustración 2. Caseta de bioensayos en peces Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca.



Fuente: Este estudio, 2023.

3.2. MATERIAL BIOLÓGICO

El material biológico que se utilizó en la presente investigación consistió, en alevines de Tilapia roja y vísceras de Trucha arcoíris para la elaboración del hidrolizado de donde se obtuvo la proteína concentrada.

3.2.1 Alevines de Tilapia roja. En el ensayo se utilizaron 180 alevines monosexo de Tilapia roja, con un peso inicial promedio de $10,54 \pm 0,12$ g; los cuales se adquirieron de la empresa de producción de alevines PROPISCOL, ubicada en la vereda Santa María del municipio de Santander de Quilichao; para el transporte fueron distribuidos en bolsas de 40 peces cada una, a las cuales se les suministró oxígeno y fueron selladas para posteriormente ser trasladados a la Facultad de Ciencias Agrarias donde se contaron y se distribuyeron 12 peces por tanque cilindro cónico de 250 litros de agua (15 tanques en total), liberándolos cuidadosamente como se muestra en la ilustración 3.

Ilustración 3. Obtención, transporte y distribución de los alevines.



Fuente: Este estudio, 2023.

3.2.2. Hidrolizado de vísceras de Trucha arcoíris. Para la preparación del hidrolizado de vísceras de trucha que se utilizó para la obtención de la proteína concentrada por separación mecánica, las vísceras se obtuvieron de la Asociación Productora Comercializadora de Productos Acuícolas y Agrícolas de Silvia Cauca (APROPESCA) y se llevaron al laboratorio de biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, donde se mezclaron con 2,5% de ácido fórmico al 85% masa/volumen, con el fin de obtener un pH entre 3,2 y 3,6 y así facilitar la acción hidrolítica de las enzimas endógenas presentes en las vísceras. A esto también se le adicionó 0,25% de benzoato de sodio que actúa como fungicida y 0,1% de Butil-Hidroxi-Tolueno que funciona como antioxidante. Se almacenó en recipientes plásticos cerrados a temperatura ambiente. Transcurridos 7 días se alcanzó un grado de hidrólisis proteica de $50,67 \pm 2,57$ % y se procedió a tamizar el hidrolizado, con el fin de retirar residuos de vísceras de gran tamaño y otros desechos, empleando tamices de 30 y 40 micras; posteriormente se llevó a secar en horno con temperatura de 60 °C durante 12 horas para detener la hidrólisis (Garcés *et al.*, 2021) como se muestra en la ilustración 4.

Ilustración 4. Elaboración del hidrolizado de vísceras de trucha.



Fuente: Este estudio, 2023

La caracterización proximal y microbiológica del hidrolizado realizado por el equipo de investigación se describe en el cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis proximal y microbiológico del hidrolizado de vísceras de trucha.

VARIABLE	HIDROLIZADO VÍSCERAS DE TRUCHA (HVT)
Grado de hidrólisis (%)	50,67 ± 2,57
Materia seca (%)	27,87 ± 0,42
Proteína (%)	42,74 ± 0,80
Extracto etéreo (%)	46,22 ± 1,13
Cenizas (%)	5,86 ± 0,41
Energía Bruta (Kcal/Kg)	4533,4 ± 227,3
Fibra (%)	0,01 ± 0
Extracto no nitrogenado (%)	6,04 ± 1,31
Mesófilos aerobios (UFC*/g)	0,0
Mohos y levaduras (UFC/g)	0,0
Coliformes totales (NMP**/g)	0,0

*Unidades formadoras de colonias, ** Número más probable.

Fuente: Este estudio, 2023

3.2.2.1. Proteína hidrolizada concentrada a partir de vísceras de trucha mediante procesos de separación mecánica. Para obtener la proteína hidrolizada concentrada que fue empleada en las dietas extruidas para la alimentación de alevines de tilapia, se utilizó el hidrolizado previamente estabilizado con el grado de hidrólisis deseado, este se llevó a baño maría por 15 minutos a una temperatura de 50°C, después se empleó el separador centrífugo que separa líquidos de diferentes densidades, que por gravedad salen de dos puertos de descarga, teniendo así dissociado el aceite de la parte más densa que contiene el sólido; posteriormente esto se llevó a la centrifuga durante 10 minutos a 4500 rpm, donde quedo separado la mayor cantidad de sólidos del agua y el aceite, obteniendo así la proteína concentrada (Espinoza & Castillo, 2022). El proceso realizado se muestra en la ilustración 5.

Ilustración 5. Obtención de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha.



Fuente: Este estudio, 2023

La caracterización proximal de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, realizada por el grupo de investigación se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Resultados de análisis proximal de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

VARIABLE	PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA (PHC)
Materia seca (%)	27,29 ± 0,35
Proteína bruta (%)	67,66 ± 0,84
Extracto etéreo (%)	7,21 ± 0,25
Proteína soluble en KOH* (%)	96,02 ± 1,07
Nitrógeno total volátil (%)	No detectado
Digestibilidad <i>in vitro</i> (%)	90,71 ± 0,56

*Hidróxido de potasio

Fuente: Este estudio, 2023

3.3. FORMULACIÓN Y MEZCLADO PARA LA PREPARACIÓN DE DIETAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA.

Se formularon cinco dietas para la fase de alevinaje con el mismo nivel de proteína y energía digestible. Donde se utilizó una dieta control que no contenía proteína hidrolizada concentrada, esta fue preparada con harina de pescado, torta de soya, harina de maíz, harina de yuca, mogolla de trigo, premezcla de vitaminas y minerales, entre otras materias primas, y cuatro dietas con proteína hidrolizada concentrada sustituyendo el 25%, 50%, 75% y 100% de la harina de pescado en la dieta. Todas las materias primas fueron previamente pulverizadas para facilitar la mezcla, posterior a esto se pasaron por un tamiz 425 μm y así facilitar el secado, cuadro 5.

Cuadro 5. Composición química de las dietas con proteína hidrolizada concentrada.

Composición Química de la Dieta	T1 (100% HP)	T2 (75% HP + 25% PHC)	T3 (50%HP + 50% PHC)	T4 (25%HP + 75% PHC)	T5 (100% PHC)
Proteína bruta (%)	38,58	38,58	38,58	38,58	38,58
Extracto etéreo (%)	5,41	5,39	5,52	6,24	7,00
Carbohidratos (%)	34,38	36,34	38,00	38,85	39,95
Fibra bruta (%)	1,44	1,36	1,23	1,21	1,04
Cenizas (%)	14,02	12,14	10,28	8,24	6,05
Energía digestible (kcal/kg)	3102,12	3102,12	3102,12	3102,12	3102,12
Calcio (%)	2,01	2,00	2,00	2,10	2,00
Fósforo (%)	1,27	1,30	1,37	1,43	1,60
Metionina (%)	1,50	1,30	1,30	1,40	1,30
Lisina (%)	2,12	2,30	2,43	2,73	3,00
triptófano (%)	0,57	0,40	0,40	0,45	0,45
Treonina (%)	0,95	1,17	1,38	1,60	1,83
Cr ₂ O ₃ (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Fuente: Este estudio, 2023

Las materias primas de cada dieta previamente pesadas en las cantidades necesarias se homogeneizaron con la batidora SINMAC SM-401 durante 25 minutos y se marcaron con óxido crómico (Cr₂O₃) a razón del 1% del total formulado, para la evaluación de la digestibilidad *in vivo*. Posterior a esto se procedió a bajar la humedad mediante secado al aire libre sobre plástico hasta obtener humedades entre 5 - 8%, durante este proceso se realizó un tamizado para eliminar grumos y homogeneizar el secado; finalizando esto se volvieron a mezclar, se empacaron en bolsas de polipropileno y se almacenaron en

tarros sellados herméticamente para posteriormente llevarlas al proceso de extrusión en la empresa Alimentos Concentrados Del Sur ubicado en el municipio de Garzón - Huila, en un extrusor industrial de tornillo simple a una temperatura de 120°C y velocidad del tornillo de 144 rpm. Posterior a esto, el secado de los pellets se llevó a cabo en un secador industrial a una temperatura de 50°C hasta que alcanzaron una humedad del 7% (Hoyos *et al.*, 2018). Finalmente se pasaron por una zaranda con el fin de quitar partículas pequeñas y se empacaron nuevamente en las bolsas de polipropileno, quedando listas para su evaluación en los alevines de Tilapia roja, como se puede observar en la ilustración 6.

Ilustración 6. Proceso realizado para la obtención de las dietas experimentales.



Fuente: Este estudio, 2023

Para determinar el peso promedio de los pellets (cuadro 6) de cada dieta, se tomaron de 100, 50 y 30 pellets seleccionados por cuarteo y se pesaron en balanza analítica (precisión de 0,0001 g).

Cuadro 6. Peso promedio de los pellets

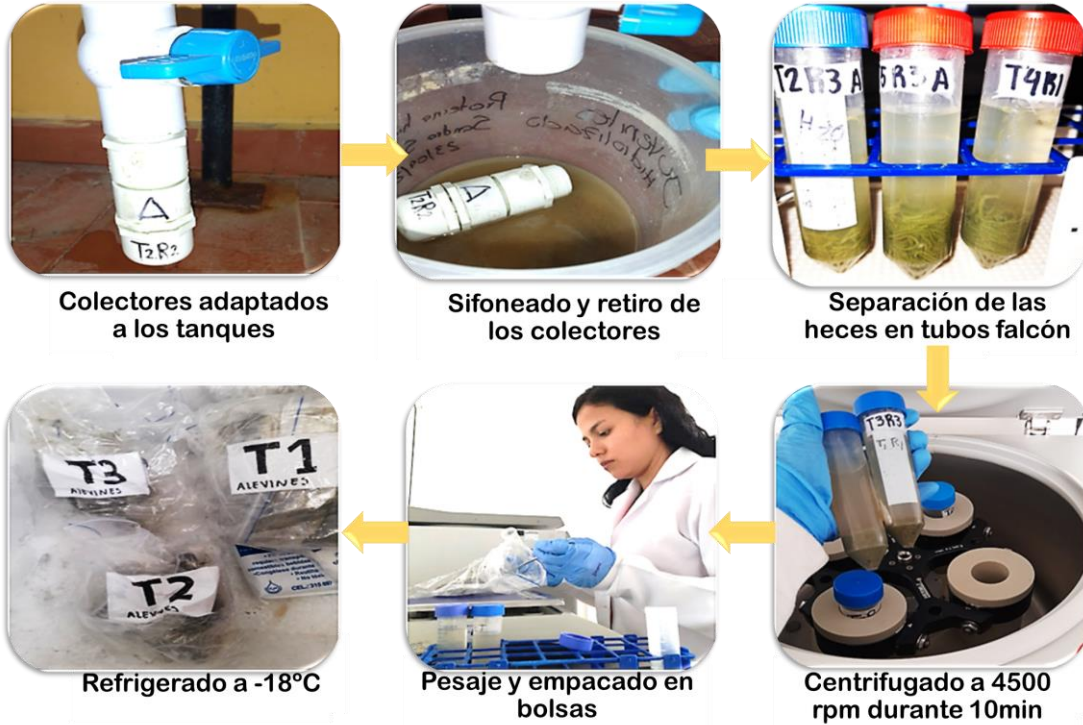
Tratamientos	Peso promedio de pellet
T1: 100% HP*	0,05068 ± 0,00278g
T2: 75% HP + 25% PHC	0,04958 ± 0,00021g
T3: 50% HP + 50% PHC	0,05156 ± 0,00339 g
T4 :25% HP + 75% PHC	0,05209 ± 0,00011g
T5: 100% PHC**	0,04948 ± 0,00042 g

*Harina de pescado **proteína hidrolizada concentrada
Fuente: Este estudio, 2023

3.4. DETERMINACIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* DE DIETAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.

Para la evaluación de la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) proteína cruda (DAPC) extracto etéreo (DAEE) energía bruta (DAEB) energía digestible (DAED) absorción de cenizas (AACEN) absorción de calcio (AACa) y absorción de fósforo (AAP); la recolección de heces se hizo dos veces al día (7:00 am y 3:00 pm) durante 30 días hasta obtener 100 gramos de muestra húmeda por cada repetición, empleando colectores adaptados en la parte inferior de los tanques. Las heces húmedas recolectadas se centrifugaron a 4500 rpm durante 10 minutos, finalmente el precipitado fue almacenado en bolsas plásticas con cierre hermético en un congelador a -18 °C (Perea *et al.*, 2022) el proceso se representa en la ilustración 7.

Ilustración 7. Recolección y almacenamiento de heces.



Fuente: Este estudio, 2023

A las muestras de heces y dietas se les determinó el contenido de Materia Seca (AOAC 934,01; AOAC, 1990), Proteína Cruda (AOAC, 920.105; AOAC, 1990), Extracto Etéreo (AOAC 920.39; AOAC, 1990), energía Bruta con bomba calorimétrica de chaqueta CAL2k® (Lumsangkul *et al.*, 2022), energía digestible (Hidalgo & Valerio 2020), Cenizas (AOAC 942,05; AOAC, 1990), Calcio (AOAC 985,35; AOAC, 2005) y Fósforo (AOAC 995,11; AOAC, 2012). La medición del óxido crómico se realizó por espectrofotometría de absorción atómica (Williams *et al.*, 1962). El coeficiente digestibilidad aparente (CDA) se determinó a través de la ecuación 1, descrita por Austreng (1978) y la EDA se calculará de acuerdo a la ecuación 2 (Hidalgo & Valerio 2020).

$$CDA=100 - \left(100 \left(\frac{\%Cr2O3 \text{ en la dieta}}{\%Cr2O3 \text{ en las heces}} \right) * \left(\frac{\% \text{ nutrientes en las heces}}{\% \text{ nutrientes en la dieta}} \right) \right) \quad (\text{Ec. 1})$$

$$EDA=DAEB * CDA \text{ de la energía} \quad (\text{Ec. 2})$$

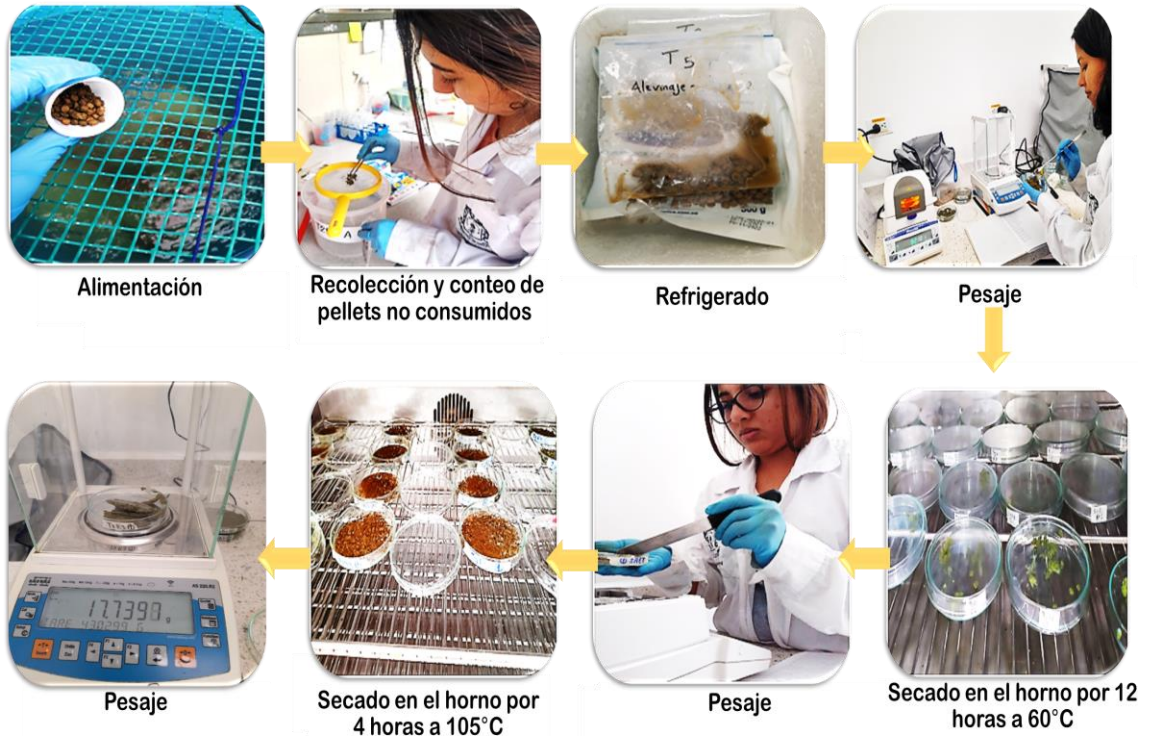
3.5. EVALUACIÓN DE LA PALATABILIDAD Y DESPERDICIO DE DIETAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.

Para estimar la palatabilidad, se suministraron pellets de uno en uno y se contaron, hasta que los alevines dejaban pasar sin atraparlos, haciendo el mismo procedimiento en todos los tanques experimentales las veces necesarias hasta que los peces mostraron saciedad; terminado el proceso de alimentación, se procedió a recoger los pellets no consumidos por la parte superior e inferior del tanque, media hora después se repitió la recolección de pellets, debido a que las tilapias atrapaban los pellets pero no lo consumían y tiempo después los desechaban. Posterior a esto se contaron los no consumidos para determinar el índice de palatabilidad en consumo de pellets (IPCP) y fueron almacenados en bolsas plásticas herméticas en el congelador a -18°C, posteriormente se tomaron humedades y pesos iniciales, se llevó a secar al horno a una temperatura de 60°C por 12 horas tomando nuevamente humedades y pesos, finalmente se termina de secar en horno a 105°C durante 4 horas hasta tener porcentajes de materia seca estables (ver ilustración 8) todo esto para conocer el índice de palatabilidad en consumo de materia seca (IPCMS). Para ello, se midió de acuerdo con la fórmula propuesta por Kasumyan & Doving, (2003) descritas en las ecuaciones 3 y 4. Estos autores proponen el índice de palatabilidad como una estimación cuantitativa del gusto (Alves *et al.*, 2019).

$$IPCP = \left(\frac{\text{Consumo de pellets dieta prueba} - \text{Consumo de pellets dieta control}}{\text{Consumo de pellets dieta prueba} + \text{Consumo de pellets dieta control}} \right) * 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

$$IPCMS = \left(\frac{\text{Consumo de materia seca dieta prueba} - \text{Consumo de materia seca dieta control}}{\text{Consumo de materia seca dieta prueba} + \text{Consumo de materia seca dieta control}} \right) * 100 \dots (\text{Ec. 4})$$

Ilustración 8. Alimentación y recolección de pellets no consumidos.



Fuente: Este estudio, 2023

3.5.1. Porcentaje de alimento desperdiciado. Para determinar el porcentaje de alimento desperdiciado, después de cada alimentación se recogieron los pellets no consumidos, por la parte inferior de los tanques. Seguido de esto se almacenaban para determinar el peso y la materia seca total y al final de la evaluación a cada tratamiento se aplicó la ecuación 5.

$$\% \text{ Desperdicio} = \left(\frac{\text{Total de materia seca suministrada}}{\text{Total materia seca no consumida}} \right) * 100 \quad (\text{Ec.5})$$

3.6. PLAN DE MANEJO

3.6.1 Adecuación de instalaciones, equipos y tratamiento profiláctico. Previo al inicio de la evaluación, se realizó una adecuación, desinfección y lavado de los tanques, pisos, paredes y equipos con hipoclorito de sodio a una

concentración de 100 ppm. Además se realizó el tratamiento profiláctico empleando una mezcla de azul de metileno con concentración de 1 gr/20 litros de agua, donde a cada tanque se le adiciono 100 ml de esta, y se añadió sal marina al tanque de reserva a una concentración de 2 gr/L, realizando un recambio total del agua de las jaulas durante 5 días (Perea *et al.*, 2022). Estos procedimientos se describen en la ilustración 9.

Ilustración 9. Adecuación de pisos, tanques, paredes y tratamiento profiláctico

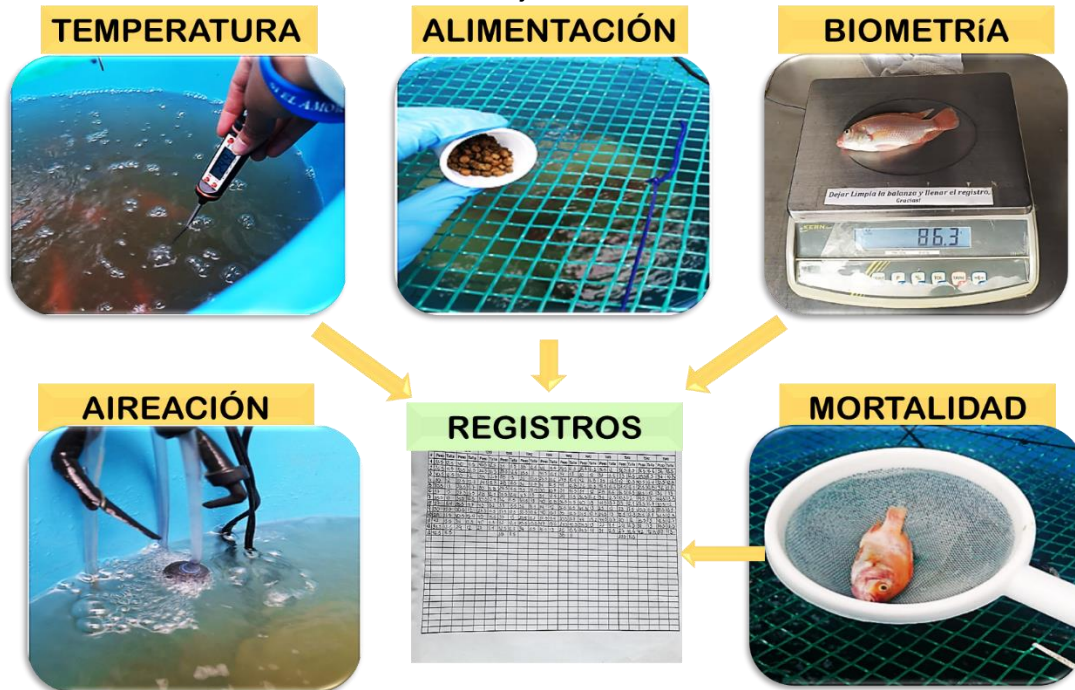


Fuente: Este estudio, 2023

3.6.2. Actividades de manejo. Durante el periodo de acostumbramiento de 15 días los alevines fueron alimentados con alimento comercial Tilapia 38. Seguido se inició la alimentación con las dietas experimentales, las cuales se distribuyeron en tres raciones al día 9:30 am, 12:00m y 3:30 pm. Para mantener una temperatura en rangos cercanos a 26 °C se emplearon

termostatos sumergidos en cada jaula, haciendo mediciones 3 veces al día (7am, 12m y 3:30pm). Para la aireación del sistema se empleó el blower EKKO AIR modelo EKZ 130-58. Además, se contaba con sistema secundario de aireación con bombas aireadoras POWER LIFE P-500. Llevando registros de temperatura, alimentación, mortalidad y biometrías (Anexos a, b, c y d), estos procedimientos se pueden ver en la ilustración 10 (Perea *et al.*, 2022).

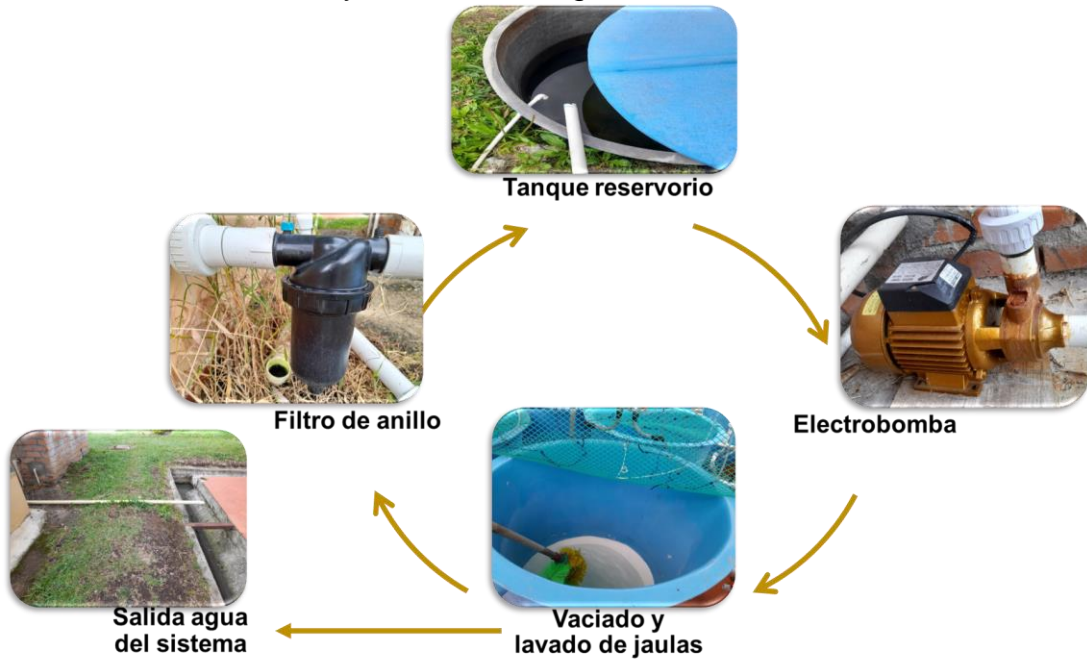
Ilustración 10. Actividades de manejo.



Fuente: Este estudio, 2023

Para las labores de cambio y recambio de agua se contó con un tanque con capacidad de 4000L, el cual era llenado con agua proveniente del acueducto tratada con hiposulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) a razón de 4ppm con el fin de neutralizar el cloro. Se establecieron dos tipos de recambio: parcial y total, a razón del 80% día. Durante estos procesos se realizaba la limpieza de cada jaula procurando no estresar los peces como se muestra en la ilustración 11.

Ilustración 11. Cambio y recambio de agua.



Fuente: Este estudio, 2023

3.6.3. Medición de parámetros fisicoquímicos del agua. Para la calidad fisicoquímicas del agua se hizo un monitoreo cada 15 días con la metodología de NANOCOLOR® con el PHOTOMETER PF-1, corroborando el cumplimiento de los requerimientos de la especie. Se evaluaron parámetros como oxígeno disuelto, pH, alcalinidad de carbonatos, amonio, nitritos, nitratos, demanda química y biológica de oxígeno (Perea *et al.*, 2018).

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

Para evaluar la digestibilidad aparente y palatabilidad de dietas extruidas con proteína hidrolizada concentrada en alevines de Tilapia roja, se empleó un diseño completamente al azar (DCA), evaluando 5 tratamientos, con tres réplicas (tanque de 250 litros con 12 peces), cada réplica se tomó como una unidad experimental. En el cuadro 7, se mencionan los tratamientos evaluados y las variables de respuesta.

Cuadro 7. Tratamientos y variables de respuesta evaluados.

Tratamientos	Variables de respuesta
T1 (100% HP*)	<i>Digestibilidad aparente de nutrientes:</i> Materia seca (DAMS), proteína cruda (DAPC), extracto etéreo (DAEE)
T2 (75% HP + 25% PHC)	<i>Digestibilidad aparente de:</i> energía bruta (DAEB) y energía digestible aparente (EDA)
T3 (50% HP + 50% PHC)	<i>Absorción de minerales:</i> cenizas (AACEN), calcio (AACa), fósforo (AAP)
T4 (25% HP + 75% PHC)	<i>Índices de Palatabilidad:</i> índice de palatabilidad por consumo de pellets (IPCP), índice de palatabilidad de consumo de materia seca (IPCMS), porcentaje de alimento desperdiciado (% desperdicio)
T5 (100% PHC**)	

*Harina de pescado **Proteína hidrolizada concentrada

Fuente: Este estudio, 2023

Las variables de respuesta se analizaron aplicando un análisis de varianza ($P < 0,05$), se empleó la prueba de Tukey para la comparación de medidas, con un valor de $\alpha < 0,05$ como diferencia significativa para conocer cual o cuales de los tratamientos evaluados es el mejor. Para ello, se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9.4 y el programa CurveExpert profesional 2.6 para el análisis de regresión y correlación.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Durante el periodo de evaluación la mortalidad fue del 1,66%, la temperatura promedio del agua registrada fue de $26,8 \pm 0,7$ °C; pH de $6,6 \pm 0,9$; oxígeno disuelto $5,1 \pm 1,06$ mg/L. demanda química de oxígeno y demanda biológica de oxígeno fue de $1,5 \pm 0,0$ y $3,98 \pm 0,1$ mg/L respectivamente; la alcalinidad fue de $85,4 \pm 19,5$ mg/L $\pm 0,0$; nitritos $0,62 \pm 0,0$ mg/L; nitratos de $0,65$ mg/L y el amonio $0,1$ mg/L, estando estos valores acordes con los descritos por Vargas *et al.*, (2021) para alevines de tilapia.

4.1. DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES, ENERGÍA Y ABSORCIÓN DE MINERALES

En el cuadro 8, se ilustra los valores medios para digestibilidad de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, energía bruta, además se puede observar los valores en la absorción de los minerales como cenizas, calcio, fósforo, obtenidos en la evaluación de digestibilidad de dietas extruidas con proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en alevines de Tilapia roja (*Oreochromis spp*).

Cuadro 8. Valores medios de digestibilidad de nutrientes, energía y absorción de minerales.

VARIABLE	T1 (100% HP ^I)	T2 (75% HP + 25% PHC ^{II})	T3 (50% HP + 50% PHC)	T4 (25% HP + 75% PHC)	T5 (100% PHC)	ANOVA Pr>F
DAMS*	$95,74 \pm 0,46^C$	$94,48 \pm 0,84^D$	$96,53 \pm 0,19^C$	$97,53 \pm 0,19^B$	$98,04 \pm 0,02^A$	0,0001
DAPC**	$91,60 \pm 0,40^A$	$81,96 \pm 1,64^C$	$88,31 \pm 0,36^B$	$90,39 \pm 0,86^{AB}$	$91,52 \pm 0,63^A$	0,0001
DAEB***	$80,65 \pm 0,45^E$	$82,14 \pm 0,54^D$	$83,75 \pm 0,13^C$	$86,76 \pm 0,52^B$	$88,75 \pm 0,55^A$	0,0001
DAEE****	$82,39 \pm 0,30^D$	$85,62 \pm 0,83^C$	$86,87 \pm 0,52^C$	$89,46 \pm 0,89^B$	$91,51 \pm 0,94^A$	0,0001
AACEN*****	$51,56 \pm 0,65^B$	$51,05 \pm 1,03^B$	$52,48 \pm 0,06^B$	$54,19 \pm 0,06^A$	$55,13 \pm 0,07^A$	0,0001
AACa*****	$42,75 \pm 0,19^D$	$42,85 \pm 0,69^D$	$47,98 \pm 0,76^C$	$50,17 \pm 0,91^B$	$53,10 \pm 0,08^A$	0,0001
AAP*****	$54,07 \pm 0,06^E$	$55,7 \pm 0,31^D$	$58,15 \pm 0,49^C$	$64,01 \pm 0,89^B$	$68,78 \pm 0,72^A$	0,0001

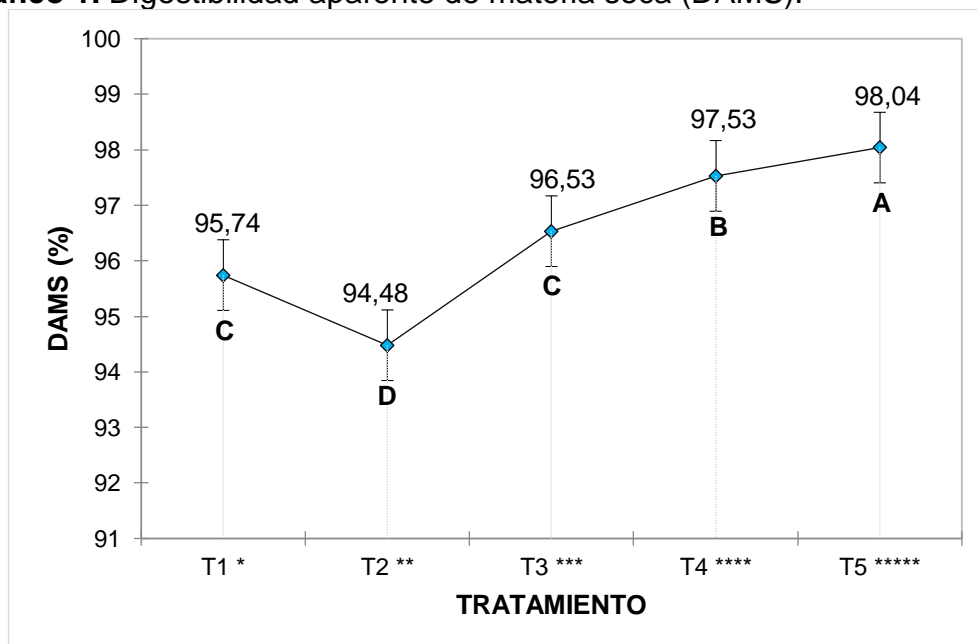
Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).

*Digestibilidad aparente de materia seca ** Digestibilidad aparente de proteína ***digestibilidad aparente de energía ****digestibilidad aparente de extracto etéreo ***** Absorción aparente de cenizas ***** Absorción aparente de calcio *****Absorción aparente de fosforó, ^I Harina de pescado, ^{II} Proteína hidrolizada concentrada.

Fuente: Este estudio, 2023

4.1.1. Digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS). El análisis de varianza (ANOVA) arrojó que se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0,0001$). Por medio de la prueba de promedios de Tukey se identificaron cuatro grupos (A, B, C y D) donde la mejor respuesta la mostró el tratamiento T5 (100% PHC) ubicado en el grupo A, seguido del tratamiento T4 (25% HP + 75% PHC) perteneciente al grupo B, en el grupo C se encuentran los tratamientos T3 (50% HP + 50% PHC) y T1 (100% HP), en el grupo D se encuentra el tratamiento T2 (75% HP + 25% PHC) siendo este el tratamiento con el menor valor de DAMS. Gráfico 1.

Gráfico 1. Digestibilidad aparente de materia seca (DAMS).



Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).
 *100% HP, **75% HP + 25% PHC, *** 50% HP + 50% PHC, **** 25% HP + 75% PHC, *****100%PHC.
 HP: Harina de pescado, PHC: Proteína hidrolizada concentrada
 Fuente: Este estudio, 2023

En esta investigación se obtuvo una alta DAMS, ya que los valores para todos los tratamientos estuvieron por encima del 94%, lo que indica que existe una gran cantidad de nutrientes contenidos en las dietas que pueden estar siendo aprovechados eficazmente por el animal, esto también se debe a que los hidrolizados presentan un valor alto de materia seca digestible (Perea *et al.*, 2022). Además los ácidos orgánicos, tales como el ácido fórmico pueden

contribuir al crecimiento de los peces, inhibir patógenos no deseados y mejorar la absorción de nutrientes mediante el aumento del epitelio de la mucosa gastrointestinal (Javid *et al.*, 2021), en consecuencia se obtiene un mejor aprovechamiento de los nutrientes y por ende una disminución en liberación de estos en las heces y así disminuir la contaminación del agua a causa de estas (Sierra *et al.*, 2018).

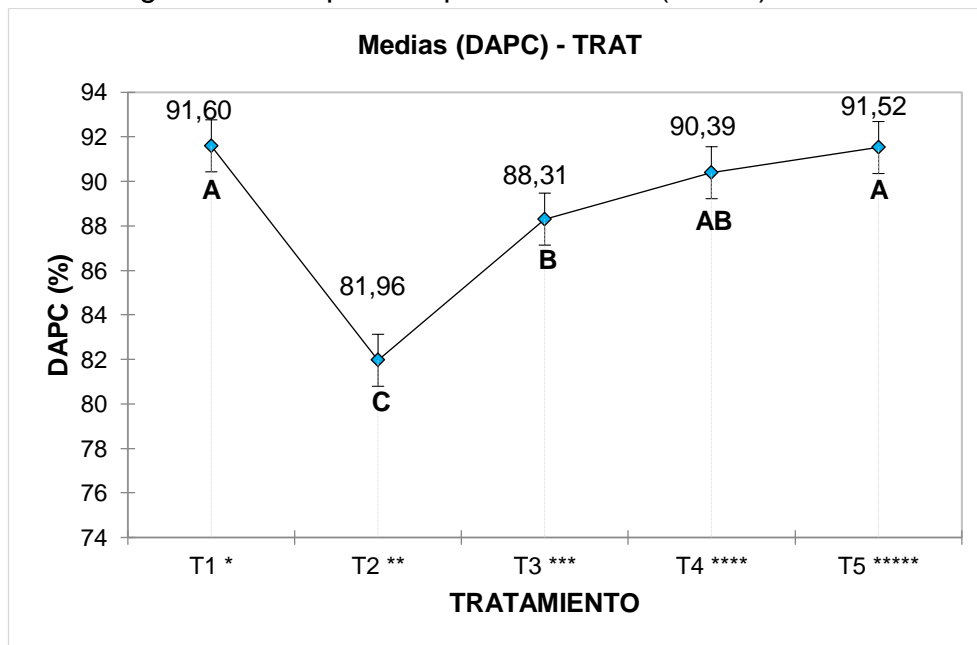
Los coeficientes de digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS) de este estudio (94,48% a 98,04%) fueron superiores a los obtenidos por Cardoso *et al.*, (2022) con digestibilidades de 83,69% y 89,59% con hidrolizados de hígado y carne de cerdo en *Oreochromis niloticus*. También fueron mayores a los obtenidos por Gunathilaka *et al.*, (2020) al evaluar hidrolizado de camarón o hidrolizado de tilapia al ser incluidas en porcentajes de 15%, 30% y 45% en dietas altas y bajas en harina de pescado para *Paralichthys olivaceus* con valores en la digestibilidad de la materia seca desde 63,6% hasta 72,7% obteniendo que la digestibilidad de la materia seca y la proteína de las dietas mejoró significativamente con la incorporación de los hidrolizados. Valores similares reportaron Soares *et al.*, (2020) al evaluar la inclusión de hidrolizado de subproductos avícolas e hígado porcino en dietas para camarón blanco del pacífico obtuvieron valores de digestibilidad de la materia seca de 75,73% y 86,24%. También Fontinha *et al.*, (2021) evaluaron el reemplazo de la harina de pescado por harina de subproductos avícolas en la alimentación de juveniles de dorada con resultados en la digestibilidad de la materia seca de 73,8% hasta 81,4%.

Lo anterior permite destacar que, la alta digestibilidad aparente de materia seca que presento la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, permite definirla como una materia prima de alto valor biológico para la alimentación de alevines de Tilapia roja.

4.1.2. Digestibilidad aparente de la proteína cruda (DAPC). El análisis de varianza (ANOVA) arrojó diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr > 0,0001$). La prueba de promedios de Tukey identificó tres grupos (A, B y C) donde los tratamientos con la mejor DAPC fueron T1 (100% HP) y T5 (100% PHC) pertenecientes al grupo A, el tratamiento T4 (25% HP + 75% PHC) que se encuentra en los grupos A y B, el tratamiento T3 (50% HP +

50% PHC) pertenece al grupo B y el tratamiento con la menor DAPC fue el T2 (75% HP + 25% PHC) ubicado en el grupo C. Gráfico 2.

Gráfico 2. Digestibilidad aparente proteína cruda (DAPC).



Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).

*100%HP, **75% HP + 25% PHC, *** 50% HP + 50% PHC, **** 25% HP + 75% PHC, *****100%PHC.

HP: Harina de pescado, PHC: Proteína hidrolizada concentrada

Fuente: Este estudio, 2023

Los resultados de este estudio permitieron evidenciar que tanto la harina de pescado (HP) como la proteína hidrolizada concentrada (PHC) presentan proteína altamente digestible. Sin embargo, al analizar los valores de digestibilidad en las dietas combinando estas dos materias primas, se observó que la DAPC aumentaba a medida que la proporción de PHC era mayor que la de HP. Esto puede estar dado a que la PHC presenta la proteína en formas más asimilables, ya que durante el proceso de hidrólisis ocurre un desdoblamiento estructural de moléculas en unidades de péptidos más pequeños y solubles, lo que nos lleva a inferir que el pez utiliza mejor la proteína que se encuentra de forma más asimilable (Hao *et al.*, 2020), cabe señalar además que las proteínas que no han pasado por proceso de hidrólisis necesitan a las proteasas del tracto digestivo para ser absorbidas, por el contrario las de bajo peso molecular como los péptidos se pueden absorber y utilizar directamente, lo que lleva a que haya un asincronismo en la tasa de

absorción entre los aminoácidos libres y los unidos a proteínas (Siddik *et al.*, 2021) siendo una posible razón del por qué el tratamiento T2 (75% HP + 25% PHC) con la menor sustitución de PHC, logró menores resultados en comparación con los demás, haciendo la salvedad de que un valor de digestibilidad del 81,96% se considera como aceptable para los resultados de digestibilidad de proteína.

De acuerdo con un estudio realizado por Dos Santos *et al.*, (2021) en tilapia del Nilo indican que el uso de proteínas hidrolizadas en alimentos comerciales puede aumentar su digestibilidad por su aporte de nutrientes, además de presentar potenciales bioactivos como antimicrobianos, antioxidantes y antiinflamatorios, entre otros beneficios. Favoreciendo la salud y el buen desarrollo de los peces. A su vez hay que mencionar que la hidrólisis es una alternativa en la agroindustria de residuos de alto valor proteico. Por otro lado Javaherdoust *et al.*, (2020) explica que los péptidos contenidos en el hidrolizado de vísceras de trucha participan en la digestión y absorción intestinal de los alimentos, ya que favorecen la secreción enzimática y de igual manera promueven el incremento de la micromorfología intestinal, tal como la altura del pliegue, altura de microvellosidades y circunferencia externa de la serosa, lo que amplía la superficie de absorción de nutrientes (Siddik *et al.*, 2018).

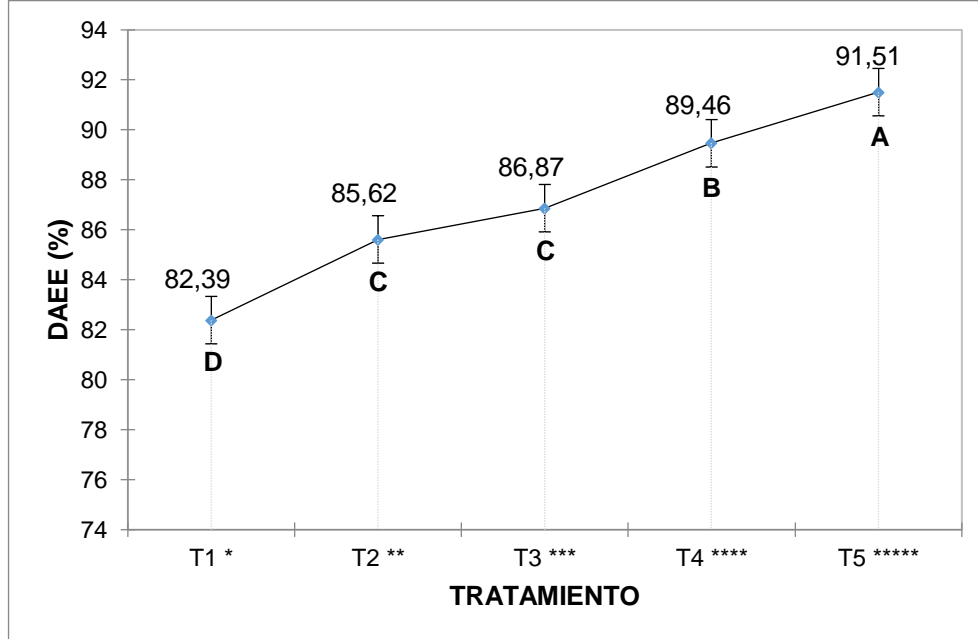
Al contrastar los resultados de este estudio con los obtenidos por Tran-Ngoc *et al.*, (2019) al evaluar el CDA de seis dietas con inclusión del 30% de proteínas de origen animal en alimentación de Tilapia del Nilo, obteniendo un porcentaje de digestibilidad de proteína cruda para el hidrolizado de harina de plumas de 87,4% siendo este resultado similar a los de este estudio. Así mismo, resultados semejantes también fueron reportados por Gunathilaka *et al.*, (2020) donde evaluaron la inclusión de hidrolizado de camarón o de tilapia en dietas bajas de harina de pescado para la especie carnívora lenguado oliva (*Paralichthys olivaceus*) donde los valores de DAPC estuvieron entre 82,1% al 89,4%, concluyendo que con estos hidrolizados se puede mejorar el crecimiento, el rendimiento de la utilización del alimento y la digestibilidad de la dieta. De igual manera resultados similares fueron reportados por Garcés *et al.*, (2021) al evaluar concentrado de proteína hidrolizada de residuos de animales en dietas para Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), obteniendo valores de la proteína cruda entre 86,80% al 89,4% logrando los

valores más altos al remplazar el 30% con hidrolizado de vísceras de origen animal. Por otra parte Perea *et al.*, (2021) estimaron la digestibilidad de proteína en dietas con hidrolizado de pollo, cerdo y trucha en Cachama blanca obteniendo valores entre 80,53% al 84,20% de DPC siendo estos resultados inferiores a los obtenidos en este estudio.

En consecuencia, los resultados de este estudio muestran que la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha por sus altos coeficientes de digestibilidad aparente, principalmente de proteína, es una materia prima que se puede incluir en la elaboración de dietas para alvines de tilapia, como principal fuente de proteína de origen animal o como sustituto de la haría de pescado.

4.1.3. Digestibilidad aparente del extracto etéreo (DAEE). El análisis de varianza (ANOVA) indicó que se presentaron diferencias significativas ($Pr > 0,0001$) entre los tratamientos. Con la prueba de promedios de Tukey se identificaron cuatro grupos (A, B, C y D) donde el tratamiento con mayor DAEE fue el T5 (100% PHC) ubicado en el grupo A, en el grupo B se encuentra el tratamiento T4 (25% HP + 75% PHC), en el grupo C se encuentran los tratamientos T3 (50% HP-50% PHC) y T2 (75% HP + 25% PHC), y por último en el grupo D está ubicado el tratamiento T1 (100% HP) siendo este el menor valor de DAEE. Gráfico 3.

Gráfico 3. Digestibilidad aparente del extracto etéreo (DAEE).



Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).

*100%HP, **75% HP + 25% PHC, *** 50% HP + 50% PHC, **** 25% HP + 75% PHC, *****100%PHC.

HP: Harina de pescado, PHC: Proteína hidrolizada concentrada

Fuente: Este estudio, 2023

A medida que se aumenta la sustitución de la harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada se obtiene una mayor digestibilidad del extracto etéreo, puesto que se ha encontrado que los hidrolizados no solo liberan péptidos y aminoácidos, sino que también ayudan a liberar ácidos grasos poliinsaturados que pueden ser absorbidos más fácilmente, en comparación con la grasa contenidas en la harina de pescado que se encuentran en su estado natural (Wu *et al.*, 2021). En este mismo sentido a los hidrolizados se les atribuyen la capacidad emulsionante que facilita la mezcla de la grasa en el agua, lo que contribuye a que las enzimas lipasas puedan actuar de una manera más eficientes sobre la digestión de las grasas (Javaherdoust *et al.*, 2020). Al hidrolizado ser rico en ácidos grasos, cuando estos entran al sistema digestivo de los peces se aumenta la liberación de colecistoquinina que tiene como función el estímulo de la vesícula biliar para la liberación de ácidos biliares y mejorar la secreción de enzimas digestivas pancreáticas (Li *et al.*, 2021) siendo todo lo anterior posibles razones que pueden explicar la alta digestibilidad del extracto etéreo obtenida en este estudio.

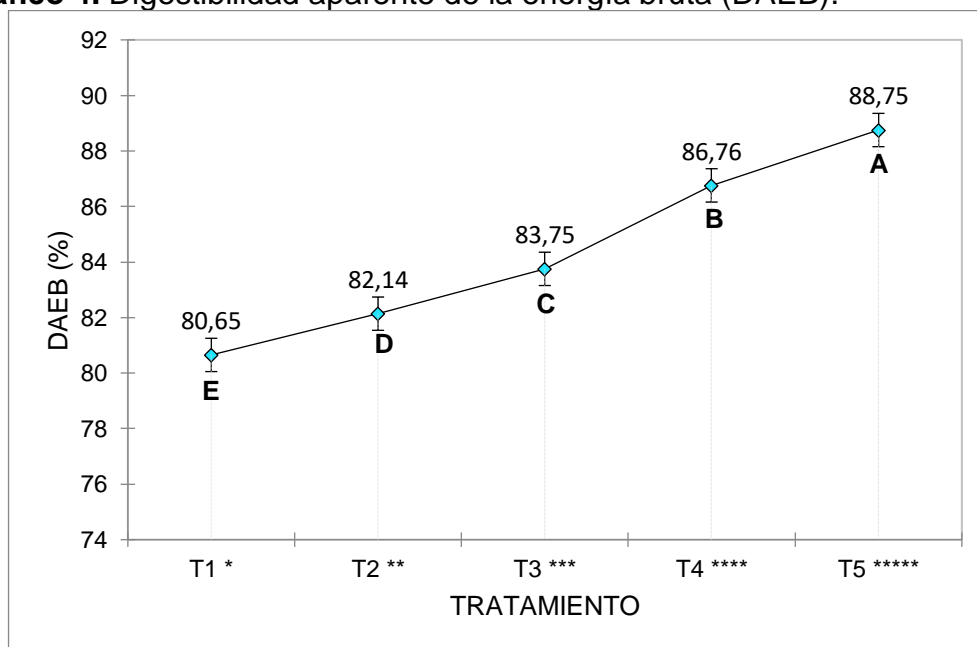
Los hidrolizados enteros de vísceras de trucha tienen un alto contenido de extracto etéreo, siendo este un limitante para lograr un alto reemplazo de la harina de pescado en las dietas por su efecto extracalórico, como se ha evidenciado en estudios anteriores, donde este se puede incluir solo hasta un 20% en juveniles de tilapia sin afectar las digestibilidades de los nutrientes y minerales (Perea, 2016; Vega & Miticanoy, 2021) y hasta un 30% en Cachama blanca (Garcés *et al.*, 2021). No obstante, en este estudio al someter el hidrolizado a una separación mecánica para concentrar la proteína se extrajo la mayor cantidad de grasa; debido a lo cual esta no fue una limitante y se evidenció un aumento en la DAEE reemplazando totalmente la harina de pescado en la dieta.

Ahora bien, al comparar los resultados de DAEE obtenidos en este estudio se demostró que los valores son superiores a los reportados por Hao *et al.*, (2020) con digestibilidades desde el 33,76% hasta 88,79% al incluir hidrolizado enzimático de subproductos avícolas en dietas para rodaballo (*Scophthalmus maximus*) con niveles de sustitución de la harina de pescado de 16%, 32%, 48% y 64%; obteniendo una disminución en la digestibilidad, inhibición de la síntesis de ácidos grasos y aumento en el catabolismo de lípidos en el cuerpo a medida que se aumentaba el porcentaje del hidrolizado. En otro estudio realizado por Hekmatpour *et al.*, (2018) evaluaron sustitución de la harina de pescado por harina de subproductos avícolas (0, 15, 25, 35, 45 y 55%) en dietas para juveniles de dorada (*Sparidentex hasta*); donde los valores de DAEE oscilaron entre 85,67% (reemplazo de 55%) y 93,33% (reemplazo 15%) atribuyendo estos resultados al alto contenido de grasa de la harina de subproductos avícolas provocando una variación en la actividad de la lipasa digestiva. Los resultados de este estudio también fueron superiores a los reportados por Aranibar-Aranibar *et al.*, (2020) con DAEE de 70,0% y 70,4% de hidrolizados de piel de ovino y alpaca respectivamente en la alimentación de juveniles de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Dado lo anterior, la fracción lipídica presente en la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha no solo proporciona material energético, sino que también contribuye en una variedad de procesos fisiológicos en los peces.

4.1.4. Digestibilidad aparente de la energía bruta (DAEB). Con el análisis de varianza (ANOVA) se pudo observar diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0,0001$) para la variable DAEB. Por medio de la prueba de promedios de Tukey se identificaron cinco grupos (A, B, C, D y E) donde la mejor respuesta la mostró el tratamiento T5 (100% PHC) ubicado en el grupo A, seguido del tratamiento T4 (25% HP +75% PHC) en el grupo B, el tratamiento T3 (50% HP + 50% PHC), en el grupo C, el tratamiento T2 (75% HP + 25% PHC) perteneciente al grupo D y el tratamiento con el menor valor de DAEB en el grupo E fue el T1 (100% HP). Gráfico 4 y cuadro 9.

Gráfico 4. Digestibilidad aparente de la energía bruta (DAEB).



Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).
 *100%HP, **75% HP + 25% PHC, *** 50% HP + 50% PHC, **** 25% HP + 75% PHC, *****100%PHC.
 HP: Harina de pescado, PHC: Proteína hidrolizada concentrada
 Fuente: Este estudio, 2023

Cuadro 9. Energía digestible aparente de las dietas experimentales.

TRATAMIENTOS	ENERGÍA BRUTA (Kcal/Kg MS ^{***})	DISTESTIBILIDA DE LA ENERGÍA (%)	ENERGÍA DIGESTIBLE APARENTE (EDA) (Kcal/Kg MS)
T1 (100%HP*)	3102,12	80,65%	2501,86
T2 (75% HP + 25%PHC**)	3102,12	82,14%	2548,08

T3 (50%HP+ 50% PHC)	3102,12	83,75%	2598,03
T4 (25%HP + 75% PHC)	3102,12	86,76%	2691,40
T5 (100%PHC)	3102,12	88,75%	2753,13

*Harina de pescado, ** Proteína hidrolizada concentrada, ***Materia seca.

Fuente. Este estudio 2023

Según los resultados obtenidos la digestibilidad aparente de la energía bruta es mayor a medida que el porcentaje de sustitución de la harina de pescado aumenta, obteniendo el mejor valor de digestibilidad con el remplazo del 100%. Una posible razón es que se ha demostrado que los peces utilizan como principal fuente de energía las proteínas y lípidos en lugar de los carbohidratos, y al encontrarse en una forma más disponibles en las dietas, hay un uso más eficiente de estos (Alves & Meurer, 2021). Por otro lado, en la proteína concentrada existe un gran porcentaje de aminoácidos libres, en los que pueden estar el aspartato, glutamato y glutamina que son fuentes importantes de energía, ya que estos se oxidan en el intestino para la producción de ATP, que posteriormente será utilizado para el funcionamiento del hígado, riñones y músculo esquelético. Se debe agregar, que otra fuente importante de energía para los peces son los ácidos grasos que también están presentes en la proteína hidrolizada, estos pasan por el proceso de oxidación- β para la producción de ATP, donde el acil-CoA graso de cadena larga se transforma en acetil-CoA en las mitocondrias, dando como resultado un mayor aporte de kcal/kg que de las provenientes de las proteínas y carbohidratos (Li *et al.*, 2021).

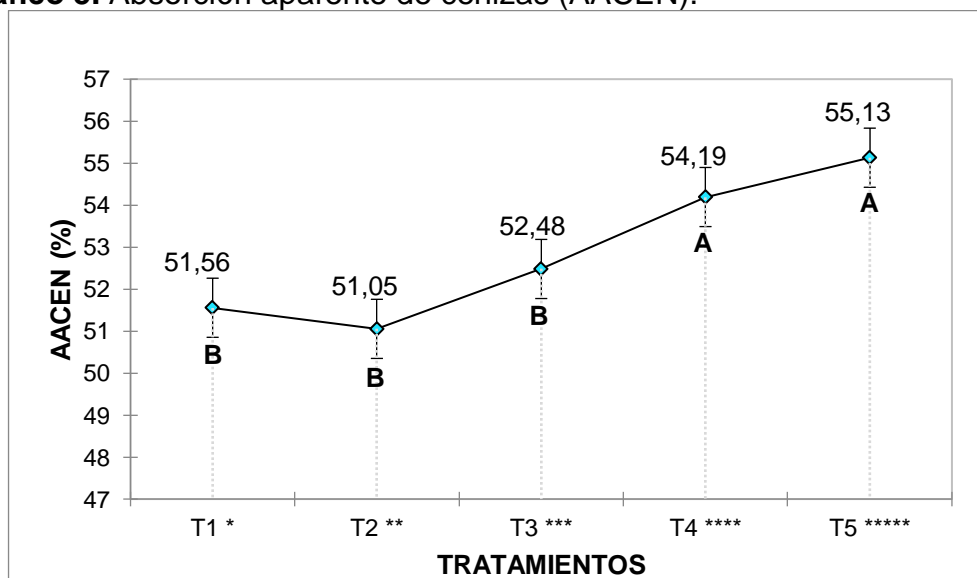
Las especies omnívoras como es el caso de la Tilapia utilizada en este estudio utilizan la energía más eficientemente en comparación con otras especies como las carnívoras y filtradoras (Alves & Meurer, 2021). Lo que puede ser un indicador que está directamente relacionado con la buena digestibilidad aparente de la energía presentada en este estudio.

Al contrastar los resultados de DAEB de este estudio, estos son mayores a los obtenidos por Sayed *et al.*, (2021) en el cual se emplearon seis dietas con inclusiones del 0% hasta un 100% en el reemplazo de la harina de pescado por subproductos avícolas con DAEB de 72,82% a 82,08%, donde se obtuvo que se puede reemplazar hasta un 60% sin afectar la DAEB en juveniles de gran esturión (*Huso huso*). Los resultados de este estudio también fueron

superiores a los reportados por Aranibar-Aranibar *et al.*, (2020) con DAEB de 73,03 y 74% de hidrolizados de piel de ovino y alpaca respectivamente en la alimentación de juveniles de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Por otro lado, resultados similares a los de este estudio fueron reportados por Dos Santos *et al.*, (2021) con DAEB de 79,53% a 96,32% al reemplazar el 20% de la harina de pescado por hidrolizados de subproductos de matanza de aves y cerdos en la alimentación de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y resultados superiores fueron los obtenidos por Cardoso *et al.*, (2022) con valores de DAEB de 92,37% y 96,76% al reemplazar el 20% de la dieta con hidrolizado de hígado y carne porcina en la alimentación de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*).

4.1.5. Absorción aparente de cenizas (AACEN). El análisis de varianza (ANOVA) arrojó diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr > 0,0001$). La prueba de promedios de Tukey dio como resultado dos grupos (A y B) donde la mejor respuesta la mostraron los tratamientos T5 (100% PHC) y T4 (25% HP + 75% PHC) en el grupo A, seguidos por los tratamientos T3 (50% HP + 50% PHC), T1 (100% HP) y T2 (75% HP + 25% PHC) siendo estos estadísticamente iguales en AACEN, pertenecientes al grupo B. Gráfico 5.

Gráfico 5. Absorción aparente de cenizas (AACEN).



Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).

*100%HP, **75% HP + 25% PHC, *** 50% HP + 50% PHC, **** 25% HP + 75% PHC, *****100%PHC.

HP: Harina de pescado, PHC: Proteína hidrolizada concentrada

Fuente: Este estudio, 2023

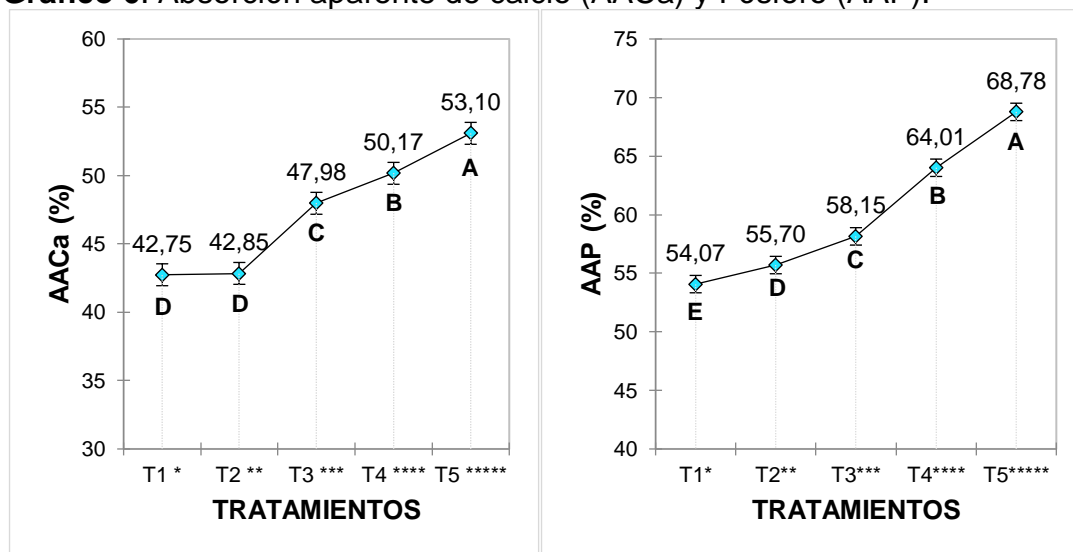
Los resultados obtenidos nos indican que hubo una buena AACEN por parte de los peces, teniendo en cuenta que los tratamientos T5 y T4 con mayor valor de AACEN eran los que presentaban mayor porcentaje de sustitución de la harina de pescado, es posible que esto se dé por el uso de ácidos orgánicos en la preparación del hidrolizado, ya que según Perea *et al.*, (2022) estos ácidos mejoran la solubilidad y aprovechamiento de los minerales por parte de los peces, dado que durante el proceso de hidrólisis se realiza un fraccionamiento de los nutrientes y minerales, a fin de que cuando estos entran al tracto digestivo del animal, se encuentran en formas más asimilables. Habría que mencionar también que los ácidos orgánicos presentes en proteína hidrolizada concentrada contribuyen a disminuir el pH intestinal, lo cual permite la formación de enlaces con cationes que actúan como agentes quelantes a lo largo del intestino, repercutiendo en una mejor absorción de los minerales (Javid *et al.*, 2021).

Resultados inferiores fueron reportados por Garcés *et al.*, (2021) donde evaluaron un concentrado proteico hidrolizado de residuos animales como alternativa de alimentación en *Piaractus brachypomus*, con valores de AACEN de 40,99% a 45,17%. Así mismo Tranc-Ngoc *et al.*, (2019) obtuvieron resultados inferiores en absorción aparente de cenizas de 50,7% y 32,3% al evaluar la inclusión del 30% de granos secos de destilería con solubles y harina de plumas hidrolizada, en dietas para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). No obstante valores superiores a los de este estudio fueron obtenidos por Javaherdoust *et al.*, (2020) donde evaluaron el efecto de hidrolizado de proteína visceral de trucha arcoíris en juveniles de *Oncorhynchus mykiss* con resultados de AACEN de 66% a 69%. Valores superiores también fueron reportados por Vicalpoma, (2021) donde determinar la digestibilidad aparente de la harina de pescado para Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*) obteniendo una digestibilidad de cenizas de 67,42%.

Con relación a lo anterior, se resalta que la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha constituye una buena alternativa para la alimentación de alevines de tilapia, debido al contenido de minerales en formas de fácil asimilación por parte de los peces.

4.1.6. Absorción aparente del calcio (AACa) y Fósforo (AAP). El análisis de varianza (ANOVA) permitió observar diferencias significativas entre los tratamientos ($P > 0,0001$). Para la AACa la prueba de promedios de Tukey identificó cuatro grupos (A, B, C y D) donde la mejor respuesta la mostró el tratamiento T5 (100% PHC) perteneciente al grupo A, seguido del tratamiento T4 (25% HP + 75% PHC) ubicado en el grupo B y el tratamiento T3 (50% HP + 50% PHC) en el grupo C, los tratamientos con menores valores de AACa fueron T2 (75% HP + 25% PHC) y T1 (100%HP) pertenecientes al grupo D. Con respecto a AAP la prueba de promedios de Tukey identificó cinco grupos (A, B, C, D y E) donde el tratamiento ubicado en el grupo A con mayor valor de AAP fue el T5 (100% PHC), seguido de T4 (25% HP + 75% PHC) en el grupo B, T3 (50% HP + 50% PHC) en el grupo C y T2 (75% HP + 25% PHC) en el grupo D respectivamente y en el grupo E se encuentra T1 (100% HP), siendo el menor valor de AAP. Gráfico 6.

Gráfico 6. Absorción aparente de calcio (AACa) y Fósforo (AAP).



Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).
 *100%HP, **75% HP + 25% PHC, *** 50% HP + 50% PHC, **** 25% HP + 75% PHC, *****100%PHC.
 HP: Harina de pescado, PHC: Proteína hidrolizada concentrada
 Fuente: Este estudio, 2023

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se infiere que hubo una buena absorción aparente de calcio y fósforo, donde estas aumentaban a medida que las dietas contenían mayor cantidad de proteína hidrolizada concentrada. Ahora bien, el fósforo en algunas materias primas con las que se elaboraron

las dietas se encuentran en forma de fitatos, como es el caso de las materias vegetales y en la harina de pescado se encuentra como un complejo insoluble Ca-P, llamado hidroxapatita, por lo que estos compuestos hacen que el fósforo y el calcio estén menos disponible y sea difícil absorberlos por parte de los peces, dado a esto los minerales como el Ca y P deben ser suplementados por medio de fosfatos monocálcicos y dicálcicos (Lall & Kaushik, 2021) en algunos casos estos compuestos generan una descarga de P en el agua, lo que provoca contaminación y proliferación de algas y fitoplancton, reduciendo el oxígeno disuelto. Javid *et al.*, (2021) plantean que algunos ácidos orgánicos ayudan mejorar la disponibilidad del P y Ca dietético, entre ellos se encuentra el ácido fórmico utilizado en este estudio en la obtención de la proteína hidrolizada concentrada, por lo que el P y Ca contenido en esta se encontraba en una forma más asimilable para los peces, siendo esto una posible explicación de que la AACa y AAP en las dietas que tenían esta proteína fue más eficiente en comparación con la dieta control que contenía solo la harina de pescado.

Resultados superiores a los de este estudio para la AACa fueron obtenidos por Frei *et al.*, (2021) al evaluar harina de pescado marino, harina de subproductos de tilapia y harina de subproductos avícolas obteniendo valores de AACa de 58,8%, 56,69%, 60,08% respectivamente al alimentar *Rhamdia voulezi*. Valores inferiores fueron reportados por Perea *et al.*, (2022) al evaluar hidrolizados enzimáticos de origen animal en alimentación de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con resultados de AACa de 23,0% hasta 38,86%. Por otro lado, resultados similares a los de este estudio fueron reportados por Li *et al.*, (2019) al evaluar dietas bajas en fósforo y sin harina de pescado en tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) encontrando valores de AACa de 40,4% hasta 51,4%.

En un estudio similar evaluaron el efecto de remplazar la harina de pescado por harina de subproductos avícolas en juveniles de *Sparus aurata*, formulando seis dietas con inclusión de 0 a 37,5% obteniendo AAP desde 79,4 a 83,8% siendo estos resultados superiores a los de este estudio (Fontinha *et al.*, 2021). Por otro lado, Javid *et al.*,(2021) evaluaron la suplementación con ácidos orgánicos (AO) y fosfatos dicálcicos en dietas para alevines de *Labeo rohita*, obteniendo los valores más altos de AAP en las dietas con AO (66,60% - 66,72%). Resultados semejantes obtuvieron Frei *et al.*, (2021) al

evaluar diferentes materias primas proteicas de origen animal en la alimentación de bagre plateado *Rhamdia voulezi* con valores de AAP de 65,05 % y 63,87% para harina de sangre y harina de plumas respectivamente.

Teniendo en cuenta lo anterior, la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha constituye una fuente de minerales de alto valor, dado a la utilización de ácidos orgánicos en su elaboración, lo que implica una disminución de materias primas que suplementen estos en las dietas.

4.2. PALATABILIDAD Y PORCENTAJE DE DESPERDICIO DE DIETAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA

Para llevar a cabo lo descrito en la metodología se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y así establecer si existe diferencia entre los tratamientos y la prueba de promedios de Tukey. En el cuadro 10 se muestran los valores medios del índice de palatabilidad por consumo de pellets (IPCP), el índice de palatabilidad por consumo de materia seca (IPCMS) y el porcentaje de desperdicio de alimento.

Cuadro 10. Valores medios de los índices de palatabilidad.

VARIABLE	T1	T2	T3	T4	T5	ANOVA
	(100% HP*)	(75% HP + 25% PHC**)	(50% HP + 50% PHC)	(25% HP + 75% PHC)	(100% PHC)	Pr > F
IPCMS*** (%)		3,37 ± 0,19 ^A	2,40 ± 0,21 ^B	1,66 ± 0,06 ^C	-2,12 ± 0,45 ^D	0,0001
IPCP**** (%)		8,12 ± 0,42 ^A	2,74 ± 0,28 ^B	2,41 ± 0,28 ^B	-3,54 ± 0,33 ^C	0,0001
Desperdicio (%)	8,40 ± 0,33 ^A	3,32 ± 0,28 ^B	5,08 ± 0,13 ^C	6,26 ± 0,06 ^D	11,06 ± 0,53 ^E	0,0001

Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$)

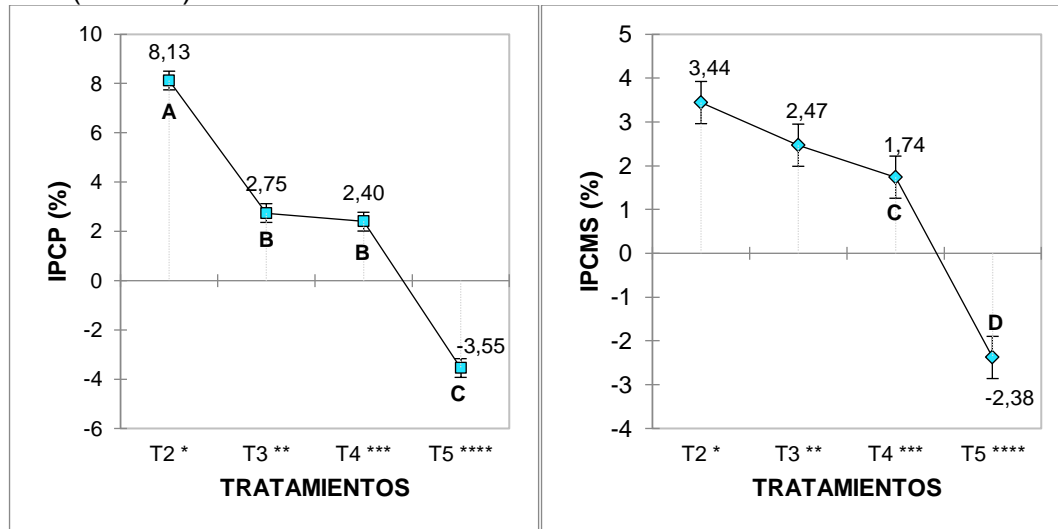
*Harina de pescado, ** Proteína hidrolizada concentrada, *** índice de palatabilidad por consumo de materia seca, ****índice de palatabilidad por consumo de pellets

Fuente: Este estudio, 2023

El análisis de varianza (ANOVA) arrojó diferencias significativas ($Pr > F = 0,0001$) entre los tratamientos para todas las variables. A través de la prueba de promedios de Tukey se estableció que el T2 (75% HP + 25% PHC)

fue el mejor tratamiento en cuanto al índice de palatabilidad, seguido por T3 (50%HP + 50%PHC), T4 (25%HP+ 75%PHC) y T5 (100%PHC). Gráfico 7.

Gráfico 7. índices de palatabilidad por consumo de pellets (IPCP) y materia seca (IPCMS)



Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).

*75% HP + 25% PHC, ** 50% HP + 50% PHC, *** 25% HP + 75% PHC, ****100%PHC.

HP: Harina de pescado, PHC: Proteína hidrolizada concentrada

Fuente: Este estudio, 2023

Los resultados en los índices de palatabilidad muestran que la harina de pescado en las dietas puede ser remplazada con la proteína hidrolizada concentrada hasta un 75%, ya que hasta este nivel de sustitución se prestan valores positivos. Esto se asocia a la cantidad de aminoácidos libres y péptidos de bajo peso molecular, que están relacionados con enviar señales químiorreceptoras al subsistema gustativo intraoral del animal comprendido por (branquias, cavidad oral, faringe y esófago) que está asociado con la determinación de la palatabilidad ya que es donde se establece si el alimento será aceptado o rechazado por los peces (Devitsina & Golovkina, 2020). No obstante, los aminoácidos que actúan como estimulantes no son los mismos en todas las especies de peces. Por otra parte, con una sustitución del 100% con PHC la palatabilidad es baja, esto puede estar dado por la presencia de péptidos con grupos de aminoácidos hidrófobos voluminosos hacia su c-terminal (Triptófano, fenilalanina, tirosina, valina y leucina) en la proteína concentrada, a los que se les atribuye sabores amargos (Idowu & Benjakul, 2019). La amargura de los péptidos también se relaciona con el grado de hidrólisis, peso molecular, tipo de enzima utilizada y secuencia de aminoácidos; los péptidos hidrófobos constan de dos unidades funcionales

denominada unidad de unión (BU) y estimulador (SU) que encajan perfectamente en los receptores de sabor amargo, cuando estas dos unidades coexisten en un mismo péptido la percepción del amargo aumenta. Sin embargo, en grados de hidrólisis menores donde los péptidos se encuentren más grandes, las proteínas no pueden vincularse con los receptores, por lo tanto el amargor no puede ser percibido (Fu *et al.*, 2019).

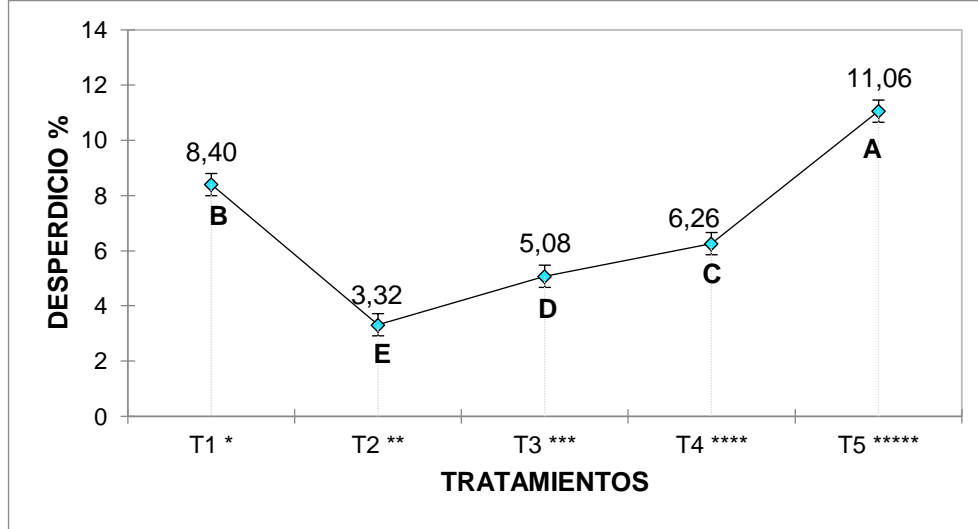
En estudios donde se han evaluado la atracción y palatabilidad de hidrolizados en alimentos para peces, han obtenido resultados positivos con ciertos niveles de inclusión como por ejemplo Alves *et al.*, (2019) evaluó la palatabilidad de dietas con hidrolizados de aves y de cerdos en la tilapia del Nilo, donde estas aumentaron en un 10% la palatabilidad en consumo de pellets comparadas con la dieta control que contenía harina de pescado. En otro estudio realizado por Oliveira *et al.*, (2022) al evaluar dietas con inclusión de harina de pescado y un 5% de diferentes fuentes de proteína hidrolizada para juveniles de *Betta splendens*, donde aumentó hasta en un 17% la palatabilidad de las dietas con esta sustitución. De la misma manera Hattori *et al.*, (2021) determinó el atractivo y la palatabilidad de hidrolizado de proteínas líquidas (mucosa porcina, avícola e hidrolizado comercial) en alevines de *Salminus brasiliensis* reemplazando en un 5% la harina de pescado, obteniendo un 8,2% de aumento en la palatabilidad de las dietas con inclusión de la mucosa porcina y 0,61% para el hidrolizado comercial en relación a la harina de pescado.

A la hora de reemplazar una materia prima proteica como la harina de pescado, es importante estimar que tan palatable puede llegar a ser y en qué cantidades se puede utilizar sin que se afecte el consumo por parte del animal, ya que ésta lo afecta directamente así como también a la digestibilidad, puesto que un alimento que sea poco agradable para el pez conlleva a la disminución en su ingesta, provocando una alteración en el adecuado desarrollo de los animales y una gran cantidad de alimento desperdiciado. Por lo tanto, estos factores se convierten en indispensables a la hora de realizar evaluaciones de materias primas no convencionales para la alimentación de peces, tal es el caso de Al-soutia *et al.*, (2019) que evaluó la atractabilidad y palatabilidad de las dietas al reemplazar la harina de pescado en un 20, 35 y 50% con harina de plumas y harina de algas en un 20 y 35%, en juveniles de *Sparus aurata*, donde la harina de algas resultaron más atrayentes y palatables y la harina de plumas fue menos atrayente y palatable con respecto a la dieta control. De la

misma manera Terrey *et al.*, (2021) evaluó la palatabilidad en *Litopenaeus vannamei* del hidrolizado de proteína de insectos, harina de calamar y aceite de krill, donde estos dos últimos son ingredientes comerciales más usados para mejorar la palatabilidad en las dietas para la alimentación de camarones obteniendo como resultado que las dietas con el 1 y 2% de proteína de insecto son más palatables que la dieta control y las dietas con harina de calamar y aceite de krill no presentaron diferencias significativas con la dieta control, estos resultados se le atribuyen al alto contenido de aminoácidos libres presentes en el hidrolizado y a la solubilidad en el agua en comparación con la harina de calamar. Por otra parte, Tola *et al.*, (2022) estudió los efectos de reemplazar la harina de pescado con hidrolizado de atún en la Lubina asiática *Lates calcarifer* empleando dos dietas, un alta en harina de pescado (HFM) y otra baja en harina de pescado reemplazando el 55% de esta con harina de soya y el 2,5% de hidrolizado de atún (LFM+TH) obteniendo como resultado que el 2,5% de TH contribuye a mejorar la palatabilidad de las dietas bajas en harina de pescado logrando así reemplazar esta hasta un 55% HFM sin que se afecte el consumo de alimento y el crecimiento de la Lubina asiática. Generalmente estos estudios se realizan en especies carnívoras ya que se asocian a que estas presentan preferencias gustativas específicas, por lo tanto, evaluaciones en especies omnívoras como la tilapia son muy escasas y por ello es complicado definir sus preferencias alimentarias con relación al sabor (Levina *et al.*, 2021).

4.2.1. Porcentaje de alimento desperdiciado. Adicionalmente al estudio de palatabilidad se determinó el porcentaje de alimento desperdiciado. El análisis de varianza (ANOVA) arrojó diferencias significativas ($Pr > F = 0,0001$) entre los tratamientos para todas las variables. La prueba de promedios de Tukey estableció cinco grupos (A, B, C, D y E). Gráfico 8.

Gráfico 8. Porcentaje de desperdicio de alimento.



Las medias con letra diferente indican diferencia significativa entre los tratamientos ($\alpha < 0,05$).
*100% HP, **75% HP + 25% PHC, *** 50% HP + 50% PHC, **** 25% HP + 75% PHC, *****100% PHC.
HP: Harina de pescado, PHC: Proteína hidrolizada concentrada
Fuente: Este estudio, 2023

Se puede decir que el tratamiento T5 presentó el mayor valor en desperdicio con un 11,06% seguido del T1 con un 8,39%; todo esto se relaciona a lo observado durante el ensayo ya que los peces al ser alimentados con estos tratamientos mostraron un leve comportamiento ansioso por comer, poco después de suministrarle los primeros pellets se observaba inapetencia lo que se relaciona al rechazo y la poca palatabilidad de la dieta, por el contrario con los tratamientos T4, T3 y T2 con unos porcentajes de desperdicio de 6,26%, 5,07% y 3,32% respectivamente, siendo menores a la dieta control, se podía observar un comportamiento de captura rápida de los pellets, evidenciando una alta aceptabilidad por parte de los peces, esto conlleva a que el alimento permanezca menos tiempo suspendido en el agua generando residuos y lixiviados que pueden llegar a ser contaminantes (Oliveira *et al.*, 2022).

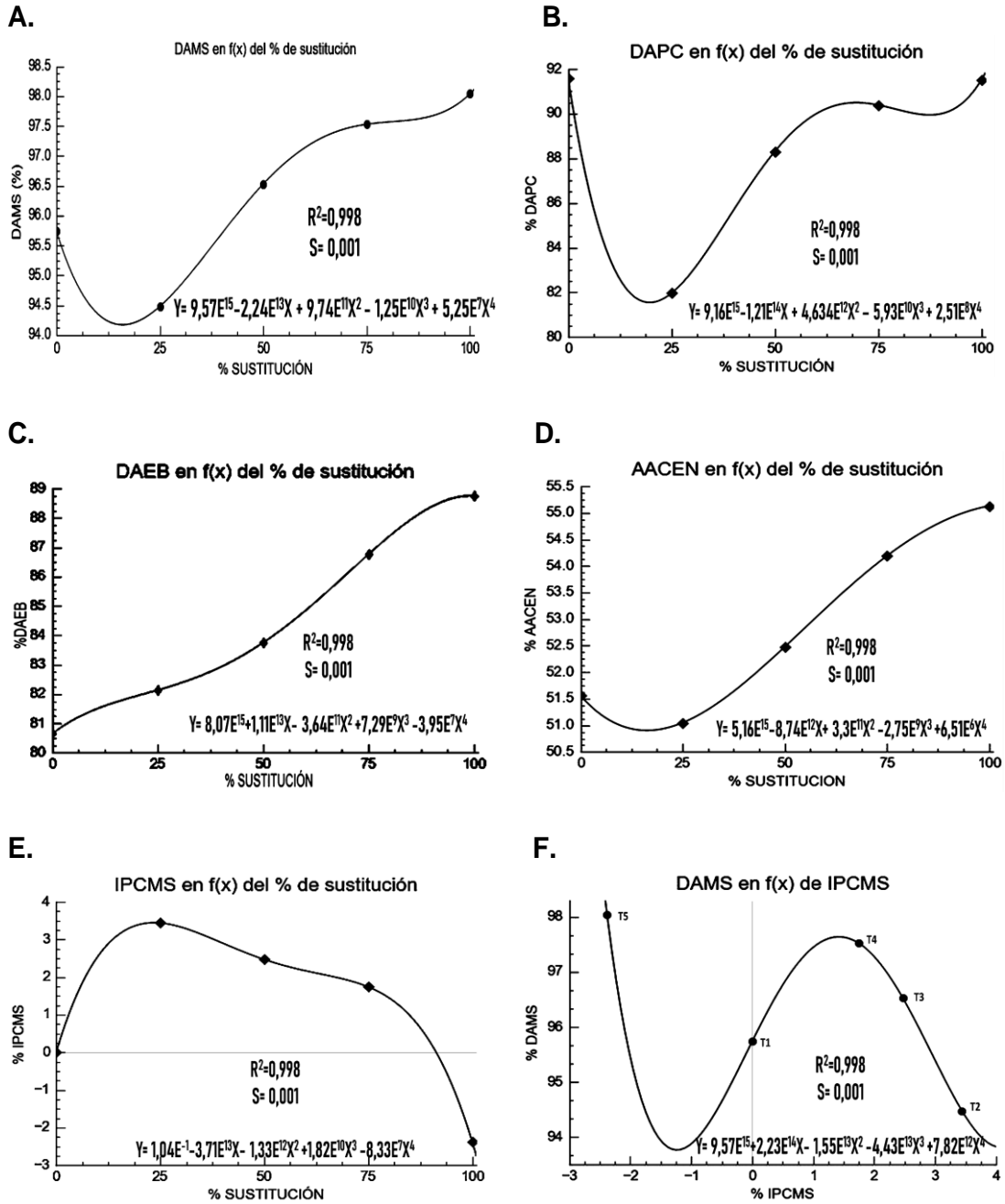
Por otra parte Pérez, (2020) menciona que para evitar la contaminación del agua a causa del desperdicio de alimento, y por ende disminuir los costos operativos, los peces deben congregarse adecuadamente para consumir el alimento de manera rápida. Esto se logra con el uso de sustancias atrayentes, tales como los aminoácidos libres presentes en la proteína hidrolizada concentrada ya que pueden ser detectados por el sistema olfativo de los

peces, provocando un comportamiento impulsivo al momento de la alimentación (Cardoza *et al.*, 2021).

4.3 ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN DEL EFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA SOBRE LA DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y LA PALATABILIDAD.

En el gráfico 9 (A, B, C, D, E, F) se puede observar la correlación del nivel de sustitución de HPC con DAMS, DAPC, DAEB, AACEN, IPCMS y la DAMS con respecto al IPCP. Donde el modelo que mejor se ajustó a todas las funciones fue polinomial de cuarto grado ($y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$). Los coeficientes de correlación (Spearman) arrojaron correlación positiva para DAMS (R=0,90), AACEN (R=0,90) y DAEB (R=1); correlación negativa para IPCMS (R=-0,40) y no se observó correlación con DAPC (R=0); todos estos con respecto al porcentaje de sustitución de PHC. Por otro lado, la correlación entre DAMS y IPCMS fue negativa (R=-0,70).

Gráfico 9. Correlación de CDA en función del % de sustitución e índice de palatabilidad de PHC



Fuente: Este estudio, 2021

Se pudo observar que la sustitución con PHC se puede dar hasta niveles del 75%, presentando valores altos en la digestibilidad de nutrientes y un índice de palatabilidad por encima del control, lo que indica un uso más eficiente del

alimento suministrado. Los gráficos de correlación E y F nos llevan a inferir que se podría llegar a sustituir hasta un 90% con PHC sin que se afecte el consumo de alimento, es decir tener comportamientos de alimentación similares al control, con valores de digestibilidad de materia seca por encima del 95%; ya que niveles de sustitución por encima de este valor, muestran índices de palatabilidad negativos, lo que se asocia a una mayor concentración de grupos hidrofóbicos, causantes del amargor. A su vez esto se relaciona con el alto grado de hidrólisis ($50,67 \pm 2,57\%$), dado que a medida que se aumenta esta, la degradación de la proteína será mayor y por ende la presencia de péptido hidrofóbicos también aumenta (Idowu & Benjakul, 2019).

Los alimentos con baja palatabilidad provocan una disminución en la ingesta de alimento, por lo que el crecimiento adecuado de los peces se ve afectado, considerando que un número excesivo de aminoácidos y péptidos de cadena corta presentes en los hidrolizados causan la saturación de los mecanismos de transporte de péptidos. Así como también una mayor presencia de aminoácidos libres aumentará los procesos de oxidación de estos y una reducción en la retención de proteínas (Siddik *et al.*, 2021).

Se debe agregar que la proteína hidrolizada concentrada, posee características fisicoquímicas como solubilidad mejorada y capacidad emulsionante que favorecen la ingesta de nutrientes (Patekar *et al.*, 2023) lo que se ve reflejado en la correlación positiva en las digestibilidades a medida que las proporciones de sustitución con PHC aumentaba. Siddik *et al.*, (2021) argumentan que la alta fragmentación de las proteínas, con grupos polares ionizables en su superficie aumenta la formación de enlaces de hidrógeno con moléculas de agua facilitando la asimilación de las proteínas y la estimulación de los canales de transporte de péptidos. Por otro lado, Pham *et al.*, (2022) indican que los hidrolizados al ser proporcionados en niveles apropiados en las dietas pueden mejorar la inmunidad innata de los peces contra microorganismos patógenos; Dai *et al.*, (2020) especifica que la actividad de la lisozima sérica aumentó significativamente con la inclusión de hidrolizados en dietas para lobina americana (*Micropterus salmoides*) teniendo en cuenta que la lisozima sérica está compuesta por albúmina e inmunoglobulina, lo que indica un efecto inmunoestimulador de las proteínas hidrolizada.

5. CONCLUSIONES

La proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha puede emplearse de manera eficiente en la elaboración de dietas para alevines de tilapia, debido a los altos valores de digestibilidad aparente de la materia seca (98,04%) proteína cruda (91,52%) extracto etéreo (91,51%) energía bruta (88,75%) y energía digestible (3993.8 Kcal/Kg MS) siendo una alternativa de alto valor biológico como fuente proteica de origen animal.

Los altos coeficientes de absorción aparente de los minerales indican que la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, contribuyen a la solubilidad y aprovechamiento de estos, haciéndolos más asimilables al momento de entrar al tracto digestivo permitiendo su rápida absorción. Evidenciando que los procesos de hidrólisis de residuos de faenamiento de peces es una alternativa eficiente para obtención de materias primas con alto valor nutricional y ambientalmente responsables.

La proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (con grado de hidrólisis 50,67%) puede ser utilizada de manera eficaz en el remplazo de la harina de pescado hasta un 75%, teniendo valores positivos en los índices de palatabilidad, comportamiento de alimentación y una disminución en el desperdicio de alimento. Por lo tanto, los hallazgos de este estudio podrían ayudar al desarrollo de alimentos acuícolas rentables para la alimentación de alevines de Tilapia roja y contribuir a mitigar el impacto ambiental generado por los residuos de faenamiento.

Teniendo en cuenta la regresión y correlación entre la digestibilidad aparente de la materia seca y el índice de palatabilidad se concluye que se podría llegar a sustituir hasta un 90% con PHC sin que se afecte el consumo de alimento, con valores de digestibilidad de materia seca por encima del 95%. Dado que, con niveles de sustitución por encima de este valor, se observa una palatabilidad baja.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda la utilización de la proteína hidrolizada concentrada por separación mecánica para reemplazar la harina de pescado hasta un 75%, es decir a un nivel dietético de 240 g/kg de materia seca en las dietas para alevines de Tilapia roja.

Realizar evaluaciones de palatabilidad y digestibilidad de la proteína hidrolizada concentrada con grados de hidrólisis inferiores a los de este estudio para la posible sustitución del 100% de la harina de pescado en las dietas de alevines de Tilapia roja (*Oreochromis* spp).

Se recomienda para próximas evaluaciones de palatabilidad, usar la metodología de la determinación de los índices de por consumo de materia seca debido a que se obtuvieron resultados más confiables, ya que por consumo de pellets no se tenían en cuenta las humedades de estos, tamaño y pellets fragmentados.

Se recomienda realizar evaluaciones similares de digestibilidad y palatabilidad de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, en otras especies de peces y en otras etapas productivas.

Finalmente se recomienda realizar estudios de campo donde se estime el efecto ambiental y social al adoptar procesos de elaboración de proteína hidrolizada como una alternativa a la disposición de los residuos de faenamiento de peces

REFERENCIAS

AL-SOUTI, A., GALLARDO, W., CLAEREBOUDT, M., & MAHGOUB, O. Attractability and palatability of formulated diets incorporated with chicken feather and algal meals for juvenile gilthead seabream, *Sparus aurata*. *Aquaculture Reports*, Vol14, Pp. 100199, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019.100199>

ALGARIN, A., & RODRIGUEZ, C. *Alternativas de aprovechamiento para los residuos de pescado* (Issue 2). Universidad de la Costa. 2022

ALVES, D. R. S., DE OLIVEIRA, S. R., LUCZINSKI, T. G., PAULO, I. G. P., BOSCOLO, W. R., BITTENCOURT, F., & SIGNOR, A. . Palatability of Protein Hydrolysates from Industrial Byproducts for Nile Tilapia Juveniles. *Animals*, Vol9(6), Pp. 311, 2019. <https://doi.org/10.3390/ani9060311>

ALVES, E., & MEURER, F. Nutrição do Surubim (*Pseudoplatystoma* spp) e seus híbridos – revisão de literatura / Nutrition of Surubim (*Pseudoplatystoma* spp) and its hybrids – literature review. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, Vol4(2), Pp. 2320–2335, 2021. <https://doi.org/10.34188/bjaerv4n2-062>

ARANÍBAR-ARANÍBAR, M. J., ROQUE-HUANCA, B., PORTOCARRERO-PRADO, H. S., RODRÍGUEZ-HUANCA, F. H., DEL PILAR BLANCO-ESPEZUA, M., ARANÍBAR-BÉJAR, H. K., & FORAQUITA-CHOQUE, S. Nutritive value and digestibility of macronutrients from sheep and alpaca skin hydrolysates as a new alternative in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feeding. *Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol23(1), 2020. <https://doi.org/10.1186/s41240-020-00174-7>

AUSTRENG, E. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture*, Vol13(3), Pp. 265–272, 1978. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(78\)90008-X](https://doi.org/10.1016/0044-8486(78)90008-X)

CARDOSO, M., NETTSON, L., DE FREITAS, J., V, L., SEÑOR, A., BOSCOLO, W., & BITTENCOURT, F. Digestibility of Swine Liver and Swine Meat Protein

Hydrolysates by Nile Tilapia. *Research Square*, Pp. 1–16, 2022. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1167554/v1>

CARDOZA RAMIREZ, A. L., GUERRA ESPINOZA, M. G., & PALOMINO RAMOS, A. R. Use of fish hydrolysate in aquaculture: a review of some beneficial results in aquafeeds. *Manglar*, Vol18(2), Pp. 215–222, 2021. <https://doi.org/10.17268/manglar.2021.029>

DAI, M., LI, S., FU, C., QIU, H., & CHEN, N. The Potential Role of Marine Protein Hydrolyzates in Elevating Nutritive Values of Diets for Largemouth Bass, *Micropterus salmoides*. *Frontiers in Marine Science*, Vol7(April), Pp. 1–11, 2020. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00197>

DE LA CRUZ-CALDERÓN, G. Uso de subproductos acuícolas en la elaboración de ensilajes biológicos y químicos: una revisión. *REVISTA NOR@NDINA*, Vol5(1), Pp. 74–92, 2022. <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2021v5n1p74>

DEVITSINA, GV, GOLOVKINA, TV Taste Receptors in the Oral Cav of Juvenile Common Carp *Cyprinus carpio* and White Sea Cod *Gadus morhua marisalbi*. *Revista de ictiología*. 60 , 99–108 (2020). <https://doi.org/10.1134/S0032945220010026>

DIAS, P., PEREIRA, E., BARBIERI, P., LOPES, R., SALES JÚNIOR, R. DE A., LOIOLA, A. DA S., COSTA, N., & DE CASTRO, M. V. Alternative Ingredients for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) - Bibliographical Review. *Brazilian Journal of Development*, Vol6(2), Pp. 5767–5785, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-033>

DOS SANTOS, M., GODOY, A. C., OXFORD, J. H., RODRIGUES, R., DOS SANTOS, M., BITTENCOURT, F., SIGNOR, A., BOSCOLO, W. R., & FEIDEN, A. Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*, Vol530, Pp. 735720, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735720>

EGERTON, S., WAN, A., MURPHY, K., COLLINS, F., AHERN, G., SUGRUE, I., BUSCA, K., EGAN, F., MULLER, N., WHOOLEY, J., MCGINNITY, P., CULLOTY, S., ROSS, R. P., & STANTON, C. Replacing fishmeal with plant

Protein in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets by supplementation with fish protein hydrolysate. *Scientific Reports*, Vol10(1), Pp. 4194, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60325-7>

EL-SAYED, A. *Tilapia Culture* (2nd ed.). Elsevier. 2020 <https://doi.org/10.1016/C2017-0-04085-5>

ESPINOZA, D., & CASTILLO, A. Technological advances in obtaining, identifying and producing protein hydrolysates from fish residues by enzymatic action: bioactive and techno-functional properties, application in food, market and regulation. *Scientia Agropecuaria*, Vol13(2), Pp. 135–148, 2022. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.012>

FENG, H., TANG, S., LIANG, X., LIU, L., LI, J., ZHANG, Q., YI, Y., PENG, D., & HU, J. Protein source affects apparent digestibility of feed ingredients and protein metabolism in Chinese perch (*Siniperca chuatsi*). *Aquaculture Nutrition*, Vol27(6), Pp. 2651–2661, 2021. <https://doi.org/10.1111/anu.13392>

FONTINHAA, F., MAGALHÃESA, R., MOUTINHOA, S., SANTOSA, R., CAMPOSB, P., SERRA, C., AIRESC, T., OLIVA-TELESA, A., & PERESA, H. Effect of dietary poultry meal and oil on growth, digestive capacity, and gutmicrobiota of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*, Vol530, Pp. 1–10, 2021.

FRANCO, C. Nutrición y la Influencia de la suplementación con vitaminas y minerales en la reproducción de la tilapia (*Oreochromis* sp.). *Articulo de Revision*, Pp. 1–11, 2018.

FREI, G. R., PESSINI, J., COZER, N., FEIDEN, A., BITTENCOURT, F., BOSCOLO, W., & SIGNOR, A. Mineral digestibility of different animal sources for the silver catfish *Rhamdia Voulezi*. *Latin American Journal of Aquatic Research*, Vol49(3), Pp. 476–484, 2021. <https://doi.org/10.3856/vol49-issue3-fulltext-2656>

FU, Y., CHEN, J., BAK, K. H., & LAMETSCH, R. Valorisation of protein hydrolysates from animal by-products: perspectives on bitter taste and debittering methods: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, Vol54(4), Pp. 978–986, 2019. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14037>

GARCÉS, Y. J., PEREA, C., VIVAS, N. J., & HOYOS, J. L. Obtención y evaluación de concentrado proteico hidrolizado de residuos animales como alternativa de alimentación en *Piaractus brachypomus* (Cuvier 1818) [Obtaining and evaluating hydrolyzed protein concentrate from animal waste as a feeding alternative i. *Rev Med Vet Zoot*, Vol68(3), Pp. 223–235, 2021. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v68n3.99930>

GASCO, L., ACUTI, G., BANI, P., DALLE ZOTTE, A., DANIELI, P. P., DE ANGELIS, A., FORTINA, R., MARINO, R., PARISI, G., PICCOLO, G., PINOTTI, L., PRANDINI, A., SCHIAVONE, A., TEROVA, G., TULLI, F., & RONCARATI, A. Insect and fish by-products as sustainable alternatives to conventional animal proteins in animal nutrition. *Italian Journal of Animal Science*, Vol19(1), Pp. 360–372, 2020. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1743209>

GASCO, L., GAI, F., MARICCHIOLO, G., GENOVESE, L., RAGONESE, S., BOTTARI, T., & CARUSO, G. Fishmeal Alternative Protein Sources for Aquaculture Feeds. In *SpringerBriefs in Molecular Science* (Vol. 4, Issue 1, pp. 1–28). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77941-6_1

GUNATHILAKA, B. E., KHOSRAVI, S., HERAULT, M., FOURNIER, V., LEE, C., JEONG, J. B., & LEE, K. J. Evaluation of shrimp or tilapia protein hydrolysate at graded dosages in low fish meal diet for olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Nutrition*, Vol26(5), Pp. 1592–1603, 2020. <https://doi.org/10.1111/anu.13105>

GUTIÉRREZ, M., VELASCO, J., & LEÓN, C. Revisión: necesidades nutricionales de peces de la familia Pimelodidae en Sudamérica (Teleostei: Siluriformes). *Revista de Biología Tropical*, Vol67(1), Pp. 146–163, 2019. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.33627>

HAO, Y., GUO, R., JIA, G., ZHANG, Y., XIA, H., & LI, X. Effects of enzymatic hydrolysates from poultry by-products (EHPB) as an alternative source of fish meal on growth performance, hepatic proteome and gut microbiota of turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture Nutrition*, Vol26(6), Pp. 1994–2006, 2020. <https://doi.org/10.1111/anu.13141>

HATTORI, J. F. DE A., ALVES, D. R. S., OLIVEIRA, S. R. DE, ALMEIDA, A. A. DE S., & BOSCOLO, W. R. Attractiveness and palatability of liquid hydrolysates For Dourado (*Salminus brasiliensis*) fingerlings. *Aquaculture Research*, Vol52(11), Pp. 5682–5690, 2021. <https://doi.org/10.1111/are.15443>

HEKMATPOUR, F., KOCHANIAN, P., MARAMMAZI, J. G., ZAKERI, M., & MOUSAVI, S. M. Inclusion of poultry by-product meal in the diet of Sparidentex hasta: Effects on production performance, digestibility and nutrient retention. *Animal Feed Science and Technology*, Vol241, Pp. 173–183, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.02.010>

HIDALGO, V.; VALERIO, H. Digestibilidad y energía digestible y metabolizable del gluten de maíz, hominy feed y subproducto de trigo en cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, v. 31, n. 2, 2020, e17816. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17816>

HOYOS CONCHA, J. L., VILLADA CASTILLO, H. S., FERNÁNDEZ QUINTERO, A., & BONILLA MÉNDEZ, J. R. Chemical Characterization of Hydrolyzed Protein Meal Obtained from Trout (*Oncorhynchus My kiss*) By-products Silage. *Indian Journal of Science and Technology*, Vol11(16), Pp. 1–13, 2018. <https://doi.org/10.17485/ijst/2018/v11i16/118634>

IDOWU, A. T., & BENJAKUL, S. Bitterness of fish protein hydrolysate and its debittering prospects. *Journal of Food Biochemistry*, Vol43(9), Pp. 1–10, 2019. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12978>

IRM, M., TAJ, S., JIN, M., TIMOTHÉE, H., CHENG, X., & ZHOU, Q. Influence of dietary replacement of fish meal with fish soluble meal on growth and TOR signaling pathway in juvenile black sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*). *Fish & Shellfish Immunology*, Vol101, Pp. 269–276, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.03.053>

JAVAHERDOUST, S., YEGANEH, S., & AMIRKOLAIE, A. K. Effects of dietary visceral protein hydrolysate of rainbow trout on growth performance, carcass composition, digestibility and antioxidant enzyme in juvenile *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*, Vol26(1), Pp. 134–144, 2020. <https://doi.org/10.1111/anu.12975>

JAVID, I., FATIMA, M., SHAH, S. Z. H., & AFZAL, M. A comparison of the effect of organic acids and dicalcium phosphate supplementation on phosphorus bioavailability, growth performance and digestive enzyme activities of *Labeo rohita* fingerlings. *Aquaculture Nutrition*, Vol27(1), Pp. 217–224, 2021. <https://doi.org/10.1111/anu.13179>

KASUMYAN, A. O., & DOVING, K. B. Taste preferences in fishes. *Fish and Fisheries*, Vol4(4), Pp. 289–347, 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x>

LALL, S. P., & KAUSHIK, S. J. Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish. *Animals*, Vol11(9), Pp. 2711, 2021. <https://doi.org/10.3390/ani11092711>

LEVINA, A. D., MIKHAILOVA, E. S., & KASUMYAN, A. O. Taste preferences and feeding behaviour in the facultative herbivorous fish, Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal of Fish Biology*, Vol98(5), Pp. 1385–1400, 2021. <https://doi.org/10.1111/jfb.14675>

LI, X., HAN, T., ZHENG, S., & WU, G. Nutrition and Functions of Amino Acids in Aquatic Crustaceans. In *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 1285, pp. 169–198). https://doi.org/10.1007/978-3-030-54462-1_9

LI, X., ZHANG, X., KABIR, M., ZHANG, Y., & LENG, X. Dietary phytase and protease improved growth and nutrient utilization in tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) fed low phosphorus and fishmeal-free diets. *Aquaculture Nutrition*, Vol25(1), Pp. 46–55, 2019. <https://doi.org/10.1111/anu.12828>

LÓPEZ, J., SALAZAR, D., & IZQUIERDO, C. Coeficientes de digestibilidad de la harina de hidrolizado de vísceras de Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus* Cuvier 1818), usada como fuente de proteína en la alimentación de sus alevinos. *Acta Biológica Paranaense*, vol. 44 (1), pp. 7-16. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abpr.v44i1-2.43731>

LUMSANGKUL, C., VU LINH, N., CHAIWAN, F., ABDEL-TAWWAB, M., DAWOOD, M. A. O., FAGGIO, C., JATURASITHA, S., & VAN DOAN, H. Dietary treatment of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) with aquatic fern (*Azolla caroliniana*) improves growth performance, immunological response, and

disease resistance against *Streptococcus agalactiae* cultured in bio-floc system. *Aquaculture Reports*, Vol24(April), Pp. 101114, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101114>

LUNA, D., & LOZANO, J. *Técnica de rizipiscicultura*. SENNOVA, Investigación Aplicada.2018.<https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5785/rizipiscicultura.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MABROKE, R., ZIDAN, A., TAHOUN, A. A., MOLA, H., ABO-STATE, H., & SULOMA, A. Feeding frequency affect feed utilization of tilapia under biofloc system condition during nursery phase. *Aquaculture Reports*, Vol19, Pp. 100625, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100625>

MADR, M. DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Acuicultura en Colombia, cadena de la acuicultura. *Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca - AUNAP*, Pp. 30, 2021. <https://www.aunap.gov.co/images/convenio/presentacion-tecnica-acuicultura-en-colombia.pdf>

MADRID, J., POHLENZ, C., VIANA, M. T., & LAZO, J. P. Apparent digestibility coefficients of selected protein ingredients for juvenile *Totoba macdonaldi*. *Journal of the World Aquaculture Society*, March, Pp. 1–13, 2022. <https://doi.org/10.1111/jwas.12902>

MÁRQUEZ, M., LEINES, D., ZACARÍAS, M., & REYES, C. Jamón a base de tilapia negra (*Oreochromis niloticus*). *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica Tectzapic*, Vol4(2), Pp. 23–32, 2018. <https://econpapers.repec.org/RePEc:erv:tectza:y:2018:i:2:09>

MÉNDEZ-MARTÍNEZ, Y., PÉREZ-TAMAMES, Y., YENY TORRES-NAVARRETE, Y., & REYES-PÉREZ, J. J. ESTADO DEL ARTE DEL CULTIVO DE TILAPIA ROJA EN LA MAYOR DE LAS ANTILLAS. *Biotechnia*, Vol20(2), Pp. 15–24, 2018. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v20i2.593>

MIRABENT, M., TOLEDO, S. J., & CEBALLOS, B. J. Valor nutricional de piensos comerciales cubanos para el alevinaje de tilapia roja (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*) en ambiente marino. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, Vol36(1), Pp. 9–16, 2019.

MOHAMAD, S. N., NOORDIN, W. N. M., ISMAIL, N. F., & HAMZAH, A. Red Hybrid Tilapia (*Oreochromis* spp.) Broodstock Development Programme in Malaysia: Status, Challenges and Prospects for Future Development. *Asian Fisheries Science*, Vol34(1), Pp. 73–81, 2021. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2021.34.1.008>

MOHAMAD, S., NOORDIN, W., ISMAIL, N., & HAMZAH, A. Red hybrid tilapia (*Oreochromis* spp.) broodstock development programme in malaysia: Status, challenges and prospects for future development. *Asian Fisheries Science*, Vol34(1), Pp. 73–81, 2021. <https://doi.org/10.33997/j.afs.2021.34.1.008>

MONTOYA, A., MORENO, C., TARAZONA, A., OLIVERA, M., & BETANCUR, J. Body shape variation between farms of tilapia (*Oreochromis* sp.) in Colombian Andes using landmark based geometric morphometrics. *Latin American Journal of Aquatic Research*, Vol47(1), Pp. 194–200, 2019. <https://doi.org/10.3856/vol47-issue1-fulltext-23>

NOSE T. Recent advances in the study of fish digestion in Japan. In: Symposium on Feeding Trout and Salmon Culture, *Belgrade*, 17-, 1966.

OLIVEIRA, S. R., ALVES, D. R. S., MARQUES GOMES, R. L., HATTORI, J. F. DE A., SIGNOR, A., BOSCOLO, W. R., & BITTENCOURT, F. Attractivity and palatability of different hydrolysed proteins for the ornamental species *Betta splendens* (Regan, 1910). *Aquaculture Research*, Vol53(8), Pp. 2977–2984, 2022. <https://doi.org/10.1111/are.15798>

PATEKAR, P., MARBANIANG, B. J., & MUNIASAMY, S. Fish Protein Hydrolysate (FPH): Excellent Protein Source for Aquafeeds. *Biotica Research*, Vol5(Februa1ry), Pp. 59–61, 2023. <https://www.researchgate.net/publication/368281451>

PAZ, A., MENESES, R., & LÓPEZ, M. Digestibility of diets with flour fish silage for the growing of arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*). *Revista MVZ Córdoba*, vol. 21 (1), pp. 5177-5188. 2016

PEREA, C. Evaluación nutricional de ensilajes de residuos de trucha arcoíris

Oncorhynchus mykiss en la alimentación de tilapia roja *Oreochromis* spp. *Doctorado en Ciencias Agrarias*. 2016.

PEREA, C., CONCHA, J. L., GARCÉS, Y. J., MUÑOZ, L. S., & PEÑARANDA, J. A. Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal. *Ciencia En Desarrollo*, Vol8(2), Pp. 39–50, 2017. <https://doi.org/10.19053/01217488.v8.n2.2017.6174>

PEREA, C., GARCÉS, Y. J., MORALES, Y. J., JIMÉNEZ, M. A., HOYOS, J. L., & VIVAS, N. J. Digestibilidad de hidrolizados enzimáticos de vísceras de origen animal en *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol20(1), Pp. 54–68, 2022. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1606>

PEREA, C., GARCÉS, Y., MUÑOZ, L., HOYOS, J., & GÓMEZ, J. Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de (*Oreochromis* spp). *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 16 (1), pp. 43–51. 2018. Doi: <http://dx.doi.org/10.18684/bsaa.v16n1.623>

PEREA ROMÁN, C., GARCÉS CAICEDO, Y. J., MORALES BARVO, Y. J., JIMÉNEZ CHAMORRO, M. A., HOYOS CONCHA, J. L., & VIVAS QUILA, N. J. Digestibilidad de hidrolizados enzimáticos de vísceras de origen animal en *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol20(1), Pp. 54–67, 2021. <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1606>

PÉREZ, C. Atrayentes de piel de tilapia, *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae), para reducir el desperdicio de alimento en granjas acuícolas. *UNED Research Journal*, Vol12(2), Pp. e3117, 2020. <https://doi.org/10.22458/urj.v12i2.3117>

PEREZ, G., & CARDOZO, A. APROVECHAMIENTO DE DESECHOS PISCÍCOLAS COMO ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL EN UNA LOCALIDAD DEL MUNICIPIO. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología*, Vol38, Pp. 13–17, 2020.

PHAM, H. D., SIDDIK, M. A. B., LE, H. M., NGO, M. VAN, NGUYEN, M. VAN, & FRANCIS, D. Effects of Dietary Tuna Viscera Hydrolysate Supplementation on

Growth, Intestinal Mucosal Response, and Resistance to *Streptococcus iniae* Infection in Pompano (*Trachinotus blochii*). *Aquaculture Nutrition*, Vol2022, Pp. 1–14, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3645868>

REIS, J., PEREIRA, G., COSTA, V., MENEZES, I., & LIMA, E. Morfologia comparativa do trato digestório de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) cultivadas em sistema semi-intensivo vs da pesca artesanal. *Jornal Interdisciplinar de Biociências*, Vol3(2), Pp. 19–24, 2018. <https://doi.org/https://doi.org/10.26694/jibi.v3i2.7307>

RUALES, C. A., BEDOYA-MEJÍA, O., & MILLÁN-CARDONA, L. Silo de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) como suplemento en alimentación de ovinos. *Produccion y Limpia*, Vol13(2), Pp. 29–36, 2018. <https://doi.org/10.22507/pml.v13n2a4>

SAYED, M. H., BANAVREH, A., YOUSEFI JOURDEHI, A., MOHSENI, M., MONSEF SHOKRI, M., & YEGANEH RASTEKENARI, H. The feasibility of partial replacement fish meal with poultry by-products in practical diets of juvenile great sturgeon, *Huso huso*: Effects on growth performance, body composition, physiometabolic indices, digestibility and digestive enzymes. *Aquaculture Research*, Vol52(8), Pp. 3605–3616, 2021. <https://doi.org/10.1111/are.15205>

SHARKEY, S. J., HARNEDY-ROTHWELL, P. A., ALLSOPP, P. J., HOLLYWOOD, L. E., FITZGERALD, R. J., & O'HARTE, F. P. M. A Narrative Review of the Anti-Hyperglycemic and Satiating Effects of Fish Protein Hydrolysates and Their Bioactive Peptides. *Molecular Nutrition & Food Research*, Vol64(21), Pp. 2000403, 2020. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202000403>

SIDDIK, M. A. B., HOWIESON, J., FOTEDAR, R., & PARTRIDGE, G. J. Enzymatic fish protein hydrolysates in finfish aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, Vol13(1), Pp. 406–430, 2021. <https://doi.org/10.1111/raq.12481>

SIDDIK, M., HOWIESON, J., PARTRIDGE, G. J., FOTEDAR, R., & GHOLIPOURKANANI, H. Dietary tuna hydrolysate modulates growth performance, immune response, intestinal morphology and resistance to *Streptococcus iniae* in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. *Scientific Reports*,

Vol8(1), Pp. 15942, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34182-4>

SIERRA, L., VÁSQUEZ, P., SEPÚLVEDA, C., FUGUEROA, O., & ZAPATA, J. BYPRODUCTS OF AQUACULTURE PROCESSES: DEVELOPMENT AND PROSPECTIVE USES. REVIEW. *REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FARMACÉUTICAS Y ALIMENTARIAS*, Vol25(3), Pp. 128–140, 2018. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17533/udea.vitae.v25n3a03>

SOARES, M., REZENDE, P. C., CORRÊA, N. M., ROCHA, J. S., MARTINS, M. A., ANDRADE, T. C., FRACALOSSO, D. M., & DO NASCIMENTO, F. Protein hydrolysates from poultry by-product and swine liver as an alternative dietary protein source for the Pacific white shrimp. *Aquaculture Reports*, Vol17(April), Pp. 100344, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100344>

SUÁREZ, K., PORTILLO, D., BURGOS, M., LOPEZ, J., & RÍOS, L. Aporte Socioeconómico Y Valorización De Residuos de trucha en el encano (municipio de pasto). *Semestre Económico*, Vol23(55), Pp. 331–352, 2020.

TERREY, D., JAMES, J., TANKOVSKI, I., DALIM, M., SPANKEREN, M. VAN, CHAKRABORTY, A., SCHMITT, E., & PAUL, A. Palatability enhancement potential of hermetia illucens larvae protein hydrolysate in litopenaeus vannamei diets. *Molecules*, Vol26(6), Pp. 1–11, 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26061582>

TOLA, S., SOMMIT, N., SEEL-AUDOM, M., KHAMTAVÉE, P., WAIHO, K., BOONMEE, T., YUANGSOI, B., & MUNPHOLSRI, N. Effects of dietary tuna hydrolysate supplementation on feed intake, growth performance, feed utilization and health status of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) fed a low fish meal soybean meal-based diet. *Aquaculture Research*, Vol53(11), Pp. 3898–3912, 2022. <https://doi.org/10.1111/are.15894>

TRAN-NGOC, K. T., HAIDAR, M. N., ROEM, A. J., SENDÃO, J., VERRETH, J. A. J., & SCHRAMA, J. W. Effects of feed ingredients on nutrient digestibility, nitrogen/energy balance and morphology changes in the intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, Vol50(9), Pp. 2577–2590, 2019. <https://doi.org/10.1111/are.14214>

TRANC, K. T., HAIDAR, M. N., ROEM, A. J., SENDÃO, J., VERRETH, J. A. J.,

& SCHRAMA, J. W. Effects of feed ingredients on nutrient digestibility, nitrogen/energy balance and morphology changes in the intestine of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, Vol50(9), Pp. 2577–2590, 2019. <https://doi.org/10.1111/are.14214>

VARGAS, O., PINEDA, J., BARRIGAS, A., & PINEDA, C. BIOPROCESO PARA PRODUCCIÓN DEL PEZ TILAPIA (*Oreochromis* spp.) MEDIANTE SISTEMA ACUAPÓNICO: UNA REVISIÓN. *Biorrefinería*, Vol4(4), Pp. 124–131, 2021.

VÁZQUEZ, A., RODRÍGUEZ, I., SOTELO, C., SANZ, N., PÉREZ, R., & VALCÁRCEL, J. Biomolecules-10-00310-V2.Pdf. *Biomolecules*, Vol10(2), Pp. 1–13, 2020. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/biom10020310>

VEGA, O., MITICANOY, J. Efecto nutricional del hidrolizado enzimático de vísceras de pollo en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* spp), *Universidad del Cauca*. 2021.

VICALPOMA DE LA DIGESTIBILIDAD DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DIGESTIBLE DE LA HARINA DE PESCADO EN JUVENILES DE SÁBALO COLA ROJA (*Brycon erythropterum*) (pp. 41–43). 2021 <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4922/vilcapoma-capcha-david-ricardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VINET, L., & ZHEDANOV, A. A “missing” family of classical orthogonal polynomials. *Fao*, Pp. 257, 2010. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>

WILLIAMS, C., DAVID, D., & IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *The Journal of Agricultural Science*, Vol59(3), Pp. 381–385, 1962. <https://doi.org/10.1017/S002185960001546X>

WU, J., LIU, W., WEN, H., ZHOU, Y., & WU, J. Animal by-products with or without enzymatic hydrolysis completely replacement of fish meal in genetically improved farmed tilapia diets (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, Vol52(1), Pp. 291–301, 2021. <https://doi.org/10.1111/are.14892>

ZAPATA, J. E., MOYA, M., & FIGUEROA, O. A. Hidrólisis Enzimática de la Proteína de Visceras de Trucha Arco Íris (*Oncorhynchus mykiss*): Efecto del tipo de Enzima, Temperatura, pH y Velocidad de Agitación. *Informacion Tecnologica*, Vol30(6), Pp. 63–72, 2019. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600063>

ANEXOS

Anexo a. Registro de temperatura.

REGISTRO DE TEMPERATURA DE PECES																
# PECES INICIAL:								ESPECIE:			Tilapia (<i>Oreochromis spp</i>)					
FECHA DE INICIO:											PESO PROMEDIO INICIAL:					
FECHA	JORNADA	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	T5R1	T5R2	T5R3
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															

Anexo b. Registro de alimentación.

PROYECTO ID																
REGISTRO DE ALIMENTACIÓN																
# PECES INICIAL:							ESPECIE:			Tilapia (<i>Oreochromis spp</i>)						
FECHA DE INICIO:										PESO PROMEDIO INICIAL:						
FECHA	JORNADA	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	T5R1	T5R2	T5R3
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															
	8:30 a. m.															
	12:00 M															
	3:30 p. m.															

Anexo c. Registro de recolección de heces.

PROYECTO ID															
REGISTRO DE RECOLECCIÓN DE HECES															
# PECES INI															
FECHA DE INICIO:															
ESPECIE:	Tilapia (<i>Oreochromis</i> spp)														
PESO PROMEDIO INICIAL:															
FECHA	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	T5R1	T5R2	T5R3

Anexo d. Registro de biometrías.

REGISTRO DE BIOMETRÍA DE PECES																														
# PECES INICIAL:												ESPECIE: <i>TILAPIA (Oreochromis spp)</i>																		
FECHA DE BIOMETRÍA:												PESO PROMEDIO INICIAL:						EDAD PECES:												
#	T1R1		T1R2		T1R3		T2R1		T2R2		T2R3		T3R1		T3R2		T3R3		T4R1		T4R2		T4R3		T5R1		T5R2		T5R3	
#	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla