

**EFFECTO DE LA PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA EN EL  
APROVECHAMIENTO NUTRITIVO Y COMPOSICIÓN CORPORAL DE  
*Oreochromis* spp.**



**CLAUDIA LORENA RAMIREZ ALVARADO  
ALEXANDRA TOSSE ROJAS**

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

**EFFECTO DE LA PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA EN EL  
APROVECHAMIENTO NUTRITIVO Y COMPOSICIÓN CORPORAL DE  
*Oreochromis* spp.**



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

**CLAUDIA LORENA RAMIREZ ALVARADO.  
ALEXANDRA TOSSE ROJAS.**

**DIRECTOR:**

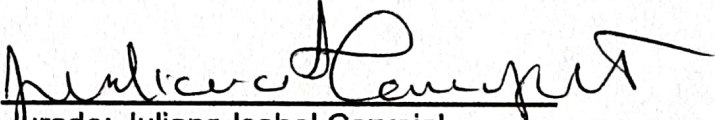
**CRÍSPULO PEREA ROMÁN, Ph. D**

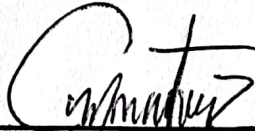
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
INGENIERÍA AGROPECUARIA  
POPAYÁN  
2023**

**Nota de aceptación.**

Los directores y jurados han leído el presente documento; escucharon la sustentación del mismo por sus autoras y lo han aprobado.

  
\_\_\_\_\_  
PhD. Crispulo Perea Román.  
Director.

  
\_\_\_\_\_  
Jurado: Juliana Isabel Carvajal

  
\_\_\_\_\_  
Jurado: Carlos Augusto Martinez  
Mamian

06 - Junio - 2023.  
Fecha de aceptación.

## **DEDICATORIA.**

A Dios por permitirme culminar esta fase de mi vida, a mis padres, Juan Antonio Tosse Alegría y María Oneida Rojas Rengifo por ser mi ejemplo a seguir y por ser la fuerza que siempre me motiva a ser mejor, sin ellos no lo habría logrado, a mi hermano por ser mi compañero y amigo, a mi compañero de vida Duvar Javier Collazos por su confianza, por su amor, por haberme apoyado incondicionalmente y a todas aquellas personas que durante este tiempo estuvieron a mi lado apoyándome para que esté sueño se hiciera realidad.

**ALEXANDRA TOSSE ROJAS.**

Dedico este logro a mis tíos; Yorely Lizeth y Germán, abuelos; Heriberto Alvarado, Rosalía Macias y Livia Diva. En especial, dedico los años y esfuerzos que aquí se resumen a mi madre; Dolly Lorena Alvarado Macias y a mi padre; Ehider, quienes son mi inspiración y fortaleza, por quienes me fue posible soñar y lograrlo, gracias por su confianza, su dedicación, esmero y apoyo incondicional, es de mi agrado aceptar que fueron mis padres quienes han hecho mi sueño realidad.

**CLAUDIA LORENA RAMIREZ ALVARADO.**

## **AGRADECIMIENTOS.**

En primer lugar, gracias a Dios por darnos vida y salud, por habernos guiado y dado la fortaleza para seguir adelante.

A nuestros padres y familiares por ser el estímulo constante, además de su apoyo incondicional a lo largo de nuestra carrera.

A nuestras compañeras más cercanas que sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas.

A nuestros directores: Ph.D. Crispulo Perea Román por su acompañamiento y enriquecer nuestra vida con conocimiento.

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

A el alma mater de la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, administradores y profesores, por sus enseñanzas para formarnos profesionalmente y habernos brindado todos sus conocimientos y ser parte de nuestras vidas durante estos años.

## RESUMEN.

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto en el aprovechamiento nutritivo y composición corporal de *Oreochromis sp* en fase de levante mediante la sustitución de la Harina de Pescado (HP) por Proteína Hidrolizada de Viseras de Trucha (PHVT). Se diseñaron cinco (5) tratamientos con diferentes dietas (T1: 100%HP, T2: 75%HP - 25%PHVT, T3: 50%HP - 50%PHVT, T4: 25%HP - 75%PHVT y T5: 100%PHVT) y 3 réplicas, el muestreo fue completamente al azar con juveniles reversados de Tilapia roja con peso promedio de  $46,4 \pm 8$  g. Se determinó el aprovechamiento nutritivo de Materia Seca, Proteína Cruda, Extracto Etéreo, Energía Bruta y Digestible, Absorción de Cenizas, Calcio y Fósforo, al igual que se determinó el contenido de Materia Seca, Proteína, Extracto Etéreo, Energía Bruta y Cenizas para conocer el efecto sobre la composición corporal.

Se encontraron diferencias significativas en el aprovechamiento nutritivo ( $p < 0.05$ ) en todos los parámetros y entre los tratamientos, siendo superiores las encontradas en el T5. Para la composición corporal se evidenciaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en todos los parámetros, excepto en composición corporal de cenizas, siendo superiores las encontradas en T5. El análisis permite concluir que, según parámetros de aprovechamiento nutritivo y composición corporal, es viable sustituir en un 100% la harina de pescado por proteína hidrolizada de vísceras de trucha. Al realizar el análisis de correlación de los parámetros de aprovechamiento nutritivo (Materia seca, extracto etéreo, proteína cruda y cenizas) respecto a la composición corporal, se obtuvo que el modelo que más se ajusta al comportamiento biológico fue el polinomial de cuarto grado ( $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$ ). El índice de correlación (*Spearman*) entre el aprovechamiento nutritivo de extracto etéreo y el contenido en la composición corporal es fuerte ( $R = 0,98$ ); así mismo, el aprovechamiento nutritivo de proteína cruda y el contenido en la composición corporal ( $R = 0,93$ ). Fue negativa para la absorción de cenizas con relación a su contenido en la composición corporal ( $R = -0,63$ ) y para materia seca no se encontró correlación ( $R = 0$ ).

**PALABRAS CLAVES:** Composición corporal, aprovechamiento nutritivo, vísceras de trucha, Tilapia roja, proteína hidrolizada, Dietas alternativas.

## ABSTRACT.

The aim of the present study was to evaluate the effect on the nutrient utilization and bodily composition of *Oreochromis* sp in the levante phase by replacing the fishmeal with Hydrolysed protein of trout visors. Five (5) treatments were designed with different diets (T1: 100%HP, T2: 75%HP - 25%PHVT, T3: 50%HP - 50%PHVT, T4: 25%HP - 75%PHVT and T5: 100%PHVT) and three (3) replicates, sampling was completely random. Significant differences were found in nutrient utilization ( $p < 0.05$ ) in all parameters and between treatments, being higher those found in T5.

For the bodily composition significant differences were evidenced ( $p < 0.05$ ) in all parameters, except in body composition of ashes, being superior those found in T5. The analysis allows us to conclude that, according to parameters of nutritional utilization and bodily composition, it is feasible to replace fishmeal by hydrolyzed protein from trout viscera. The correlation analysis of the parameters of nutrient utilization (dry matter, ethereal extract, crude protein and ash) with respect to bodily composition showed that the model that best fits the biological behavior was the fourth degree polynomial ( $y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$ ). The correlation index (Spearman) between the nutritional use of etheric extract and the content in the body composition is strong ( $R = 0.98$ ); likewise, the nutritional use of crude protein and the content in the bodily composition ( $R = 0.93$ ). It was negative for the absorption of ash in relation to its content in bodily composition ( $R = -0.63$ ) and for dry matter no correlation was found ( $R = 0$ ).

**KEY WORDS:** alternative diets. bodily composition, hydrolyzed protein, nutritional utilization, red tilapia, trout visors.

## CONTENIDO.

1	INTRODUCCIÓN.....	14
2	OBJETIVOS.....	17
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	MARCO REFERENCIAL. ....	18
3.1	MARCO TEÓRICO. ....	18
3.1.1	Descripción general de la Tilapia roja ( <i>Oreochromis</i> spp.).....	18
3.1.2	Distribución geográfica e historia en Colombia. ....	18
3.1.3	Etiología. ....	19
3.1.4	Condiciones ambientales. ....	19
3.1.5	Morfología externa e interna de la Tilapia roja. ....	20
3.1.6	Hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales. ....	21
3.1.7	Composición corporal de la Tilapia. ....	22
3.1.8	Proteína hidrolizada de subproductos de pescado como alternativa en la alimentación de peces. ....	23
3.1.9	La digestibilidad como alternativa para la valoración del aprovechamiento nutritivo de alimentos para peces.....	24
3.2	MARCO HISTÓRICO.....	24
3.2.1	Antecedentes. ....	24
4	METODOLOGÍA.....	28
4.1	LOCALIZACIÓN.....	28
4.2	MATERIAL BIOLÓGICO. ....	28
4.2.1	Juveniles de Tilapia roja ( <i>Oreochromis</i> spp.).....	28
4.2.2	Elaboración del hidrolizado enzimático de vísceras de trucha. ....	28
4.3	OBTENCIÓN DE LA PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA. ....	29
4.4	BALANCE Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.....	31
4.5	PLAN DE MANEJO.....	35
4.5.1	Selección y transporte de los peces.....	35
4.5.2	Tratamiento profiláctico. ....	36



4.5.3	Acostumbramiento. ....	36
4.5.4	Cronograma y manejo de alimentación de juveniles de Tilapia roja...	37
4.5.5	Cambio y recambio de agua. ....	37
4.5.6	Medición de temperatura.....	38
4.5.7	Aireación. ....	38
4.5.8	Proceso de biometrías. ....	39
4.5.9	Recolección de heces. ....	40
4.6	DETERMINACIÓN DEL APROVECHAMIENTO NUTRITIVO Y DE ENERGÍA. ....	40
4.7	DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE TILAPIA ROJA.....	41
4.7.1	Preparación de muestras. ....	41
4.7.2	Determinación de materia seca.....	41
4.7.3	Determinación de cenizas. ....	43
4.7.4	Determinación de extracto etéreo. ....	44
4.7.5	Determinación de energía bruta. ....	45
4.7.6	Determinación de proteína cruda. ....	46
4.8	DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	47
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN. ....	49
5.1	APROVECHAMIENTO DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DE DIETAS EXTRUIDAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.....	49
5.1.1	Aprovechamiento nutritivo de la Materia Seca (ANMS). ....	49
5.1.2	Aprovechamiento nutritivo del Extracto Etéreo (ANEE). ....	51
5.1.3	Absorción de Cenizas (ACEN). ....	54
5.1.4	Aprovechamiento nutritivo de la Energía Bruta (ANEB) y Energía Digestible Aparente (EDA).....	55
5.1.5	Aprovechamiento nutritivo de Proteína Cruda (ANPC). ....	58
5.1.6	Absorción de Calcio (ACa). ....	60
5.1.7	Absorción de fósforo (AP). ....	61
5.2	EFFECTO EN LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE <i>Oreochromis</i> spp. ALIMENTADA CON DIETAS EXTRUIDAS A PARTIR DE PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA. ....	63
5.2.1	Contenido de Materia Seca en la Composición Corporal (CCMS). ....	63
5.2.2	Contenido de Extracto Etéreo en la Composición Corporal (CCEE). .	65
5.2.3	Contenido de Proteína en la Composición Corporal (CCP). ....	66

5.2.4	Contenido de Cenizas en la Composición Corporal (CCEN). ....	68
5.2.5	Contenido de Energía Bruta en la Composición Corporal (CCEB). ...	70
5.3	ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN DEL EFECTO DEL APROVECHAMIENTO NUTRITIVO DE DIETAS EXTRUIDAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE <i>Oreochromis</i> spp.....	71
6	CONCLUSIONES. ....	76
7	RECOMENDACIONES.....	77
8	BIBLIOGRAFIA.....	78
9	ANEXOS.....	89

## LISTA DE CUADROS.

<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica de la Tilapia roja.....	18
<b>Cuadro 2.</b> Requerimiento nutricional de la Tilapia roja en fase de levante. ....	22
<b>Cuadro 3.</b> Resultado del análisis bromatológico de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha. ....	31
<b>Cuadro 4.</b> Balance de dietas usadas en la evaluación.....	32
<b>Cuadro 5.</b> Composición química de las dietas utilizadas en este estudio. ....	33
<b>Cuadro 6.</b> Peso promedio de los pellets de cada tratamiento.....	35
<b>Cuadro 7.</b> Descripción de tratamientos y variables de respuesta evaluadas. ....	48
<b>Cuadro 8.</b> Energía Digestible Aparente (EDA).....	57

## LISTA DE FIGURAS.

<b>Figura 1.</b> Morfología externa de la tilapia. ....	20
<b>Figura 2.</b> Morfología interna de la tilapia. ....	21
<b>Figura 3.</b> Elaboración del hidrolizado enzimático de vísceras de trucha. ....	29
<b>Figura 4.</b> Procedimiento separación de la proteína concentrada de hidrolizado de vísceras de trucha. ....	30
<b>Figura 5.</b> Preparación de materias primas y elaboración de las dietas. ....	34
<b>Figura 6.</b> Selección y transporte de los peces. ....	36
<b>Figura 7.</b> Recambio del agua. ....	38
<b>Figura 8.</b> Procedimiento de biometrías. ....	39
<b>Figura 9.</b> Procedimiento de recolección y conservación de heces. ....	40
<b>Figura 10.</b> Determinación de materia seca inicial. ....	42
<b>Figura 11.</b> Determinación de materia seca analítica. ....	43
<b>Figura 12.</b> Determinación de cenizas. ....	44
<b>Figura 13.</b> Determinación de extracto etéreo. ....	45
<b>Figura 14.</b> Determinación de energía. ....	46
<b>Figura 15.</b> Proceso de determinación de proteínas. ....	47
<b>Figura 16.</b> Aprovechamiento nutritivo de la Materia Seca (ANMS). ....	50
<b>Figura 17.</b> Aprovechamiento nutritivo del Extracto Etéreo (ANEE). ....	52
<b>Figura 18.</b> Absorción de Cenizas (ACEN). ....	54
<b>Figura 19.</b> Aprovechamiento nutritivo de la Energía Bruta (ANEB). ....	56
<b>Figura 20.</b> Aprovechamiento Nutritivo De Proteína Cruda (ANPC). ....	58
<b>Figura 21.</b> Absorción de Calcio (ACa). ....	60
<b>Figura 22.</b> Absorción de fósforo (AP). ....	62
<b>Figura 23.</b> Contenido de Materia Seca en la Composición Corporal (CCMS). ....	64
<b>Figura 24.</b> Contenido de Extracto Etéreo en la Composición Corporal (CCEE). ....	65
<b>Figura 25.</b> Contenido de Proteína en la Composición Corporal (CCP) ....	67
<b>Figura 26.</b> Contenido de Cenizas en la Composición Corporal (CCEN). ....	68
<b>Figura 27.</b> Contenido de Energía Bruta en la Composición Corporal (CCEB). ....	70
<b>Figura 28.</b> Correlación del Aprovechamiento Nutritivo del Extracto Etéreo (ANEE) y el contenido del Extracto Etéreo en la Composición Corporal (CCEE). ....	72
<b>Figura 29.</b> Correlación del Aprovechamiento Nutritivo de Proteína Cruda (ANPC) y el contenido de Proteína en la Composición Corporal (CCP). ....	72
<b>Figura 30.</b> Correlación de la Absorción de Cenizas (ACEN) y el contenido de Cenizas en la Composición Corporal (CCEN). ....	73
<b>Figura 31.</b> Correlación del Aprovechamiento Nutritivo de Materia Seca (ANMS) y el contenido de Materia Seca en la Composición Corporal (CCMS). ....	73

## **ANEXOS.**

<b>Anexo A.</b> Registro de recolección de heces.....	89
<b>Anexo B.</b> Registro toma de temperatura.....	90
<b>Anexo C.</b> Registro de alimentación.....	91
<b>Anexo D.</b> Registro de biometrías.....	92

## 1 INTRODUCCIÓN.

Las características geográficas de Colombia y sus condiciones climáticas inciden favorablemente sobre el desarrollo de la piscicultura, debido a que cuenta con 5 vertientes principales a lo largo de las costas del Pacífico y el Atlántico, así como las aguas interiores, especialmente en las principales cuencas de los ríos Magdalena, Amazonas, Orinoco y Sinú; estas vertientes cuentan con diferentes condiciones y nichos ecosistémicos, que han permitido favorecer la diversificación de especies acuícolas tanto tropicales como subtropicales y una amplia variedad de organismos acuáticos (OCDE, 2017).

En Colombia, el sector de la acuicultura está dominado en gran medida por la piscicultura de agua continental, donde la mayor participación la tienen los pequeños piscicultores, los cuales generan cerca de un tercio del volumen total. En dicha producción se encuentran especies introducidas y nativas, en donde predomina la producción de tilapia, cachama y trucha (OCDE, 2017). En la última década, se reportó un crecimiento constante del 10,04% en la producción nacional, pasando de generar 74.159 toneladas en 2011 a 174.067 toneladas en 2020; otro indicador de crecimiento es la generación de 55 mil empleos directos y 160 empleos indirectos aproximadamente (MADR, 2020).

Según la OCDE (2017), Colombia está tomando un nuevo rumbo en el camino del aprovechamiento sostenible de su potencial pesquero y acuícola. Así lo evidencian los recientes esfuerzos en materia de formulación de políticas para el desarrollo de los subsectores de la pesca y la acuicultura, además de esto, la piscicultura hoy en día figura como una de las cadenas agroindustriales de mayor importancia en la economía nacional, sin embargo, enormes cantidades de subproductos se generan con su aprovechamiento, lo que repercute en gastos económicos por su manejo e impactos negativos sobre el medio ambiente por la contaminación de suelos y fuentes hídricas, modificando los ecosistemas (Giraldo & Nieto, 2016).

A pesar de ser este un sector promisorio, viene enfrentando dificultades de diversa índole que han generado baja productividad y rentabilidad, y en consecuencia baja competitividad de la actividad pesquera y acuícola. Desde la política pública se han realizado esfuerzos para su fortalecimiento, particularmente con la creación de la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP); sin embargo, se requieren acciones integrales desde varios frentes para generar los cambios que el sector

necesita (Pinzón, 2018); uno de ellos es lograr la implementación de técnicas y tecnologías para la obtención de dietas de alta calidad nutricional y reducir costos de producción para mejorar la utilidad de las unidades piscícolas (Zavala & León, 2016).

Lo anterior debido, a que la alimentación en los sistemas piscícolas representa entre el 50 y el 70% de los costos de producción, esto se debe a que en la alimentación de peces se requieren materias primas de calidad para la obtención de dietas con alta concentración de nutrientes y energía; como la harina de pescado (Perea *et al.*, 2018), una de las más utilizadas globalmente. Sin embargo, los altos costos y escasez de las mismas en el mercado internacional justifican la importancia de evaluar estrategias que permitan la inclusión de nuevas fuentes proteicas como es el caso del hidrolizado de vísceras de pescado con el fin de mejorar la rentabilidad de los sistemas productivos (Macías *et al.*, 2015).

El aprovechamiento de residuos del eviscerado de peces por medio de procesos eficientes, mediante la aplicación de tecnologías como la hidrólisis de proteína, representa una alternativa nutricional de alta calidad que permite la sustitución de harina de pescado en las dietas para peces, ya que posibilita obtener un alimento de costo inferior al comercial sin afectar los índices productivos (Hleap & Gutiérrez, 2017), esto debido a que posee un excelente equilibrio en aminoácidos, buena digestibilidad, rápida absorción y valioso contenido nutricional (Zapata *et al.*, 2019). Sin embargo, se desconoce el efecto de la utilización de proteína hidrolizada de vísceras de trucha obtenida por separación mecánica en dietas extruidas para la alimentación de Tilapia roja en fase de levante.

De acuerdo con lo anterior, en este estudio se planteó el objetivo de conocer cuál es el efecto de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha en el aprovechamiento nutritivo y composición corporal de la Tilapia roja en fase de levante. Dónde para ello, se conoce que en la Asociación Productora y Comercializadora de Productos Acuícolas y Agrícolas de Silvia – APROPESCA, se generan aproximadamente 194 Ton/año de residuos producto del eviscerado, que pueden ser aprovechadas para la obtención de hidrolizados y ser incluidos como alimento para la producción de Tilapia roja. La tecnología de la hidrólisis permite el procesamiento integral de las vísceras de pescado con el fin de lograr alimentos inocuos, de alta calidad a menor costo (Perea *et al.*, 2017), esto ha estimulado el interés de los investigadores y las industrias mediante el estudio de procesos y tecnologías que conduzcan a materializarse en productos con potencial de mercado, que repercutan en beneficios

y nuevos desarrollos sobre los hidrolizados de pescado desde un aspecto tecnológico, nutricional y funcional (Perea, 2016). Por lo anterior, resulta importante conocer el efecto de la utilización de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha en dietas extruidas para Tilapia roja considerando aspectos como el aprovechamiento de nutrientes y energía, al igual que la composición corporal. Permitiendo valorar su calidad nutricional como alternativa de alimentación para la sustitución de la harina de pescado en dietas para peces.



## **2 OBJETIVOS.**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL.**

Evaluar el efecto de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha en el aprovechamiento nutritivo y composición corporal de *Oreochromis* spp.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

Evaluar el aprovechamiento de nutrientes, energía y absorción de minerales en fase de levante de Tilapia roja alimentada con dietas extruidas a partir de utilización de proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha como alternativa nutricional.

Determinar el efecto en la composición corporal de *Oreochromis* spp alimentada con dietas extruidas a partir de la utilización de proteína hidrolizada concentrada por separación mecánica como alternativa de nutrición.

### 3 MARCO REFERENCIAL.

#### 3.1 MARCO TEÓRICO.

**3.1.1 Descripción general de la Tilapia roja (*Oreochromis* spp.).** La Tilapia roja principalmente es producto del cruce de cuatro especies (*Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. aurea*), como resultado se obtuvo un híbrido capaz de reproducirse (Méndez *et al.*, 2018). Lo anterior ha permitido la obtención de un pez cuya coloración fenotípica puede ir desde el rojo cereza hasta el albino, con forma robusta, de poca exigencia respiratoria, capaces de soportar el calor y bajos niveles de oxígeno (Noriega *et al.*, 2020). Además, 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 *et al.*, 2018). En el cuadro 1, se presenta la clasificación taxonómica de la Tilapia roja.

**Cuadro 1.** Clasificación taxonómica de la Tilapia roja.

TAXONOMÍA	
Filo	Vertebrata
Subfilo	Craneata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Familia	Cichlidae
Género	<i>Oreochromis</i>
Especie	<i>Oreochromis</i> spp.

Fuente: Méndez *et al.* (2018).

**3.1.2 Distribución geográfica e historia en Colombia.** La tilapia es un pez dulceacuícola originario del África que posee muchas características que la convierten en un excelente pez para acuicultura (Jacome *et al.*, 2019), debido a su adaptabilidad y potencial reproductivo a través de los años se han introducido en

varios ecosistemas tropicales y sub-tropicales. Se reporta su producción en 85 países de cuatro continentes (Asia, Europa, África y América) y el 98% de toda la actividad se realiza fuera del ambiente normal de las tilapias (Cornejo, 2017). A Colombia fueron introducidas directamente al Instituto Nacional de Piscicultura Tropical procedentes de Brasil que a su vez la había introducido desde Jamaica en la época de los 60's, siguiendo su curso es reintroducida desde los Estados Unidos a Colombia para su investigación e impacto ambiental, directamente por la Universidad de Caldas, INDERENA introduce al Valle del Cauca en 1964. En la búsqueda de alternativas productivas el gobierno de Colombia fortaleció la acuicultura apoyando la investigación, transferencia tecnológica y la capacitación por lo que hubo la necesidad de construir las estaciones de repelón (Atlántico) y Gigante (Huila), perteneciente al instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, actualmente Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca-AUNAP (Parrado, 2012).

**3.1.3 Etiología.** Es una especie de fácil reproducción, alta productividad; al igual se resalta su resistencia a enfermedades, tolerancia a desarrollarse en condiciones de alta densidad, habilidad para sobrevivir a bajas concentraciones de oxígeno y un rápido crecimiento, factores importantes en una producción (Sierra & Marroso, 2019). Estos son atributos favorables que convierten a esta especie en uno de los géneros más apropiados para la piscicultura rural. Además de contar con algunas características para el mercado, como: carne blanca de buena calidad, buen sabor, ausencia de espina intramuscular, buena talla, que le confiere una preferencia y demanda comercial en la piscicultura mundial (Corantioquia, 2016).

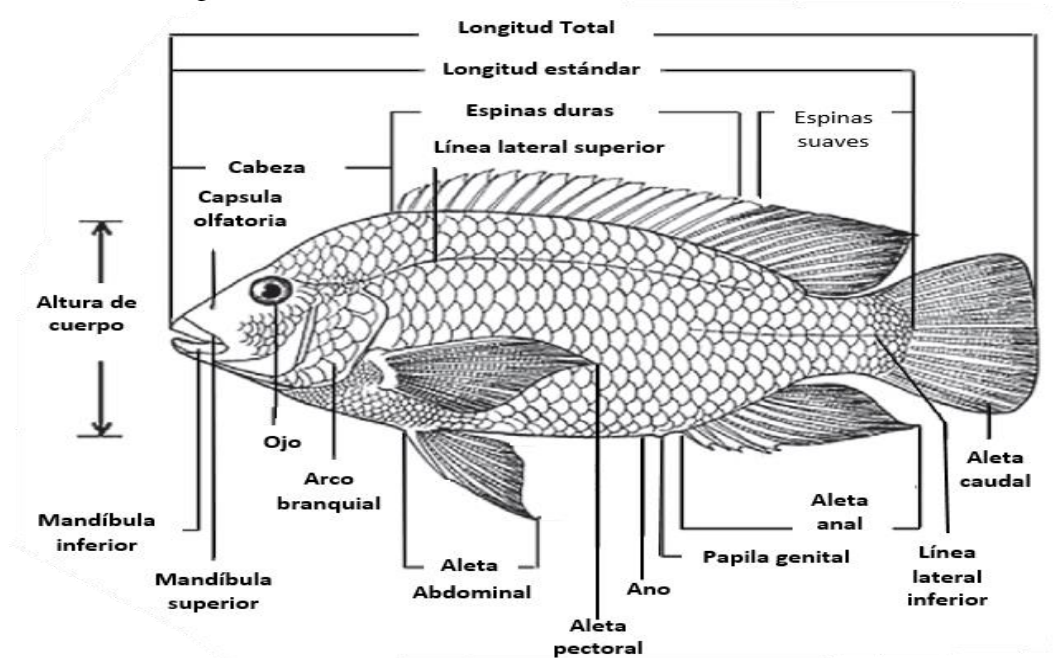
La alta eficiencia reproductiva se debe a la alta fecundidad, la reproducción precoz, la tolerancia a amplias variaciones de temperaturas, salinidad y contenido de oxígeno disuelto en el agua. Además, la amplitud de alternativas de selección de alimentos (Saavedra, 2018).

**3.1.4 Condiciones ambientales.** La Tilapia roja tiene la capacidad para adaptarse a diferentes cambios en calidad de agua, donde se consideran unos rangos amplios de tolerancia descritos a continuación: la temperatura del agua debe estar entre los 25 - 32 °C, oxígeno disuelto entre 3 - 5 mg/L, pH de 6,5 - 8,5 ya que la tilapia crece mejor en aguas de pH neutro o levemente alcalino, alcalinidad total entre 50 - 150 mg/L, dureza entre 80 - 110 mg/L, nitritos de 0 - 0,1 mg/L, nitratos de 1,5 - 2 mg/L, amonio total con rangos entre 0,1 mg/L y la turbidez óptima debe mantenerse entre 0 - 5 unidades de turbiedad (Valenzuela *et al.*, 2018)

**3.1.5 Morfología externa e interna de la Tilapia roja.** Las tilapias presentan cuerpo alto y robusto comprimido lateralmente, la cabeza es pequeña en relación con la longitud del cuerpo. Presenta escamas grandes y fuertes tipo cicloides, la línea lateral es interrumpida en dos partes, la aleta anal es corta con presencia de varias espinas y de 8 a 11 radios, tienen boca protráctil ancha con los labios carnosos y gruesos, dientes tipo cónico y algunas veces incisivos; la parte anterior de las aletas dorsal y anal es corta que consta de varias espinas y la parte terminal tiene radios suaves, la parte anterior superior se extiende desde el opérculo hasta los últimos radios de la aleta dorsal, mientras que en la porción inferior aparecen varias escamas por debajo de donde termina la línea lateral superior hasta el final de la aleta caudal, y presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza (Martínez *et al.*, 2011). Ver figura 1.

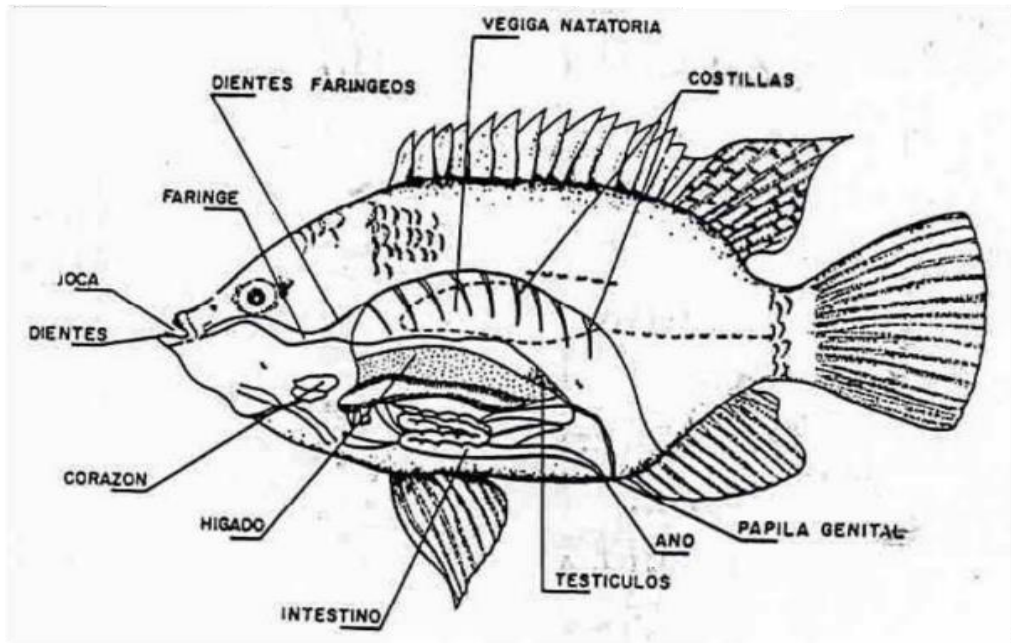
El sistema digestivo de la Tilapia, se inicia en la boca, con dientes mandibulares, continua en el esófago hasta el estómago, el intestino es de forma de tubo hueco y redondo que se adelgaza después del píloro, diferenciándose en dos partes, una inferior corta que corresponde al duodeno y una posterior más grande de menor diámetro; el intestino es hasta 7 veces más largo que la longitud total del cuerpo del pez, característica que predomina en las especies herbívoras-omnívoras (Martínez *et al.*, 2011). Ver figura 2.

**Figura 1.** Morfología externa de la tilapia.



Fuente: Pérez *et al.* (2015)

**Figura 2.** Morfología interna de la tilapia.



Fuente: Pérez *et al.* (2015)

**3.1.6 Hábitos alimenticios y requerimientos nutricionales.** El género *Oreochromis* se clasifica como omnívoro, por presentar diversidad en los alimentos vegetales y animales que ingiere, variando desde vegetación macroscópica hasta algas unicelulares, bacterias, tendiendo hacia el consumo de zooplancton, huevos, larvas, insectos, entre otros. Estos por estar provistos de branquio-espinas con los cuales pueden filtrar el agua para obtener su alimentación consistiendo en algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos pasan a la faringe donde son mecánicamente desintegrados por los dientes faríngeos. Esto ayuda en el proceso de absorción en el intestino. Una característica de la mayoría de las tilapias es que aceptan fácilmente los alimentos suministrados artificialmente. Para su producción se han empleado diversos alimentos, tales como plantas, desperdicios de frutas, verduras y vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos ellos empleados en forma suplementaria. La base de la alimentación de la tilapia la constituyen los alimentos naturales que se desarrollan en el agua (Tite, 2016).

Las tilapias aceptan también alimento balanceado en forma de pastilla, pellets o cumbels cuando se encuentran en cautiverio (Rivera, 2019). Los nutrientes que requieren los peces para su crecimiento, reproducción y otras funciones fisiológicas son semejantes a aquellos requeridos por las especies terrestres, donde los peces

necesitan consumir proteínas, minerales, vitaminas y fuentes energéticas (CETAQUA, 2017). En el cuadro 2, se muestran los requerimientos nutricionales de la Tilapia roja.

**Cuadro 2.** Requerimiento nutricional de la Tilapia roja en fase de levante.

<b>Componente</b>	<b>Requerimiento</b>
Proteína cruda	30 - 32%
Lípidos	10 - 15%
Energía digestible	3000 - 3200 kcal/kg
Lisina	1,53%
Metionina	0,92%
Calcio	0,7%
Fósforo	0,8 - 1%

**Fuente:** CETAQUA, 2017.

**3.1.7 Composición corporal de la Tilapia.** El agua es uno de los componentes del pescado que más fluctuaciones presentan, por factores específicos como el desove, que a su vez depende de la especie, es un proceso en el cual se incrementa la cantidad de agua en la carne del pescado, como consecuencia del agotamiento de las reservas energéticas y la edad del pez (Hernández *et al.*, 2022). En la tilapia se ha encontrado que un 72,96% de las muestras frescas corresponde a la humedad (Paul *et al.*, 2018).

Se ha hallado un porcentaje de 17,63 de proteína en base húmeda (Younis *et al.*, 2017) y un porcentaje de 78,23 de proteína en base seca para la Tilapia roja (Taufek *et al.*, 2020), donde la alimentación se considera como un factor influyente sobre este parámetro, ya que aquellas especies que atraviesan procesos de intensa alimentación, sobre todo en los criaderos, presentan mayor contenido de proteínas, debido a la extensión de las fibras musculares y aumento de la masa muscular (Paul *et al.*, 2018).

La grasa es el tercer componente mayoritario de la composición química del pescado, luego del agua y las proteínas, y es el que más oscilaciones presenta, se encuentra estrechamente relacionado con el contenido acuoso del pez y en tilapia se encuentra en una media de 21,6% del contenido total (Rodríguez de Oca & Dabrowski, 2015).

El porcentaje de cenizas totales es un componente químico minoritario del pescado que sufre variaciones en menor proporción en comparación con los demás constituyentes; dependiendo de la especie, la absorción de los minerales se puede realizar mediante dos vías: la superficie corporal o las branquias, razón por la cual la distribución y almacenamiento de cada micronutriente es diferente; además, los requerimientos de minerales son específicos de cada especie (Nidia, 2017). Adicionalmente, la capacidad metabólica del pez y el estado fisiológico son factores relevantes (Devi & Devi 2016). Otro factor importante es la biodisponibilidad de los micronutrientes, que, a su vez, dependen de su interacción con el resto de los componentes químicos y la concentración de los minerales en el agua y en los alimentos ingeridos, para la Tilapia roja el porcentaje de cenizas totales es de 13,9% (Rodríguez de Oca & Dabrowski, 2015). El contenido de energía en el pescado es de 5441 Kcal/Kg de materia seca (Aguilar, 2010).

**3.1.8 Proteína hidrolizada de subproductos de pescado como alternativa en la alimentación de peces.** El procesamiento del pescado conduce a una eliminación significativa de partes del mismo, como cabezas, huesos, espinas, vísceras, entre otros (FAO, 2018). Sin embargo, estos residuos pueden ser utilizados de manera eficiente para múltiples propósitos, una alternativa a estos subproductos es utilizarlos para producir hidrolizados, debido a que es una importante fuente de nutrientes y al realizarse la hidrólisis ocurre una disminución en el tamaño de la proteína, convirtiéndolas en péptidos y aminoácidos libres, modificando las características funcionales de las mismas, por lo que se mejora su calidad y aprovechamiento (Lleren & Rodríguez, 2017). Estos ingredientes alternativos proporcionan perfiles nutricionales adecuados, con los cuales es posible sustituir parcial o totalmente la harina de pescado en la dieta para peces, resultando ser factible económica y ambientalmente (Cardoso *et al.*, 2020).

Los hidrolizados de proteínas pueden obtenerse por hidrólisis (enzimática o química) para proporcionar péptidos y aminoácidos libres, que tienen propiedades nutricionales y funcionales que pueden influir en la aceptabilidad y palatabilidad de los alimentos (García *et al.*, 2019). Además, tienen propiedades de textura, viscosidad y tamaño de partícula reducido que promueven la optimización de la absorción de nutrientes por los animales. Estas propiedades pueden influir en el aumento de la actividad enzimática y la capacidad de absorción intestinal,

resultando en mejores índices de digestibilidad y, en consecuencia, beneficiando el crecimiento, la supervivencia y la inmunidad innata de los peces (Cardoso *et al.*, 2020).

**3.1.9 La digestibilidad como alternativa para la valoración del aprovechamiento nutritivo de alimentos para peces.** La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. La digestibilidad es uno de parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a alimentación acuícola, debido a que no basta que la proteína u otro elemento se encuentre en altos porcentajes en el alimento (o en sus insumos) sino que debe ser digerible para que pueda ser asimilado y, por consecuencia, aprovechado por el organismo que lo ingiere, por lo tanto, constituye una excelente medida de calidad (Manríquez, 2016).

## **3.2 MARCO HISTÓRICO.**

**3.2.1 Antecedentes.** A continuación, se citan algunos estudios realizados a nivel nacional e internacional sobre la inclusión de hidrolizados a partir de residuos de origen animal como alternativa en dietas para la alimentación piscícola.

En Brasil, se determinó la palatabilidad convincente de diferentes hidrolizados de proteínas para los juveniles de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Donde se formularon tres dietas experimentales con un nivel de inclusión del 5% de proteína hidrolizada de aves, proteína hidrolizada de hígado de cerdo, proteína hidrolizada de plumas y un tratamiento control que contenía 5% de harina de pescado. En las cuatro dietas, se ofreció la misma cantidad de pellets y se registraron los comportamientos de alimentación, en donde se concluye que la dieta de hidrolizado de aves proporcionó la palatabilidad más atractiva para los juveniles de tilapia del Nilo, al mostrar un aumento del 10,82% en el índice de palatabilidad, 17% del consumo final de alimento y proporcionó el menor rechazo de pellets (Alves *et al.*, 2019).

En Portugal, se evaluó el efecto de remplazar la harina de pescado por harina de subproductos avícolas (PBM) en dietas comerciales para juveniles de dorada (*Sparus aurata*) sobre el rendimiento del crecimiento, la digestibilidad de la dieta, la función digestiva, el microbiota intestinal y proporcionar un análisis económico del uso de (PBM) en dietas. Se formularon seis dietas que incluían niveles crecientes (de 0 a 37,5%) de PBM en sustitución de la harina de pescado, No se observaron



diferencias entre los grupos en el rendimiento del crecimiento, el consumo voluntario de alimento, la eficiencia alimenticia, la utilización de nitrógeno y la composición corporal total. La actividad de las enzimas digestivas y el coeficiente de digestibilidad aparente (ADC) de proteínas, fósforo y energía tampoco se vieron afectados. El costo de la formulación de la dieta disminuyó con el reemplazo dietético de la harina de pescado por harina de subproductos avícolas (PBM), lo que destaca el potencial de la inclusión de subproductos avícolas en las dietas comerciales. En general, este estudio indica que el FM dietético podría reemplazarse al menos hasta en un 83 % con PBM en las dietas para juveniles de dorada sin afectar el rendimiento del crecimiento y la utilización del alimento al tiempo que mejora la eficiencia económica de estas dietas (Fontinha *et al.*, 2021).

En Irán, se estudió los efectos del hidrolizado de proteína visceral (VPH) de la trucha arcoíris en el rendimiento de los juveniles de (*Oncorhynchus mykiss*). Se prepararon cuatro dietas incluyendo una libre de VPH como control y tres dietas con 5, 10 y 20 g/kg de inclusiones de VPH. Los resultados finales mostraron las cantidades máximas de aumento de peso y tasa de crecimiento específica (SGR) y el valor más bajo de tasa de conversión alimenticia (FCR) en peces alimentados con 10 g/kg de VPH. Los mayores contenidos de proteína y grasa de la canal se observaron en el tratamiento con 10 g/kg de VPH y en la dieta de control, respectivamente ( $p < 0,05$ ). La mayor digestibilidad de grasa y materia seca se registraron en peces alimentados con 5 g/kg de VPH, mientras que las dietas de control y 10 g/kg de VPH mostraron los niveles más altos de digestibilidad de proteínas ( $p < 0,05$ ). La inclusión en la dieta de VPH mejoró la actividad de la enzima antioxidante. Los resultados indican que una dieta que contiene 10 g/kg de inclusión de VPH puede mejorar el rendimiento del crecimiento y algunos otros factores examinados en los juveniles de *Oncorhynchus mykiss* (Javaherdoust *et al.*, 2020).

En Corea del Sur, se realizó un estudio para examinar y optimizar los niveles de inclusión de hidrolizado de camarón (SH) o hidrolizado de tilapia (TH) en dietas bajas en harina de pescado para platija de aceituna (*Paralichthys olivaceus*). Donde se formularon diferentes dietas, una a base de harina de pescado (HFM) y una dieta que contenía concentrado de proteína de soja (SPC) como sustituto de la harina de pescado con un nivel de sustitución del 50% (LFM) y seis dietas más con suplementación de SH o TH a la dieta LFM en diferentes niveles de inclusión de 15 g/kg, 30 o 45 g/kg. Donde los resultados obtenidos fueron que la digestibilidad de materia seca y proteína de las dietas mejoró significativamente mediante la incorporación de SH o TH, la inmunidad innata de los peces mejoró significativamente con la suplementación dietética de hidrolizado de camarón o hidrolizado de tilapia y se concluye que el nivel óptimo de inclusión en una dieta LFM basada en SPC podría ser ~30 g/kg y 15-30 g/kg, para *Paralichthys olivaceus* (Gunathilaka *et al.*, 2020).

En Brasil, se realizó un estudio en el que se determinó la composición físico-química y la digestibilidad aparente de hidrolizados de proteínas a partir de subproductos cárnicos del procesamiento de aves y cerdos donde se formularon cinco dietas, con una dieta de referencia y cuatro dietas de prueba compuestas por el 80% de la dieta de referencia y el 20% de proteína hidrolizada (HSLP=hígado de cerdo, HSMP=mucosa porcina, HFP= plumas, y HPP=pollo) obteniendo un coeficiente de digestibilidad aparente de aminoácidos esenciales y no esenciales del 98,59% para HSMP seguida por HFP con 95,45%, HPP con 93,85% y HSLP con 90,54% donde se concluye que los hidrolizados evaluados mostraron valores altos de las fracciones nutricionales de interés para la acuicultura, además de altas tasas de digestibilidad aparente para la tilapia del Nilo (Cardoso *et al.*, 2020).

En Cuaca Colombia, se realizó un estudio donde se evaluaron procesos para la obtención de ensilaje de residuos de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como alternativa para alimentación animal; donde se utilizaron ocho tratamientos: cuatro de ensilajes químicos y cuatro biológicos. Las variables determinadas fueron pH, acidez titulable, consistencia, perfil microbiológico y la caracterización nutricional mediante análisis de composición química y pruebas de digestibilidad *in-vitro*. Para el pH, los tratamientos con adición de ácido fórmico presentaron valores inferiores 3,26; para la acidez titulable, los tratamientos con inclusión de melaza generaron porcentajes más altos 3,78 y 3,56%; los ensilados preparados con vísceras enteras lograron un grado de licuefacción mayor (9,75 – 20,38 cm/30s), la digestibilidad *in-vitro* de la materia seca de los ensilajes estuvo por encima del 96% y esta fue equivalente a la encontrada en la harina de pescado. Los ensilajes constituyen una alternativa de buena calidad para la alimentación animal debido al contenido de nutrientes que presentan (Perea *et al.*, 2017).

En Nariño Colombia, se evaluó el efecto de harina de hidrolizado de vísceras en el crecimiento de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). Donde el objetivo fue evaluar el efecto de la inclusión de la harina de hidrolizado de vísceras, en dietas para alevines de trucha variedad “Kamloop”, en términos de ganancias de peso, talla, biomasa, conversión alimenticia aparente y sobrevivencia. Donde el tratamiento con 20% de hidrolizado de vísceras registró mejores ganancias ( $p \leq 0.005$ ) de peso, talla, biomasa, conversión alimenticia aparente y sobrevivencia promedio. La incorporación de hidrolizados de vísceras de peces, como fuente proteica en dietas balanceadas de trucha, mejoran las variables zootécnicas de la producción piscícola, debido al valor biológico de las dietas que contiene el hidrolizado (López & Benavides, 2020).

En Cuaca Colombia, se evaluó los rendimientos y caracterización química, de la proteína hidrolizada obtenida de 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).

En Caquetá Colombia, se evaluó la digestibilidad de dietas con harina de hidrolizado de pescado, para el levante de arawana (*Osteoglossum bicirrhossum*). Donde el objetivo fue analizar la digestibilidad de los diferentes componentes nutricionales y energéticos en dietas balanceadas con niveles de harina de hidrolizado de vísceras de cachama en la fase de alevinaje de arawana, donde se emplearon cuatro tratamientos con diferentes niveles de inclusión de extracto seco de hidrolizado de vísceras de cachama (T0=0%HP; T1=10%HP; T2=20% y T3=30%) en donde obtuvieron resultados con coeficientes de digestibilidad superiores al 60% en los tratamientos con inclusión del 10% y 30% en lo referente a proteína, lípidos y coeficientes de Utilización Energética (CUE); demostrando la importancia de incluir el extracto seco de hidrolizado de vísceras de cachama, en las dietas de los peces para mejorar las distintas variables zootécnicas (Paz *et al.*, 2015).

## 4 METODOLOGÍA

A continuación, se describe la metodología utilizada para la evaluación del efecto de la proteína hidrolizada en el aprovechamiento nutritivo y la composición corporal de la Tilapia roja; cabe resaltar que, durante la evaluación se tuvieron en cuenta los criterios normativos de bienestar animal (MADR, 2017; MADR, 2020).

### 4.1 LOCALIZACIÓN.

La investigación se desarrolló en la caseta de bioensayos del laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, que se encuentra ubicada en la vereda las Guacas del municipio de Popayán departamento del Cauca, este espacio está delimitado geográficamente con las coordenadas 02° 45' 08,91" Latitud Norte y 76° 55' 10.86" Longitud Oeste, a una altura promedio de 1.737 m.s.n.m, temperatura promedio 19°C y 1.800 mm de precipitación anual.

### 4.2 MATERIAL BIOLÓGICO.

El material biológico utilizado para evaluar el efecto de diferentes grados de hidrólisis sobre el aprovechamiento nutritivo y la condición corporal en la Tilapia roja se describe a continuación:

**4.2.1 Juveniles de Tilapia roja (*Oreochromis spp*).** En el ensayo se utilizaron 180 juveniles monosexo de Tilapia roja con un peso promedio de 46,4±8 gramos; los cuales fueron distribuidos en 5 tratamientos y tres réplicas, ubicando en grupos de 12 juveniles por tanque de 250 litros de volumen útil. Los peces fueron suministrados por la empresa PROPISCOL ubicada en la vereda Santa María del municipio de Santander de Quilichao, y se evaluaron durante un periodo de 30 días más 15 de acostumbramiento.

**4.2.2 Elaboración del hidrolizado enzimático de vísceras de trucha.** Para la preparación del hidrolizado se utilizaron vísceras de trucha obtenidas en el municipio de Silvia de la Asociación Productora Comercializadora de Productos Acuícolas y Agrícolas de Silvia Cauca (APROPESCA), estas fueron transportadas hasta el laboratorio de Biotecnología en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Del Cauca. Las vísceras fueron mezcladas con 2,5% de ácido fórmico

al 85% masa/volumen, 0,25% de benzoato de sodio como antifúngico y 0,1% de Butil-Hidroxi-Tolueno (BHT) como antioxidante. Se almacenaron en recipientes plásticos cerrados de 40 kg con un espacio de cabeza del 30% a temperatura ambiente, durante 7 días (Perea *et al.*, 2017), tiempo en el cual finaliza el proceso de hidrólisis y se obtiene un producto estable microbiológica y nutricionalmente. Finalmente, se procedió a detener la hidrólisis mediante secado en horno BINDER a 60°C durante 12 horas (Perea *et al.*, 2018) y su posterior almacenamiento. En la figura 3 se ilustra las diferentes etapas del procedimiento.

**Figura 3.** Elaboración del hidrolizado enzimático de vísceras de trucha.



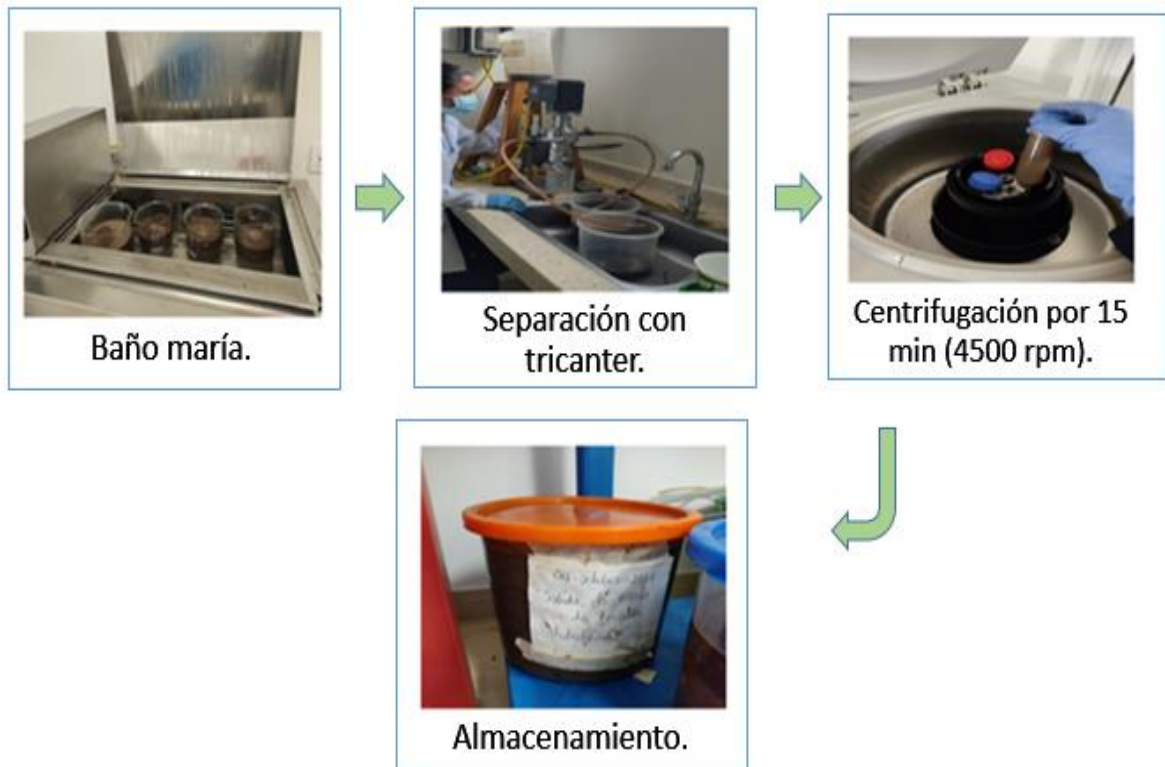
Fuente: Este estudio, 2023.

### 4.3 OBTENCIÓN DE LA PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.

Para obtener la proteína hidrolizada concentrada utilizada en las dietas extruidas para la alimentación de juveniles de Tilapia roja, se llevaron a cabo diferentes operaciones; en primer lugar, se sometió a baño María el HVT durante 15 minutos,

posterior a eso se realizó separación mediante centrifugación por tricanter y por último se sometió el material a centrifugado por 15 minutos a 4500 rpm, todo esto con el fin de permitir la separación de aceite-agua-sólidos (Shokrian *et al.*, 2018). A continuación, en la figura 4 se ilustra el proceso de separación de proteína.

**Figura 4.** Procedimiento separación de la proteína concentrada de hidrolizado de vísceras de trucha.



Fuente: Este estudio, 2023.

Una vez obtenida la proteína hidrolizada concentrada, se realizó la caracterización bromatológica para su incorporación en las dietas a formular, para lo cual se analizó 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® (Cardona *et al.*, 2012), Cenizas (AOAC 942,05; AOAC, 1990), Los resultados se indican en el cuadro 3.

**Cuadro 3.** Resultado del análisis bromatológico de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

Grado de hidrólisis (%).	50,67 ± 2,57
Materia seca (%).	27,29 ± 0,35
Proteína bruta (%).	67,66 ± 0,84
Extracto etéreo (%).	7,721 ± 0,25
Cenizas (%).	5,86
Energía (Kcal/Kg).	4533,4±227,3
Fibra (%).	0,01

Fuente: Este estudio, 2023.

#### **4.4 BALANCE Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS.**

Una vez se obtuvo la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha mediante separación mecánica, se realizó la formulación y posterior mezclado para la preparación de las dietas. Para lo cual, se utilizó una dieta de referencia (sin proteína hidrolizada concentrada) cuya composición nutricional se cita en el cuadro 4 y cuatro dietas con proteína hidrolizada concentrada para la sustitución de la harina de pescado en la fase de levante de la Tilapia roja, como se describen a continuación: T1: 100% harina de pescado, T2: 75% harina de pescado + 25% proteína hidrolizada concentrada, T3: 50% harina de pescado + 50% proteína hidrolizada concentrada, T4: 25% harina de pescado + 75% proteína hidrolizada concentrada y T5: 100% proteína hidrolizada concentrada a las cuales se les realizó un análisis químico, los resultados se presentan en el cuadro 5.

**Cuadro 4.** Balance de dietas usadas en la evaluación.

<b>Materia prima</b>	<b>T1(100% HP*)</b>	<b>T2(75%HP;25%PHVT**)</b>	<b>T3(50%HP; 50%PHVT)</b>	<b>T4(25%HP; 75%PHVT)</b>	<b>T5 (100%PHVT)</b>
	<b>g/Kg</b>	<b>g/Kg</b>	<b>g/Kg</b>	<b>g/Kg</b>	<b>g/Kg</b>
Harina de pescado.	320	240	160	80	0
Harina trigo.	39,0	30	1,5	6,5	1,0
Aceite vegetal.	20	20	26,3	33,3	42,1
Fosfato Bicálcico.	8,9	6,0	6,0	5,0	10,2
DL-metionina.	5,7	3,5	3,5	4,0	3,4
Premix***	20	20	20	20	20
Triptófano.	2,6	2,2	2,9	4,1	25,3
Salvado de maíz.	20	36,6	1,5	1,0	1,0
Torta de soya.	360	360	360	340,7	298,3
Harina de maíz amarillo.	101,8	61,5	10	10	1,0
Mogolla de trigo.	42,0	17,1	20	20	1,0
Harina de yuca.	30	86,5	187,2	186,3	228,0
Carbonato de calcio.	0	6,7	11,1	19,2	18,6
Bentonita.	10	10	10	10	10
Sal.	10	10	10	10	10
Óxido crómico-Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10	10	10	10	10
Proteína hidrolizada de vísceras de trucha.	0	80	160	240	320
<b>TOTAL</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>

\*HP: Harina de pescado. \*\*PHVT: Proteína hidrolizada de viseras de trucha. \*\*\*Premix: premezcla de vitaminas, minerales y aditivos – Biomix S.A© (Composición por kilogramo de producto): vitamina A (800.000 UI); vitamina D3 (300.000 UI); vitamina E (11,0 g);vitamina K (2,2 g); vitamina B12 (0,01 g); tiamina (0,6 g); riboflavina (3,6 g); piridoxina (5,6 g);biotina (0,08 g); ácido pantoténico (6,8 g); niacina (5,6 g); ácido fólico (1,0 g); vitamina C (25,0 g);cloruro de colina (70,0 g); yodo (0,3 g); selenio (0,05 g); hierro (6,0 g); cobre (1,2 g); zinc (16,0 g);manganeso (7,0 g); cobalto (0,1 g); Antioxidante (30,0 g)

Fuente: Este estudio, 2023.



**Cuadro 5.** Composición química de las dietas utilizadas en este estudio.

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA DIETA.</b>					
<b>Composición.</b>	<b>T1(100 %HP*)</b>	<b>T2(75%HP ;25%PHV)</b>	<b>T3(50%HP; 50%PHVT)</b>	<b>T4 (25HP ;75%PHVT)</b>	<b>T5(100% PHVT***)</b>
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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

\*HP: Harina de pescado.

\*\*PHVT: Proteína hidrolizada de viseras de trucha

Fuente: Este estudio, 2023.

Para la preparación de las dietas las materias primas como; la harina de pescado, torta de soya, maíz amarillo, mogolla de trigo, harina de yuca y salvado de maíz fueron pulverizadas en un molino y posteriormente pasadas por un tamiz de 425 µm, se homogenizaron en una batidora SIMAG SM-401 durante 25 minutos, seguidamente se marcaron con óxido crómico (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) a razón del 1% del total formulado (Perea *et al.*, 2011) para su posterior extrusión, la cual fue realizada en la empresa Alimentos Concentrados del sur, ubicada en el municipio de Garzón departamento del Huila, en un extrusor industrial de tornillo simple a una temperatura de 120°C y velocidad de tornillo de 144 rpm, finalmente se realizó el secado de los pellets en un secador industrial a una temperatura de 50°C hasta que alcanzaran una humedad del 7% (Hoyos *et al.*, 2018). A continuación, en la figura 5 se indica el proceso de la preparación.

**Figura 5.** Preparación de materias primas y elaboración de las dietas.



Fuente: Este estudio, 2023.

El peso promedio de los pellets se obtuvo realizando un cuarteo de cada dieta, para esto se dispuso el concentrado en una bandeja y se dividió en cuatro partes, se seleccionó una de estas, seguidamente se agregó más concentrado a la bandeja y se volvió a tomar una cuarta parte, de esta ya se seleccionaron 30, 50 y 100 pellets al azar, se pesaron uno a uno en una balanza analítica y se obtuvo un promedio de cada grupo, por último se promedió el resultado de los tres grupos (30, 50 y 100) y así obtuvo el peso promedio de pellets para cada tratamiento, los resultados se indican en el cuadro 6.

**Cuadro 6.** Peso promedio de los pellets de cada tratamiento.

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso promedio (g)</b>
T1 (100%HP*)	0,05068 ± 0,00278
T2 (75%HP;25%PHVT**)	0,04958 ± 0,00021
T3 (50%HP;50% PHVT)	0,05156 ± 0,00339
T4 (25%HP;75%PHVT)	0,05209 ± 0,00011
T5 (100%PHVT)	0,04948 ± 0,00042

\*HP: Harina de pescado. \*\*PHVT: Proteína hidrolizada de viseras de trucha.  
Fuente: Este estudio, 2023.

#### **4.5 PLAN DE MANEJO.**

Para el recibimiento de los peces se realizó la debida adecuación y desinfección de instalaciones y equipos. Se adelantó un exhaustivo chequeo, un lavado y desinfección de tanques cilindro-cónicos, del tanque de abastecimiento, paredes, pisos y equipos con una solución de 100 ppm de yodo, para las jaulas y equipos como termostatos, aireación, termómetro, mallas de pesca se utilizó una solución de hipoclorito de sodio a razón de 100 ppm.

**4.5.1 Selección y transporte de los peces.** Los peces fueron transportados en bolsas con oxígeno (Ver figura 6) hasta el laboratorio de biotecnología en la Universidad del Cauca en horas de la mañana (6:00 – 8:00 a.m.). Llegados al sitio de estudio se dispusieron en los tanques cónicos preparados anteriormente, los cuales contaban con sistema de aireación por Blower.

**Figura 6.** Selección y transporte de los peces.



Fuente: Este estudio, 2023.

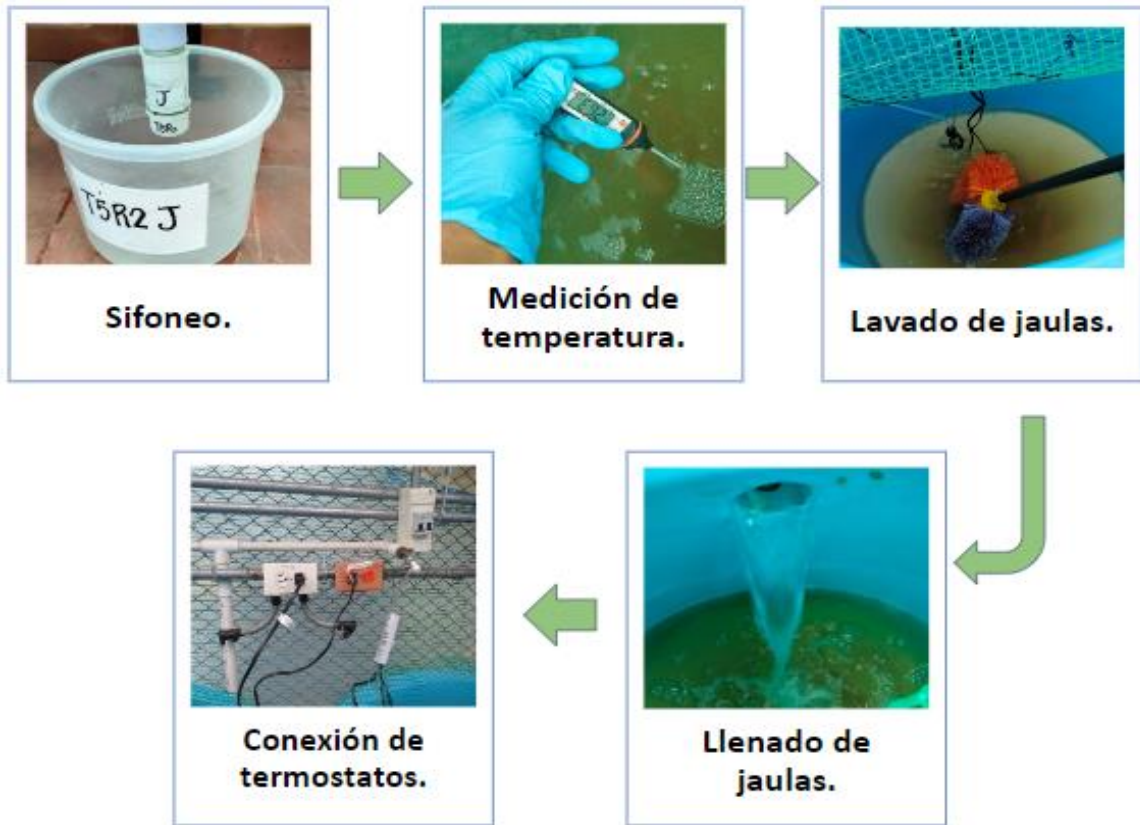
**4.5.2 Tratamiento profiláctico.** El transporte genera a los peces una considerable disminución del potencial inmunológico, con el fin de evitar patologías e infecciones se sometieron a un tratamiento profiláctico que generalmente es utilizado por los productores. El procedimiento consistió en preparar una mezcla de azul de metileno a una concentración de 1 gr/20 litros de agua, de esta solución se agregaron 100 ml a cada jaula durante 5 días. La sal marina se aplicó a razón de 1g/L de agua.

**4.5.3 Acostumbramiento.** Este periodo fue de quince días, durante el cual los peces fueron alimentados con concentrado comercial con el fin de evitar un cambio drástico en los hábitos respecto a su anterior plan de manejo. Durante este tiempo se establecieron las condiciones del manejo.

**4.5.4 Cronograma y manejo de alimentación de juveniles de Tilapia roja.** El ensayo tuvo una duración de cuarenta y cinco días (quince de adaptación y treinta de evaluación), durante el cual se alimentaron los peces 3 veces al día; a las 8:30 am; 12m y 3:30 pm (Ver anexo C), para cada momento de alimentación la ración se distribuyó en tres fracciones, pasando así por cada réplica tres veces, con esto, se logró que los peces capturaron la mayor cantidad de pellets hasta la saciedad aparente al igual que en el periodo de acostumbramiento, el tiempo promedio de cada alimentación fue de una hora (Perea *et al.*, 2021). Después de alimentar se recolectaron los pellets no consumidos del fondo por medio de sifoneo y con un cedazo los de la superficie, con el fin de determinar la cantidad real de alimento consumido.

**4.5.5 Cambio y recambio de agua.** El agua que se usó durante todo el proceso, comprendiendo tanto acostumbramiento como los días de evaluación, es del acueducto de Popayán Cauca, la cual contiene cloro que puede afectar a los individuos, para ello, se trató con tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) utilizando 1g/100 L, para inactivar el cloro, y sal marina a razón de 1 gr/L como anti estresante y para prevenir enfermedades. Se utilizó un tanque de fibra de vidrio con capacidad de 4000 L como reservorio de agua. Se realizaron dos tipos de recambios, uno parcial y otro total. El primero se realizó diariamente que consistía en recirculación de agua donde en primer lugar se evacua el 80% del agua de las jaulas que se iba almacenando en el tanque reservorio, una vez cepillados y limpiados con especial cuidado, se llenaba nuevamente las jaulas del mismo reservorio del cual era extraída por medio de motobomba. En el segundo caso, el 95% del agua era sustituida por agua limpia cada cinco días, esta era manejada con el tratamiento de sal marina e hiposulfito antes mencionado. En la figura 7 se ilustra el proceso de recambio de agua.

**Figura 7.** Recambio del agua.



Fuente: Este estudio, 2023.

**4.5.6 Medición de temperatura.** Debido a las bajas temperaturas que se presentan en la zona de investigación fue necesario el uso de termostatos calibrados a 26°C para garantizar los rangos de temperatura óptimos para la especie, los cuales fueron instalados y sumergidos en las jaulas de ensayo y en el tanque reservorio. Los registros se llevaron a cabo durante la mañana 7:00 am; 12:00 M y 3:00 P.M (Ver anexo B), se presentaron fluctuaciones desde los 25 °C a 27°C.

**4.5.7 Aireación.** Durante el ensayo se utilizó un sistema principal de aireación, este se conectado constantemente al fluido eléctrico que proporciona energía a un blower marca EKKO AIR modelo EKZ 130-58, generando aireación que se distribuyó a través de una red de tuberías. Además, se utilizó un sistema secundario que consta de bombas aireadoras POWER LIFE P-500 como plan de contingencia en los casos que se presenten fallas en el fluido eléctrico, este sistema funciona con una batería de marca MAC de 12 voltios modelo 31H 1200. Los dos sistemas

funcionaron con mangueras y piedras difusoras que permitieron la distribución del aire en las jaulas

**4.5.8 Proceso de biometrías.** Durante el bioensayo se realizaron dos biometrías a los peces, al inicio y al final de la evaluación; la primera biometría se realizó una vez cumplido el periodo de acostumbramiento los peces en el laboratorio, para ello se determinó el peso y la talla inicial (longitud total) de cada individuo. Durante cada biometría se realizó el siguiente procedimiento: se anestesiaron los peces utilizando aceite de clavo (40 ppm) para facilitar su manejo (Perea *et al.*, 2022); se pesó cada individuo utilizando una balanza digital KERN gab (máx. 12 kg, 0,1g); se midió la talla de cada pez utilizando un ictiómetro. En la figura 8 se presenta el procedimiento de las biometrías.

**Figura 8.** Procedimiento de biometrías.



Fuente: Este estudio, 2023.

**4.5.9 Recolección de heces.** La recolección de heces se realizó dos veces al día en horas de la mañana (7:00 am) antes del recambio y en la tarde antes de la última alimentación (4:00 pm). Posteriormente, las heces fueron recolectadas por sedimentación a través del retiro de colectores adaptados en la parte inferior cónica durante 20 días hasta obtener 100 gramos de cada repetición. Estas se dispusieron en tubos falcón y se llevaron a una centrífuga Hermle a 4500 rpm durante 15 minutos, se retiró la fase líquida y la parte sólida se pesó en bolsas plásticas de cierre hermético, seguido fueron almacenadas en un congelador a -18°C. En la figura 9 se indica el proceso realizado

**Figura 9.** Procedimiento de recolección y conservación de heces.



Fuente: Este estudio, 2023.

## 4.6 DETERMINACIÓN DEL APROVECHAMIENTO NUTRITIVO Y DE ENERGÍA.

Para determinar el aprovechamiento nutritivo de las dietas se evaluó la absorción aparente de la Materia Seca (ANMS), Proteína cruda (ANPC), Extracto etéreo



(ANEE), Energía bruta (ANEB), Energía Digestible (EDA), Cenizas (ANCEN), Absorción de Calcio (ACa) y Fósforo (AP); para lo cual se enviaron los 100 g de muestra de heces de cada replica colectadas a un análisis de bromatología en el laboratorio especializado de la Universidad de Nariño (Perea, 2016).

#### **4.7 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE TILAPIA ROJA.**

Para determinar el efecto de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha sobre la composición corporal de la Tilapia roja se determinó el contenido de materia seca (AOAC 934.01; AOAC, 1990), Proteína (AOAC, 920.105; AOAC, 1990), Extracto Etéreo (AOAC 920.39; AOAC, 1990), Energía Bruta con bomba calorimétrica de chaqueta CAL2k® (Perea *et al.*, 2017) y Cenizas (AOAC 942,05; AOAC, 1990) a los individuos seleccionados.

**Pez completo:** Para realizar el análisis de los efectos de la inclusión de proteína hidrolizada en rangos diferenciales en la alimentación de juveniles de Tilapia roja, las muestras usadas en el análisis bromatológico fueron obtenidas a partir varios peces completos. Para este estudio, a pez completo se hace referencia a que los individuos que fueron seleccionados completamente al azar no fueron desprovistos de ninguno de sus órganos o tejidos que conforman su morfología normalmente, estos fueron sacrificados, posteriormente lavados teniendo en cuenta que no se vean afectadas sus escamas, aletas y/o tejidos externos, finalmente fueron deshidratados para así iniciar las pruebas bromatológicas establecidas.

**4.7.1 Preparación de muestras.** Al final del periodo de alimentación se sacrificaron dos peces por tanque (réplica) mediante anestesia con eugenol a razón de 40 ppm hasta el deceso (Perea *et al.*, 2018); los cadáveres se conservaron en congelación a -18°C hasta iniciar las pruebas de análisis bromatológico.

**4.7.2 Determinación de materia seca.** Se aplicó la deshidratación completa por evaporación con aire caliente con el fin de eliminar el agua sin desintegrar ni afectar otros componentes presentes en la muestra, a una temperatura igual o ligeramente superior a la evaporación del agua pura en el horno BINDER.

**4.7.2.1 Materia seca inicial.** Una vez seleccionadas las muestras se pesaron junto a sus contendores y registrados los datos, fueron puestas a deshidratación en el horno BINDER durante 56 Horas a 60°C, completado este tiempo se procedió a

picar y moler en mortero con el fin de disminuir el tamaño de las partículas y garantizar una pérdida de humedad homogénea, bajo este mismo nivel de temperatura se completaron 144 horas, cuando la muestra llegó a una temperatura constante. Ver figura 10.

**Figura 10.** Determinación de materia seca inicial.



Fuente: Este estudio, 2023.

**4.7.2.2 Materia seca analítica.** Inicialmente se preparó el material a usar y se secó a 105 °C por 30 min en el horno BINDER, rápidamente se dispuso al desecador para evitar la absorción de humedad del ambiente, se pesó el material junto con 5 gramos de muestra y se registran los datos. La muestra se sometió a 105 °C en el horno durante 4 horas y rápidamente se llevó al desecador, se pesó nuevamente y se registraron los datos, lo cual se realizó por duplicado hasta obtener un peso

constante y se registraron los datos, el proceso descrito se puede ver en la figura 11.

**Figura 11.** Determinación de materia seca analítica.



Fuente: Este estudio, 2023.

**4.7.3 Determinación de cenizas.** La determinación del contenido de cenizas se realizó dentro de una mufla (horno de alta temperatura), para esto se utilizaron crisoles de porcelana, la cual fueron lavados y puesto en el horno a 105 °C por 2 horas, transcurrido este tiempo estos fueron retirados y puestos en el desecador por otros 30 minutos, seguidamente se pesó aproximadamente 1,0 gramo de muestra seca en cada crisol y estos fueron puestos en la mufla, se llevó progresivamente a una temperatura de 425°C, y gradualmente se llevó a una temperatura de 550°C, en esta temperatura se mantuvo por doce horas, transcurrido este tiempo se dejaron

enfriar los crisoles tapados hasta llegar a una temperatura aproximada de 60°C y luego fueron llevados a temperatura ambiente dentro de un desecador para evitar que absorba la humedad del ambiente. Una vez se enfriaron completamente, se pesaron en la balanza analítica y la diferencia de masas entre el crisol y la muestra al final es igual a la masa de las cenizas, ver figura 12.

**Figura 12.** Determinación de cenizas.



Fuente: Este estudio, 2023.

**4.7.4 Determinación de extracto etéreo.** Inicialmente se realizó una purga de los cartuchos de extracción con el mismo solvente que se utilizó en la determinación durante 15 minutos; finalizado el tiempo se llevaron los cartuchos a un desecador para que se volatilice el solvente en su totalidad por un tiempo de 1 hora. Posteriormente, se pesó 1 g de muestra en los cartuchos de extracción y se registraron los datos.

Después de pesar los casos metálicos y llevarlos a la gradilla hasta la cámara de extracción se le adicionaron 80 ml de éter de petróleo y se trasladó la gradilla al equipo soxtest. Finalizado el tiempo de extracción y recuperación de solvente (6 H), se ponen los casos metálicos a horno a 60 °C durante 1 hora para la eliminación de remanente de éter. Una vez completado el tiempo los casos son puestos en el desecador para posteriormente ser pesados (Guerrero, 2020), ver figura 13.

**Figura 13.** Determinación de extracto etéreo.



Fuente: Este estudio, 2023.

**4.7.5 Determinación de energía bruta.** La muestra fue sometida a 105 °C durante 30 minutos en horno BINDER, con el fin de deshacer resto de humedad en ella, pasados los 15 minutos en el desecador se pesó 1 gr de muestra en el vaso de reacción. Una vez dispuesta dentro de la bomba calorimétrica y cumpliendo las condiciones de funcionamiento, se procedió a llenar la bomba de oxígeno para ingresarla al contenedor diatérmico, la prueba terminó en promedio 25 - 30 minutos (Guerrero, 2020), este procedimiento se muestra en la figura 14.

**Figura 14.** Determinación de energía.



Fuente: Este estudio, 2023.

**4.7.6 Determinación de proteína cruda.** La determinación del contenido de proteína en la muestra se realizó a través del sistema DNP de Raypa. Se pesó en papel libre de nitrógeno 0,25 g de muestra, más 1 g de catalizador Kjeldahl, este se llevó a tubos de digestión y se agregó 10 mL de ácido sulfúrico. Posteriormente, se inició el calentamiento suavemente y se inició la digestión.

Después de terminada la digestión, se dejó enfriar y se llevaron los tubos de digestión a la unidad de destilación, esta fue regulada con el programa del destilador para obtener 200 ml de destilado los cuales posteriormente se titularon con HCl 0,1N. Ver figura 15.

**Figura 15.** Proceso de determinación de proteínas.



Fuente: Este estudio, 2023.

#### **4.8 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.**

Para evaluar el efecto de la proteína hidrolizada de residuos piscícolas en el aprovechamiento nutritivo y composición corporal de *Oreochromis* spp. se empleó un diseño completamente al azar (DCA) unidireccional, evaluando 5 tratamientos, con tres réplicas (tanque de 250 litros con 12 peces), cada réplica fue tomada como una unidad experimental. En el cuadro 7 se presentan los tratamientos a evaluar y las variables de respuesta.

**Cuadro 7.** Descripción de tratamientos y variables de respuesta evaluadas.

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VARIABLES DE RESPUESTA</b>
T1	100% harina de pescado.	Aprovechamiento de nutrientes y de energía: materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, energía bruta, energía digestible, cenizas, absorción de calcio y fósforo.  Composición corporal de Tilapia roja (Materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, energía bruta y cenizas).
T2	75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada.	
T3	50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada.	
T4	25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada.	
T5	100% proteína hidrolizada concentrada.	

Fuente: Este estudio, 2023.

Cada una de las variables evaluadas fue analizada aplicando análisis de varianza ( $P < 0,05$ ), se empleó la prueba post hoc de Tukey para la comparación de medidas, un valor de ( $\alpha < 0,05$ ) se tomó como diferencia significativa para conocer cual o cuales de los tratamientos evaluados muestra un mejor comportamiento de acuerdo con la variable de respuesta analizada. Para ello, se utilizó el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9,4. También se utilizó el programa Curved Expert 2.6 para realizar un análisis de correlación, es decir, como el aprovechamiento nutritivo de los componentes de la dieta influye en la composición corporal de los peces.



## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Durante el periodo de evaluación la sobrevivencia fue del 100%, las condiciones fisicoquímicas del agua estuvieron dentro de los rangos requeridos por la especie estudiada; la temperatura promedio fue de  $26,5 \pm 0,5$  °C; pH de 6,8; oxígeno disuelto de  $5,1 \pm 0,0$ ; alcalinidad de carbonatos  $0,9 \pm 0,0$  mmol/L; demanda química de oxígeno de  $1,5 \pm 0,0$  mg/L; demanda biológica de oxígeno  $3,98 \pm 0,1$  mg/L; amoníaco  $1,2 \pm 0,1$  mg/L; nitratos  $0,6 \pm 0,0$  mg/L y nitritos  $0,1 \pm 0,0$  mg/L (FEDEACUA, 2018).

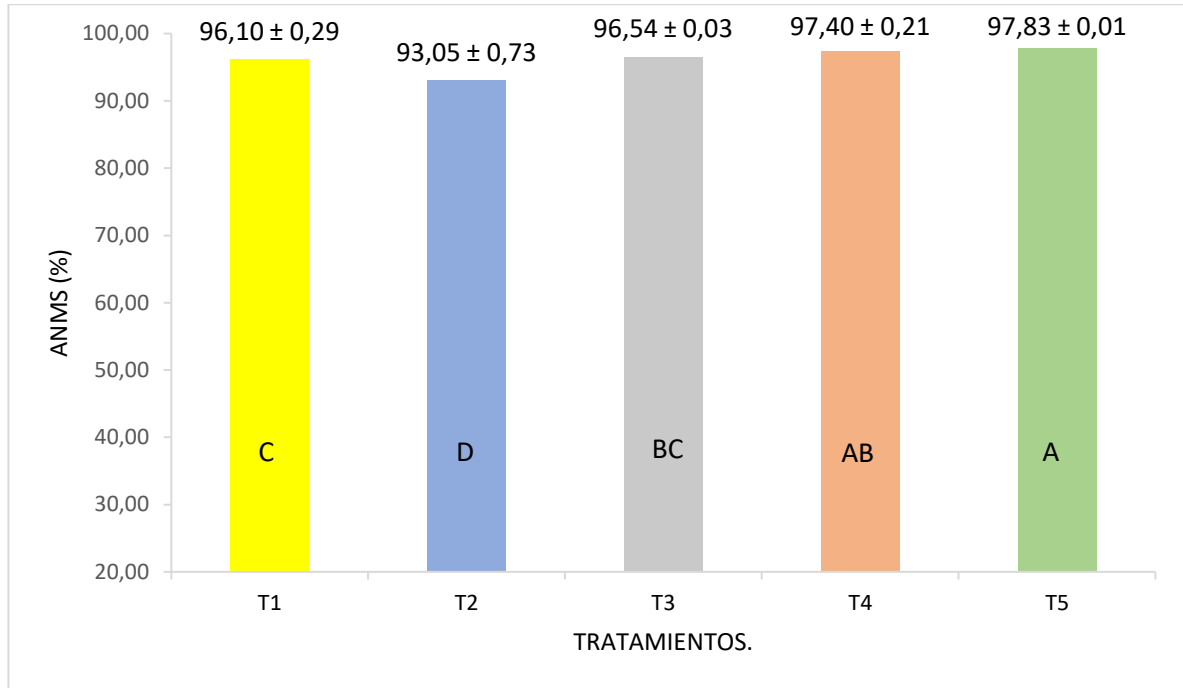
Para una mejor presentación y discusión, los resultados encontrados en este estudio se presentan y analizan en varias subsecciones.

### 5.1 APROVECHAMIENTO DE NUTRIENTES Y ENERGÍA DE DIETAS EXTRUIDAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.

A continuación, se presentan los resultados y discusiones para el aprovechamiento nutritivo de materia seca, extracto etéreo, cenizas, energía bruta, energía digestible, proteína cruda, absorción de calcio y fósforo.

**5.1.1 Aprovechamiento nutritivo de la Materia Seca (ANMS).** Mediante el análisis de varianza (ANOVA) se pudo determinar que existen diferencias significativas ( $P > F = 0,0001$ ) en el aprovechamiento nutritivo de materia seca entre los tratamientos estudiados (ver figura 16).

**Figura 16.** Aprovechamiento nutritivo de la Materia Seca (ANMS).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

La prueba post hoc de Tukey permitió observar cinco grupos, en donde los tratamientos T5 (100%PHVT) y T4 (25%HP;75%PHVT) presentaron mejor respuesta, seguido del tratamiento T3 (50%HP;50%PHVT) el cual presentó respuesta estadísticamente similar a T4, y T2 (75%HP;25%PHVT) que presentó resultados similares a T3. En último lugar se encuentra el tratamiento T1 (100%HP), el cual presentó la respuesta más baja en el aprovechamiento nutritivo de la materia seca.

El aprovechamiento nutritivo de materia seca (ANMS) es un buen indicador del grado en que un alimento es digerido, es decir, la facilidad con que es convertido en el aparato digestivo en sustancia útiles para nutrición (Gutiérrez & Vásquez, 2012). Lo que indica que el porcentaje de aprovechamiento nutritivo de la materia seca influye significativamente en el aprovechamiento por parte de los peces del pienso suministrado. Klever *et al.* (2018) sugieren que altos coeficientes de digestibilidad aparente de los hidrolizados son el resultado de elevados contenidos de proteína digestible y bajo contenido de cenizas y fibra en la dieta. En este estudio el

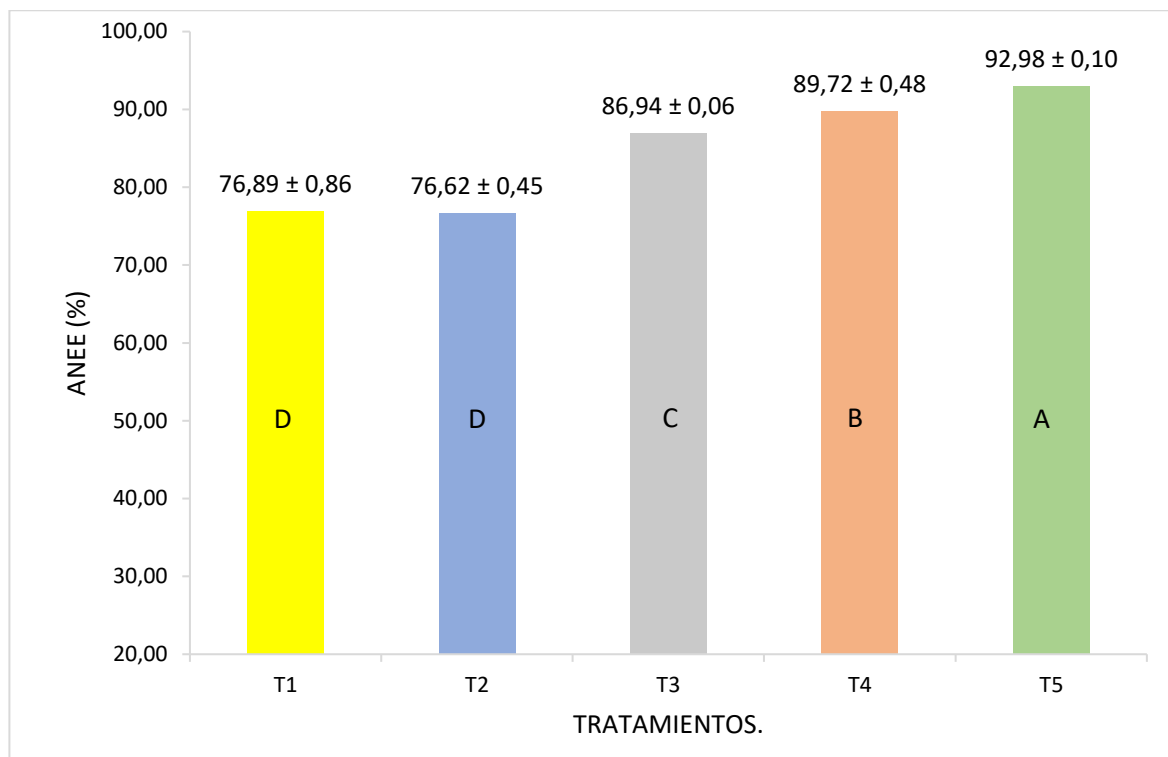
porcentaje de proteína de las dietas a evaluar fue de 38,58%, con un contenido de cenizas menor de 12,14%, con excepción de la dieta control que presentó un 14,02%. Perea *et al.* (2021) argumentan que contenidos de cenizas superiores al 12% de la dieta afectan la digestibilidad de los nutrientes.

Relacionado con lo anterior, el tratamiento T1 presentó un contenido cenizas de 14,02%, donde el ANMS fue 96,10%, significativamente más bajo en comparación al T4 (97,40%) y T5 (97,83%), los cuales presentaron un contenido de cenizas en las dietas de 8,24% y 6,05% respectivamente. Vilcapoma (2021) sugiere que el valor nutricional de la harina de pescado está influenciado por el tipo de pez que se emplee en su producción, así la harina de pescados de origen sudamericano o de pescados blancos presentan un contenido de cenizas de 16-20%. Quijije *et al.* (2019) reportaron un valor en el contenido de cenizas de 22,09% en la harina de pescado, esto evidencia que es una materia prima que contiene cenizas en altas cantidades, por tal motivo, se podría argumentar que el alto contenido de cenizas en la dieta control pudo afectar el aprovechamiento nutritivo de materia seca.

Los coeficientes de aprovechamiento nutritivo de materia seca (ANMS) encontrados en este estudio son superiores a los reportados por Perea *et al.* (2021) donde evaluaron diferentes hidrolizados de origen animal (hidrolizado de vísceras de pollo, hidrolizado de vísceras de cerdo e hidrolizado de vísceras de trucha) con resultados de ANMS de 92,2; 90,6 y 92,85% respectivamente. Al igual que los reportados por Dos Santos *et al.* (2021) con hidrolizado de hígado porcino, hidrolizado de plumas e hidrolizado de pollo en Tilapia del Nilo, estos reportaron que el ANMS, fue de; 80,18%, 83,06% y 91,29% respectivamente. Por su parte Wu *et al.* (2021) al evaluar en *Oreochromis niloticus* harina de hidrolizado enzimático de pescado, hígado de pollo y mucosa porcina, obtuvieron valores para el aprovechamiento nutritivo de materia seca de 54,44%, 57,08% y 59,86% de respectivamente. Javaherdoust *et al.* (2020), también reportó coeficientes de aprovechamiento nutritivo de materia seca inferiores a los encontrados en este estudio al evaluar hidrolizado de vísceras de trucha en la alimentación de *Oncorhynchus mykiss* con tres diferentes grados de inclusión; 5, 10 y 20 g/Kg, donde obtuvieron resultados de 74% 66% y 68% respectivamente.

**5.1.2 Aprovechamiento nutritivo del Extracto Etéreo (ANEE).** Por medio del análisis de varianza (ANOVA) se pudo determinar que existen diferencias significativas ( $Pr > F=0,0001$ ) en el aprovechamiento nutritivo de extracto etéreo seco entre los tratamientos estudiados (ver figura 17).

**Figura 17.** Aprovechamiento nutritivo del Extracto Etéreo (ANEE).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

En la figura 17, se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, donde T5 (100%PHVT) presenta un valor superior respecto al resto de tratamientos, seguido por T4 (25%HP;75%PHVT), luego T3 (50%HP;50%PHVT). Entre T1 (100%HP) y T2 (75%HP;25%PHVT) no existen diferencias significativas, y a su vez estos presentaron los porcentajes más bajos en cuanto al aprovechamiento de los lípidos.

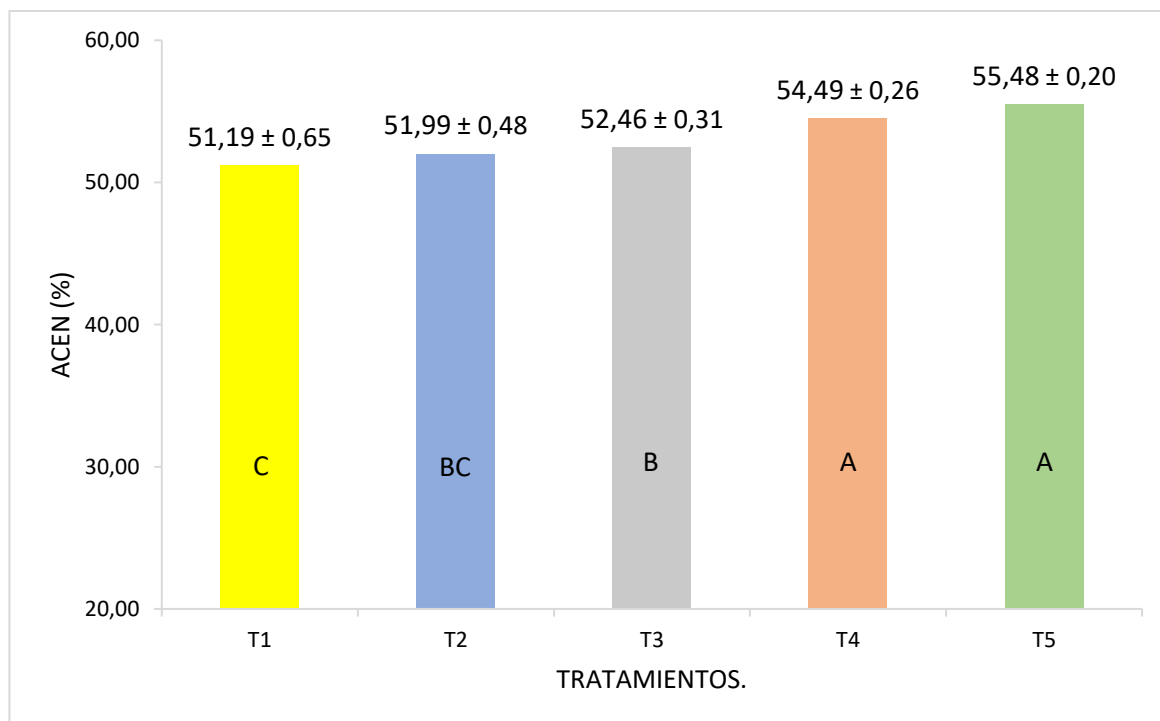
Los valores porcentuales del aprovechamiento del extracto etéreo en los tratamientos; T3 (86,94%), T4 (89,72%) y T5 (92,98%) superan el 85% debido a la elevada calidad de ácidos grasos presentes en las vísceras hidrolizadas de pescado, en particular los ácidos grasos insaturados; Omega 3 y Omega 6, que tienen múltiples funciones fisiológicas relacionadas con el crecimiento y el sistema inmunológico, que a su vez registran un mayor aprovechamiento nutritivo en comparación con las grasas presentes en los productos tradicionales que son menos digestibles (Paz *et al.*, 2015).

Los resultados sugieren que la hidrólisis de la proteína mejora el coeficiente aprovechamiento nutritivo del extracto etéreo hasta el 100% de sustitución de harina de pescado por hidrolizado enzimático de vísceras de trucha, esto se puede explicar posiblemente debido a que la calidad de ácidos grasos insaturados (oleico y linoleico principalmente) presentes en los hidrolizados, facilitan el aprovechamiento nutritivo de los lípidos en los peces (Hoyos *et al.*, 2018). Según Wu *et al.* (2021) la hidrólisis a la cual fueron sometidas las vísceras, además de liberar péptidos y aminoácidos, tiene la capacidad de hidrolizar las grasas liberando ácidos grasos; en contraste, las grasas contenidas en la harina de pescado se encuentran en su forma intacta, por lo que debido al tamaño de las moléculas es menor su absorción. Por otra parte, la propiedad emulsionante, característica de los hidrolizados, favorece la mezcla de grasas en agua que facilita el efecto de la enzima lipasa sobre estas moléculas y mejora la digestión (Gómez & Zapata, 2022). Esto podría explicar la relación en los datos obtenidos de este estudio que muestra que el ANEE se incrementa a medida que el porcentaje de sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada de vísceras de trucha es mayor, debido a que desde el T2 (75%HP;25%PHVT) hasta el T5 (100%PHVT), son estadísticamente diferentes con tendencia a aumentar del 76,62% al 92,89% respectivamente. Además, la similitud estadística entre el T1 (100%HP) y T2 (75%HP;25%PHVT), sugiere que aún en un bajo porcentaje de inclusión de PHVT, la dieta convencional no reporta una ventaja en el ANEE.

El análisis de los resultados obtenidos coinciden con lo encontrado por Perea *et al.* (2021) al evaluar concentrado de proteína hidrolizada de residuos animales (CPHRA) como alternativa en dietas para *Piaractus brachypomus*, utilizando una dieta control (T1) y tres dietas con inclusión de 10% (T2), 20% (T3) y 30% (T4), con resultados del aprovechamiento nutritivo aparente del extracto etéreo de 82,87%, 93,03%, 95,91% y 93,28% respectivamente, donde se encontró que no se vio afectada negativamente la digestibilidad de los lípidos por la inclusión de CPHRA en sustitución de harina de pescado y estadísticamente fue mejor que la dieta control. Los valores reportados en un estudio realizado por Wu *et al.* (2021) donde evaluaron en *Oreochromis niloticus* hidrolizado enzimático de pescado, hígado de pollo y mucosa porcina obteniendo resultados para el aprovechamiento nutritivo de extracto etéreo de 85,06%, 87,69% y 88,37% respectivamente. Por su parte Paz *et al.* (2015), también reportó valores similares de aprovechamiento nutritivo de extracto etéreo al utilizar harina de hidrolizado de vísceras de cachama con tres niveles de inclusión (10%, 20% y 30%) en la alimentación de Arawana (*Osteoglossum bicirrhossum*) obteniendo porcentajes de 89%, 90,2% y 90,4% correspondientemente.

**5.1.3 Absorción de Cenizas (ACEN).** El análisis de varianza (ANOVA) permitió determinar que los tratamientos presentan diferencias significativas ( $Pr > F = 0,0001$ ) en la absorción de cenizas entre los tratamientos estudiados (ver figura 18).

**Figura 18.** Absorción de Cenizas (ACEN).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

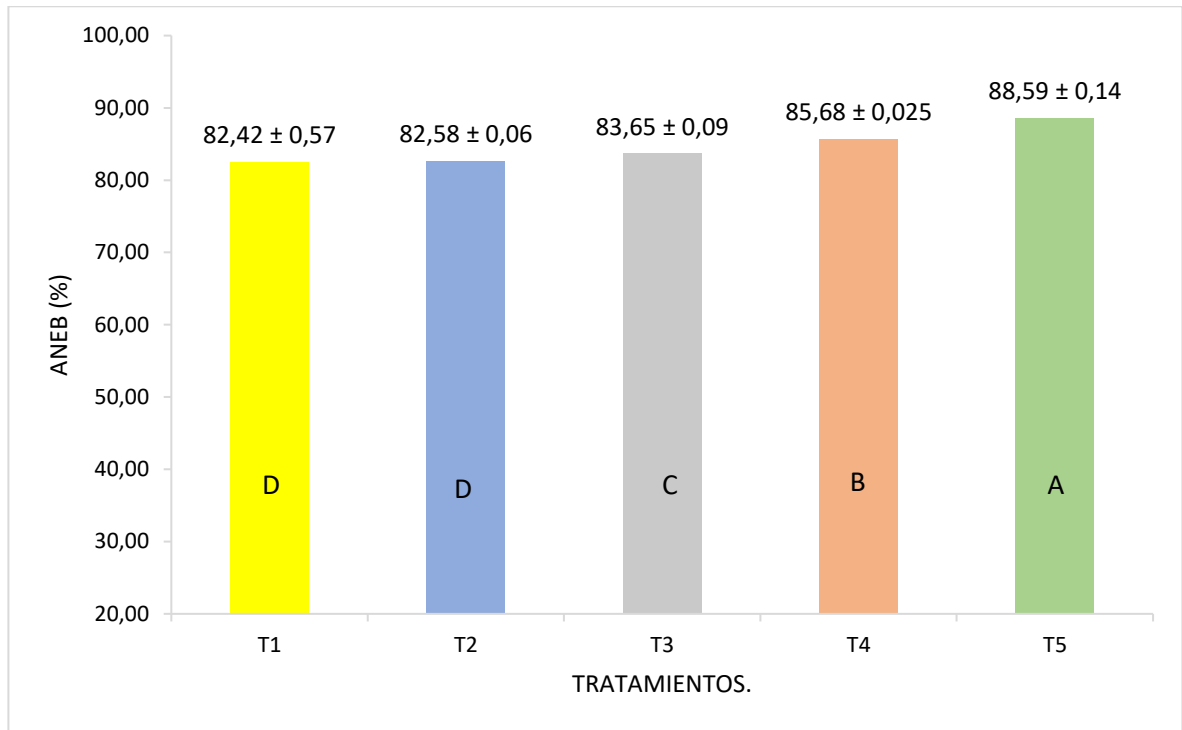
De acuerdo con la figura 18, los tratamientos que presentaron una mejor absorción de cenizas fueron T5 (100%PHVT) y T4 (25%HP;75%PHVT) los cuales no muestran diferencias significativas entre ellos, los tratamientos T1 (100%HP) y T2 (75%HP;25%PHVT) presentaron el porcentaje más bajo de absorción de cenizas y son estadísticamente cercanos, al igual que se halla similitud entre el T2 (75%HP;25%PHVT) y T3 (50%HP;50%PHVT). En general, se evidencia que a medida que se aumenta el nivel de sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada de vísceras de trucha, la absorción de minerales aumenta significativamente. Lo anterior se debe a que durante el proceso de hidrólisis se incluye ácido fórmico, el cual influye en el aprovechamiento de los minerales por parte del animal, debido a la solubilidad generada por la acidez y facilita la absorción

intestinal Perea *et al.* (2021) igualmente, plantean que cuando se incluye una materia prima con alto contenido de cenizas, esta podría afectar el aprovechamiento de otros nutrientes de la dieta, lo que disminuye el aprovechamiento nutritivo en general y por ende un mayor contenido de residuos fecales. Como el contenido de cenizas de la PHVT que se encontró fue del 5,86%, pudo influir positivamente en este parámetro. Los hidrolizados enzimáticos de fuentes animales pueden mejorar su eficiencia de utilización al aumentar la absorción de elementos minerales (Hao *et al.*, 2020).

Los valores de aprovechamiento nutritivo de cenizas reportados en un estudio realizado por Javaherdoust *et al.* (2020) en *Oncorhynchus mykiss* donde evaluaron hidrolizado de vísceras de trucha, son superiores (67%) a los encontrados en este estudio, del mismo modo que al realizado por Vilcapoma (2021), donde evaluó la harina de pescado para Sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*), donde obtuvo un aprovechamiento nutritivo de 67.42% de cenizas. Por el contrario, los resultados de aprovechamiento nutritivo de cenizas en un estudio realizado por Perea *et al.* (2022) en Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) son inferiores, en este se evaluaron tres alternativas proteicas; hidrolizado de vísceras de trucha, hidrolizado de vísceras de pollo e hidrolizado de vísceras de cerdo con valores de 43,27%, 42,42% y 43,84% respectivamente.

**5.1.4 Aprovechamiento nutritivo de la Energía Bruta (ANEB) y Energía Digestible Aparente (EDA).** Mediante el análisis de varianza (ANOVA) se pudo observar que existen diferencias significativas ( $Pr > F = 0,0001$ ) en el aprovechamiento nutritivo de la energía bruta entre los tratamientos estudiados (ver figura 19).

**Figura 19.** Aprovechamiento nutritivo de la Energía Bruta (ANEB).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

En la figura 19, se puede apreciar que T5 (100%PHVT) presentó resultados superiores comparado con el resto de los tratamientos, seguido por T4 (25%HP;75%PHVT) y T3 (50%HP;50%PHVT) respectivamente, el tratamiento control T1 (100%HP) y el T2 (75%HP;25%PHVT) fueron los de menor porcentaje de ANEB presentando similitud estadística. El aprovechamiento nutritivo de la energía bruta está relacionado con el contenido de lípidos, proteínas e hidratos de carbono (este último en menor proporción) presentes en la proteína hidrolizada de vísceras de residuos de animales, no obstante, los lípidos son fuente inmediata de energía y ácidos grasos esenciales para la mayoría de los peces, generando así un aporte mayor en cantidad de kilocalorías por kilogramo en comparación a los carbohidratos y las proteínas (Perea *et al.*, 2021). El mayor aprovechamiento de la energía obtenido en las dietas con proteína hidrolizada de vísceras de trucha se debe a que estos presentan mayor contenido de ácidos grasos polinsaturados, los cuales son más fácilmente aprovechados por el animal, además los peces omnívoros como la tilapia son más eficientes en la utilización energética con relación



a los peces carnívoros, debido al proceso de fermentación que se da lugar dentro del intestino, proceso favorecido por el tamaño de éste (Rosado *et al.*, 2012).

Las dietas extruidas con proteína hidrolizada de vísceras de trucha presentaron un alto contenido de energía digestible (ver cuadro 8), esto se puede ver asociado a que el contenido y la calidad de las grasas están directamente relacionado con la energía de la dieta. Los ácidos grasos polinsaturados son más fáciles de digerir que los saturados, estos están presentes en elevados volúmenes en los hidrolizados, el contenido de energía digestible de los hidrolizados puede asociarse a la característica intrínseca de esta materia prima (Perea *et al.*, 2021). Paralelamente Maas *et al.* (2020) sugieren que el nivel de grasa y el nivel de energía en la dieta están altamente correlacionados, ya que la grasa tiene un alto equivalente energético (39,5 kJ/g), aumentando el contenido energético total de la dieta.

**Cuadro 8.** Energía Digestible Aparente (EDA).

TRATAMIENTOS	Energía Bruta (Kcal/Kg MS)	Digestibilidad De La Energía (%)	Aprovechamiento Nutritivo De La Energía Digestible (Kcal/Kg MS)
<b>T1 (100%HP*)</b>	3102,12	82,42	2556,76
<b>T2 (75%HP;25%PHVT**)</b>	3102,12	82,58	2561,73
<b>T3 (50%HP;50%PHVT)</b>	3102,12	83,65	2594,92
<b>T4 (25%HP;75%PHVT)</b>	3102,12	85,68	2657,89
<b>T5 (100PHVT)</b>	3102,12	88,59	2748,16

\*HP: Harina de pesado. \*\*PHVT: Proteína hidrolizada de viseras de trucha

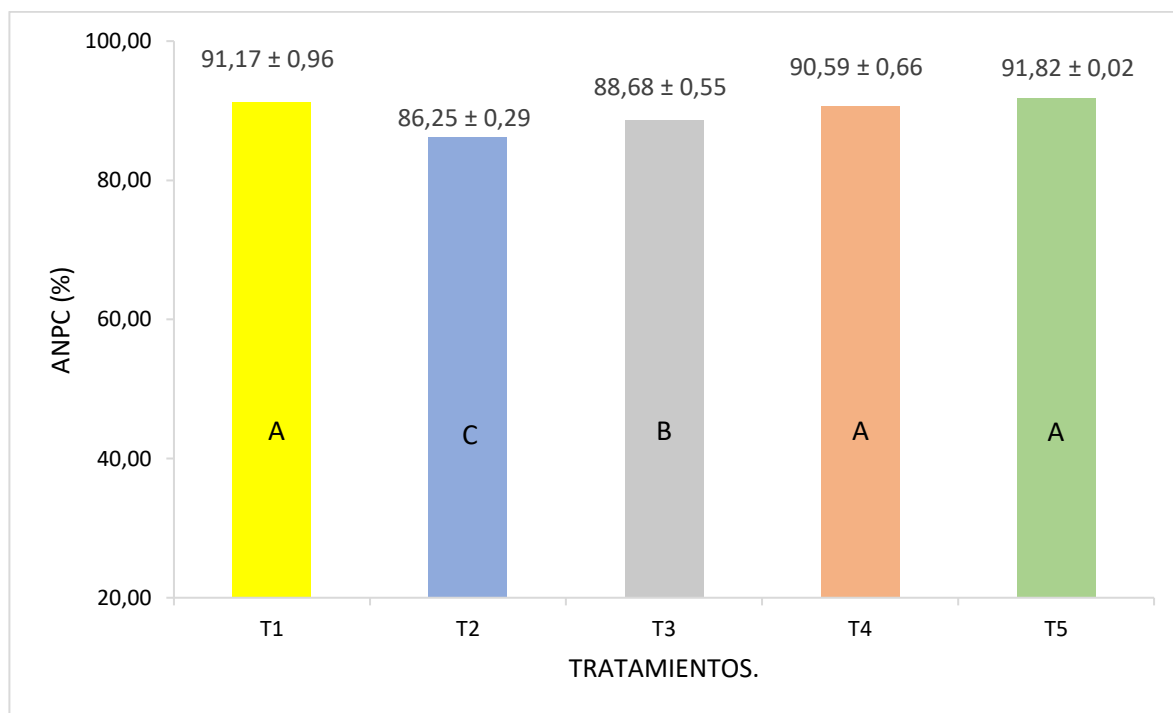
Fuente: este estudio, 2023.

Los resultados de aprovechamiento nutritivo de la energía bruta (ANPB) en este estudio fueron similares a los que obtuvieron Campos *et al.* (2017), donde reportaron valores de 85,55% al evaluar hidrolizado de harina de plumas con inclusión del 5% en piensos para lubina europea (*Dicentrarchus labrax*). Al igual que Dos Santos *et al.* (2021), al evaluar en *Oreochromis niloticus* proteína hidrolizada de hígado de cerdo, plumas y vísceras de pollo, reportó valores para el aprovechamiento nutritivo de la proteína bruta de 79,53%, 83,37% y 87,29% al respectivamente. Perea *et al.* (2022) también reportaron valores similares de aprovechamiento nutritivo aparente de la energía bruta al evaluar hidrolizado enzimáticos de vísceras de pollo, cerdo y trucha en *Piaractus brachypomus*, obteniendo valores del 86%, 80,3% y 86,9% respectivamente. Por el contrario, Paz *et al.* (2015) al evaluar harina de hidrolizado de vísceras de cachama con tres niveles de inclusión (10%, 20% y 30%) en la alimentación de Arawana

(*Osteoglossum bicirrhosum*), reporto valores inferiores de aprovechamiento nutritivo de la energía, obteniendo porcentajes de 72,6%, 69,2% y 75,2% correspondientemente. Respecto a la energía digestible en la presente investigación los resultados fueron inferiores a los obtenidos por Perea *et al.* (2022) al evaluar hidrolizado enzimático de vísceras de pollo, cerdo y trucha en *Piaractus brachypomus*, que fue de 5092, 5286 y 5947 Kcal/Kg de peso seco, respectivamente, y similares a los citados por Aranibar *et al.* (2020) donde evaluaron hidrolizado de piel de ovejo e hidrolizado de piel de alpaca en trucha (*Oncorhynchus mykiss*) con valores de 3530 y 3240 Kcal/Kg de MS.

**5.1.5 Aprovechamiento nutritivo de Proteína Cruda (ANPC).** El análisis de varianza permitió establecer que los tratamientos asignados presentaron diferencias significativas ( $Pr > F = 0,0001$ ) para el aprovechamiento nutritivo de proteína cruda entre los tratamientos estudiados (ver figura 20).

**Figura 20.** Aprovechamiento Nutritivo De Proteína Cruda (ANPC).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

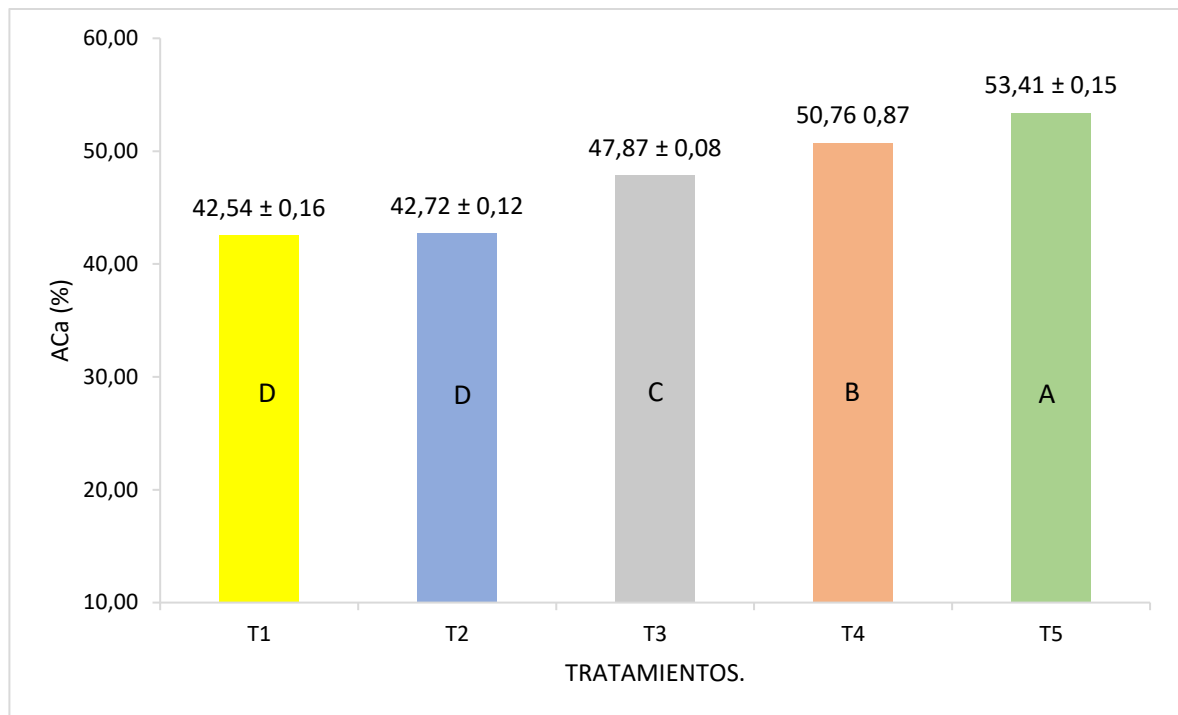
En la gráfica 20, se evidencia que los tratamientos; T5 (100%PHVT), T4 (25%HP;75%PHVT) y T1 (100%HP) presentan similitud estadística para el aprovechamiento nutritivo de proteína cruda, siendo esta significativamente más alta a la observada en los tratamientos T2 (75%HP;25%PHVT) y T3 (50%HP;50%PHVT), siendo T2 el tratamiento de menor porcentaje. La proteína es el componente principal de los tejidos orgánicos en los animales y un nutriente esencial en la dieta para el crecimiento y la eficiencia alimenticia de los peces (CETAQUA, 2017). Los valores encontrados para el aprovechamiento nutritivo de la proteína son altos; según Lopez *et al.* (2015) los elevados coeficientes de aprovechamiento nutritivo aparente de la proteína se deben a la calidad nutricional del hidrolizado, teniendo en cuenta que en el proceso existe un efecto de ruptura de las proteínas, generando cadenas polipeptídicas de diferente longitud y aminoácidos libres, los cuales son fácilmente absorbidos en el intestino (Javaherdoust *et al.*, 2020).

Sin embargo, podemos deducir que existen otros factores que influyen en el aprovechamiento nutritivo de la proteína; la propiedad emulsionante, característica de los hidrolizados varía con factores como la solubilidad, el grado de hidrólisis y el nivel de pH; además, la extrusión a la cual fueron sometidas las dietas para obtener los pellets, con su alta humedad, temperatura, presión y fuerza de cizallamiento, promovieron la desnaturalización de las proteínas y propiciaron un aumento del coeficiente de aprovechamiento nutritivo aparente de la proteína cruda, facilitando la interacción enzima-sustrato y su posterior digestión (Ma *et al.*, 2016).

Al cotejar los resultados obtenidos con los citados por Wu *et al.* (2021), donde evaluaron en piensos para Tilapia del Nilo con diferentes fuentes proteicas como harina de hidrolizado enzimático de pescado, hígado de pollo y mucosa porcina, reportaron coeficientes de aprovechamiento nutritivo aparente de proteína cruda de 76,76%; 70,80% y 73,51% respectivamente, siendo inferiores a los encontrados en el presente estudio. Por el contrario, en un estudio realizado por Gunathilaka *et al.* (2020) al evaluar hidrolizado de camarón e hidrolizado de residuos de tilapia en *Paralichthys olivaceus* obtuvieron 89,4% y 88,3% para el aprovechamiento nutritivo de la proteína cruda. Porcentajes similares a los encontrados por Campos *et al.* (2017) al evaluar harina de plumas hidrolizada en *Dicentrarchus labrax* con 91,9% para el aprovechamiento nutritivo de la proteína cruda. Por su parte Javaherdoust *et al.* (2020), también reporto valores similares al evaluar hidrolizado de vísceras de trucha en la alimentación de *Oncorhynchus mykiss* con tres diferentes grados de inclusión; 5, 10 y 20 g/Kg, donde obtuvieron resultados en el aprovechamiento nutritivo para la proteína de 88% 90% y 83% respectivamente.

**5.1.6 Absorción de Calcio (ACa).** Con el análisis de varianza (ANOVA) se evidenciaron diferencias significativas ( $Pr > F = 0,0001$ ) en la absorción de calcio entre los tratamientos estudiados.

**Figura 21.** Absorción de Calcio (ACa).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

De acuerdo con la gráfica 21, el tratamiento que presentó una mejor absorción de calcio fue T5 (100%PHVT), seguido por T4 (25%HP;75%PHVT), luego T3 (50%HP;50%PHVT) y los tratamientos que presentan la menor absorción de calcio fueron T2 (75%HP;25%PHVT) y T1 (100%HP). Los peces requieren minerales como factores esenciales para el metabolismo y el crecimiento. Los peces tienen la capacidad de absorber parte de los minerales requeridos directamente del agua a través de las branquias o incluso a través de toda la superficie corporal. Este proceso es importante para la osmorregulación en los peces de agua dulce, pero también para su nutrición. Sin embargo, los minerales absorbidos del agua no satisfacen el requerimiento total, por lo que es necesario agregar minerales en la dieta (Gutiérrez *et al.*, 2019). La harina de pescado es el ingrediente más utilizado

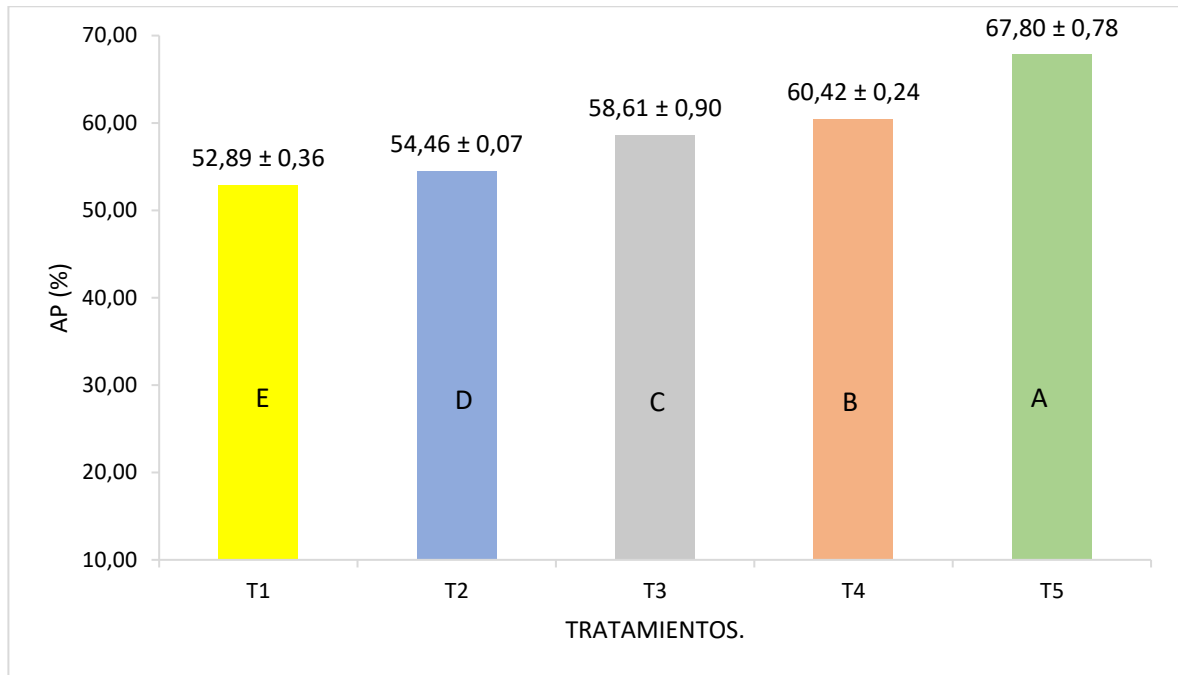
en la alimentación de los peces, esta contiene cantidades suficientes de calcio. Sin embargo, en esta materia prima está menos disponible para algunas especies de peces; la baja solubilidad de estos puede ser una de las razones que limitan su absorción. Los elevados valores de la absorción aparente del calcio y el fósforo en las dietas con proteína hidrolizada se pueden atribuir al efecto del ácido orgánico presente en los hidrolizados (ácido fórmico), el cual mejora su disponibilidad por el efecto acidificante que solubiliza los minerales (Perea *et al.*, 2021).

Debido a la capacidad de los peces de absorber Ca del medio donde se encuentran, es complejo establecer los requerimientos dietéticos, esta capacidad varía entre especies, el sistema endocrino, la disponibilidad en la dieta y de la concentración de Ca en el agua. Por lo tanto, la determinación del requerimiento de Ca dietético es necesario establecerlo para cada especie teniendo en cuenta el crecimiento y la mineralización ósea. Las dietas deben mantener una proporción ideal de Ca / P, de lo contrario, un exceso de Ca o P puede causar problemas en el desarrollo corporal de los peces, dificultar su absorción y permanecer en el entorno (Velasco & Gutiérrez, 2019).

En contraste, los resultados de absorción de calcio de este estudio se encontró que son inferiores a los reportados por Perea *et al.* (2021) al evaluar concentrado de proteína hidrolizada de residuos animales como alternativa en dietas para *Piaractus brachypomus* con diferentes grados de inclusión (10%, 20% y 30%) con coeficientes de 55,31%, 75,08% y 70,61% y Hekmatpour *et al.* (2018) describió valores del 61,82% a 63,58% al evaluar harina de subproductos de aves de corral en alimentación de juveniles de dorada (*Sparidentex hasta*). Frei *et al.* (2021) ratificó valores superiores en las evaluaciones con harina de subproductos avícolas en bagre plateado (*Rhamdia voulezi*) los cuales reportan 60,08% en absorción de calcio. Sin embargo, Perea *et al.* (2022) encontraron valores inferiores a los obtenidos en este estudio, en dicho estudio se evaluaron hidrolizado de vísceras de trucha, hidrolizado de vísceras de pollo e hidrolizado vísceras de cerdo en piensos para cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), reportando valores para la absorción de calcio de 38,69%; 38,46% y 38,86% respectivamente.

**5.1.7 Absorción de fósforo (AP).** El análisis de varianza (ANOVA) permitió determinar que los tratamientos asignados presentaron diferencias significativas ( $P > F = 0,0001$ ) en la absorción de fósforo entre los tratamientos estudiados (Ver figura 22).

**Figura 22.** Absorción de fósforo (AP).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

En la gráfica 22, se evidencia que el tratamiento T5 (100%PHVT) presenta un valor superior respecto al resto de tratamientos en la absorción de fósforo, seguido por T4 (25%HP;75%PHVT), T3 (50%HP;50%PHVT) y T2 (75%HP;25%PHVT), siendo el T1 (100%HP) el que presentó la menor absorción. Los peces tienen la capacidad de absorber fósforo del agua. Cabe destacar que el aporte de este mineral por parte del agua es mínimo. Además, la absorción por este mecanismo es baja. Por tal motivo, los peces deben obtener la mayor parte del fósforo de la dieta (Hekmatpour *et al.*, 2018). Respecto a lo anterior, López *et al.* (2015) argumentan que la asimilación de este mineral ocurre en los primeros tramos del intestino. Complementariamente Yao *et al.*, (2014) plantean que la absorción de fósforo depende del grado de molido del alimento y la solubilidad en el punto de contacto con la membrana de absorción; los altos valores de absorción aparente de fósforo encontrados en el presente estudio con alimentos de origen animal (proteína hidrolizada de vísceras de trucha) se debe posiblemente al efecto del ácido orgánico (ácido fórmico) utilizado en el proceso de hidrólisis, el cual solubilizó haciéndolo más asimilable para los peces (Perea *et al.*, 2022). Por otra parte, aunque Hekmatpour *et al.* (2018) mencionan que niveles elevados de calcio en la ración promueven un

efecto inhibitorio sobre la absorción del fósforo, debido a la formación de compuestos de baja solubilidad para los iones de calcio y fósforo.

Perea *et al.* (2022) reportó valores similares en absorción aparente de fósforo a los encontrados en este estudio al evaluar en cachama blanca tres alternativas proteicas; hidrolizado vísceras de pollo, hidrolizado de vísceras de cerdo e hidrolizado de vísceras de trucha, con valores de 60,82%; 57,04% y 61,27% respectivamente, Perea *et al.* (2021) hallaron valores superiores al evaluar concentrado de proteína hidrolizada de residuos animales como alternativa en dietas para *Piaractus brachypomus* con diferentes grados de inclusión (10%, 20% y 30%) con coeficientes de 56,14%, 64,48% y 66,04% respectivamente. Fontinha *et al.* (2021) evaluó el efecto en reemplazar la harina de pescado por harina de subproductos avícolas en dietas comerciales para juveniles de (*Sparus aurata*), donde reportan coeficientes de digestibilidad aparente para el fósforo entre 79,4% a 83,8%.

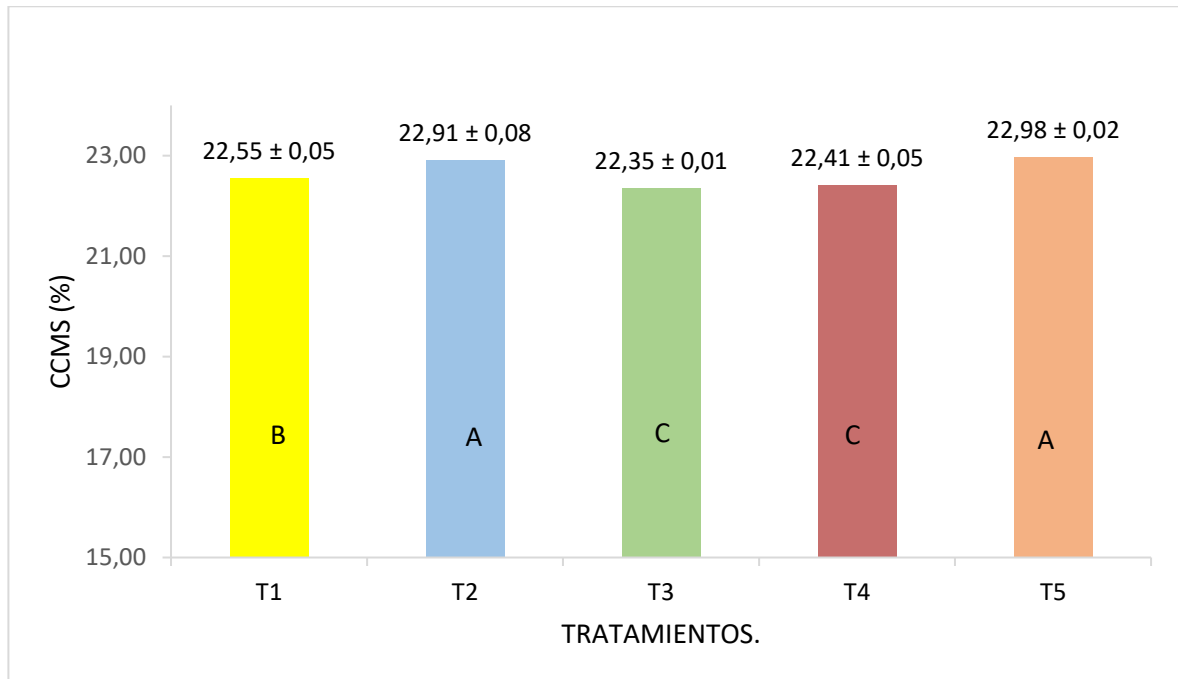
## **5.2 EFECTO EN LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE *Oreochromis* spp. ALIMENTADA CON DIETAS EXTRUIDAS A PARTIR DE PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA.**

Es debido mencionar que la gran mayoría de estudios utilizados como base de comparación en esta investigación respecto a la composición corporal, han realizado la evaluación bromatológica específicamente de muestras extraídas directamente del músculo o filete del pez, a diferencia de este estudio donde las muestras utilizadas para el análisis bromatológico se derivaron del procesamiento del pez completo, lo que influye en los porcentajes de composición del mismo.

A continuación, se presentan los resultados y discusiones para la composición corporal de materia seca, proteína cruda, extracto etéreo, energía bruta y cenizas.

**5.2.1 Contenido de Materia Seca en la Composición Corporal (CCMS).** Mediante el análisis de varianza (ANOVA) se pudo determinar que existen diferencias significativas ( $Pr > F = 0,0001$ ) en el contenido de materia seca en la composición corporal de *Oreochromis* spp. entre los tratamientos estudiados (ver figura 23).

**Figura 23.** Contenido de Materia Seca en la Composición Corporal (CCMS).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

Según los resultados presentados en la figura 23, el tratamiento T5 (100%PHVT) y el T2 (75%HP;25%PHVT) son similares y con mayor contenido de materia seca, seguidos por T1 (100%HP) y los tratamientos T3 y T4 fueron lo que presentaron el menor contenido. Los valores encontrados de materia seca, a pesar de presentar diferencias estadísticas entre la mayoría de los tratamientos, se puede observar que su valor no supera el 23% o está por encima de 22%, debido a que la desviación estándar de cada tratamiento es baja. Gálvez, (2020) manifiesta que la composición corporal de un pez se mantiene constante en el tiempo y es ligeramente afectada por alguna influencia del tipo nutricional, lo que apoya los resultados de este estudio.

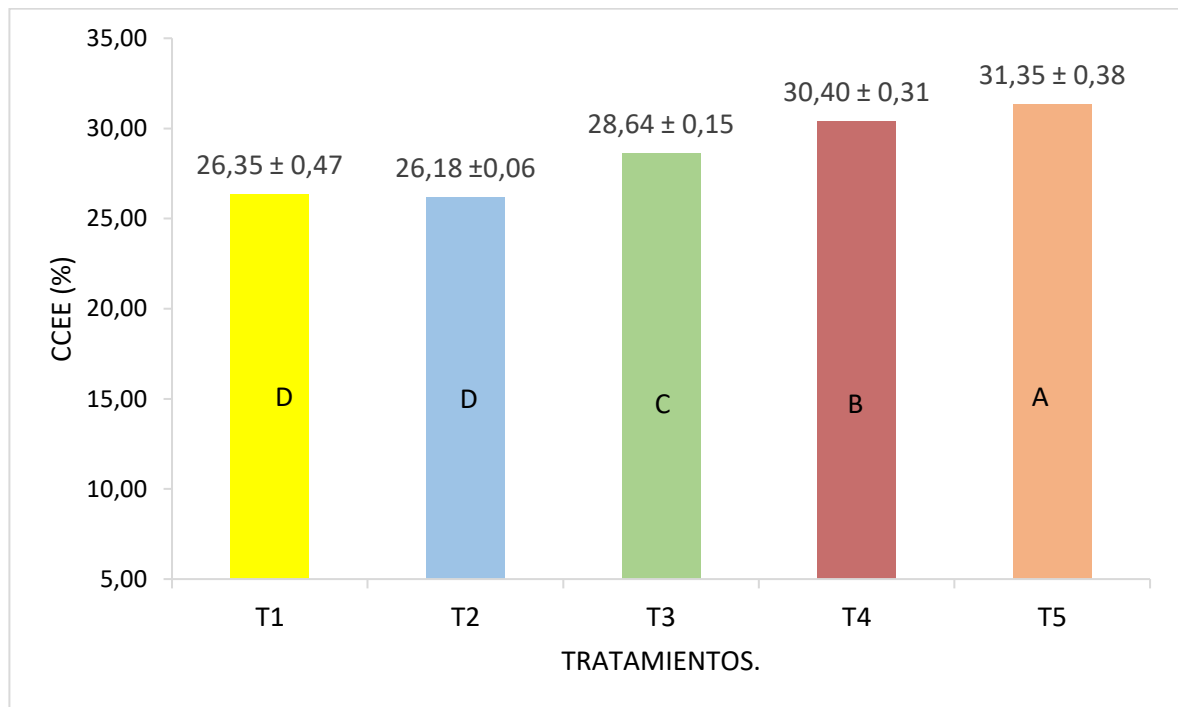
Un estudio realizado por Gálvez, (2020) reporta valores superiores en el contenido de materia seca en composición corporal de gamitana (*Colossoma macropomum*) al evaluar el efecto de la inclusión de harina de subproductos avícolas (HSA), donde utilizaron tres dietas; alimento convencional 0 % de HSA, 35 % de HSA y 30 % de inclusión de HSA, con porcentajes de 21,94%; 24,12% y 29,09% respectivamente. Salzar *et al.* (2023), reportaron que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de materia seca en la composición corporal



de *Oreochromis* donde evaluaron el efecto de la sustitución de materia seca por lombriz roja (*Eisenia fetida*) en la dieta, describiendo un 26,35% para la dieta 100% comercial y un 26,62% en la dieta con el 50% de sustitución de alimento balanceado por la lombriz roja deshidratada. En 2018, Younis *et al.* evaluaron el efecto de la sustitución de la harina de pescado en la dieta por algas rojas, (*Gracilaria arcuata*) en dietas para *Oreochromis niloticus* en diferentes grados; una dieta libre de algas, G20; 20%, G40; 40% y G60; 60%, donde los resultados indican que el contenido de materia seca del músculo fue de 20,2%, 19,7%, 19,6% y 19,4% respectivamente.

**5.2.2 Contenido de Extracto Etéreo en la Composición Corporal (CCEE).** Por medio del análisis de varianza (ANOVA) se pudo determinar que existen diferencias significativas ( $Pr > F = 0,0001$ ) en el contenido de extracto etéreo en la composición corporal de *Oreochromis* spp entre los tratamientos estudiados (ver figura 24).

**Figura 24.** Contenido de Extracto Etéreo en la Composición Corporal (CCEE).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada. Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

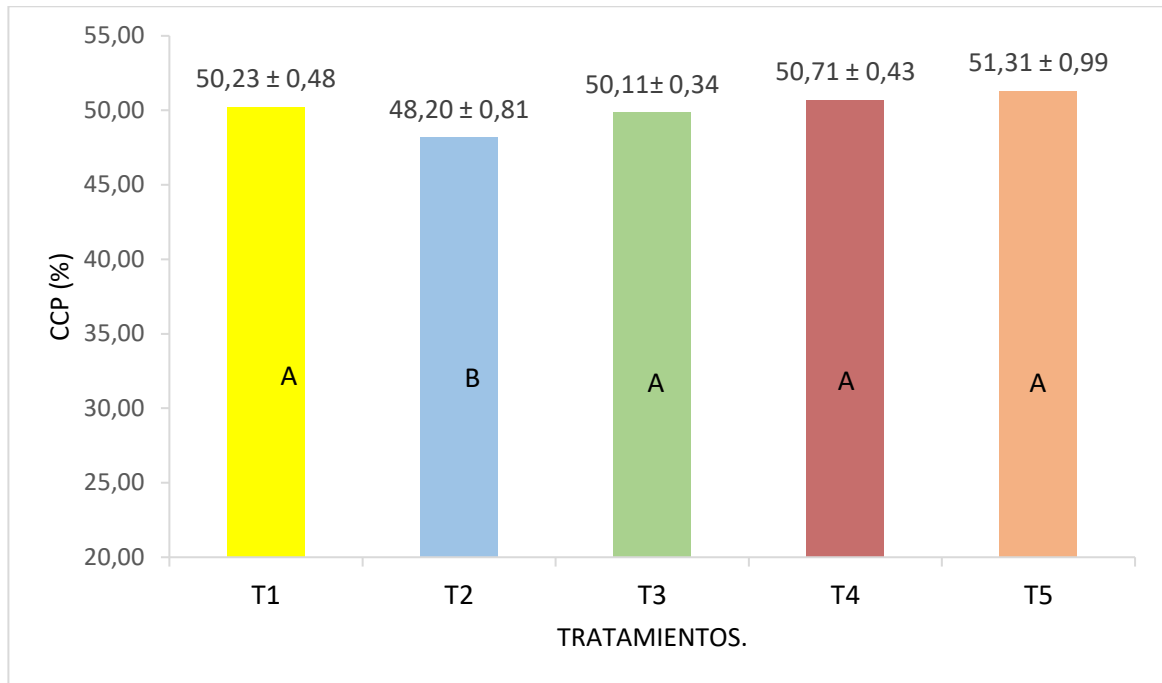
Fuente: este estudio, 2023.

En la figura 24, se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos a evaluar, donde el T5 (100%PHVT) presenta un valor superior para el contenido de lípidos en la canal respecto al resto de tratamientos, seguido por T4 (25%HP;75%PHVT), luego T3 (50%HP;50%PHVT); entre T1 (100%HP) y T2 (75%HP;25%PHVT) no existen diferencias significativas y a su vez estos presentaron los porcentajes más bajos en cuanto a al contenido de lípidos. Gálvez (2020) describe que, en los especímenes de ambientes controlados, los niveles de grasa son menos fluctuantes debido a una dieta controlada y muchas veces balanceada de acuerdo con la edad, sexo y crecimiento del pez. El almacenamiento de las grasas en el pez ocurre en varios tejidos: hígado, tejido adiposo peri visceral y músculo. En un estudio realizado por Ma *et al.* (2015) los resultados sugieren que con el aumento del nivel de lípidos en la dieta, el contenido de lípidos en todo el cuerpo aumenta significativamente, este mismo comportamiento se dio en este estudio, que según el análisis químico de los tratamientos de las dietas el contenido de EE fue; T1 (4,51%), T2 (5,39%), T3 (5,53%), T4 (6,24%), T5 (7%), donde se puede ver que a medida que incrementa el contenido en la dieta, se incrementa el contenido de extracto etéreo en la canal de los peces.

Un estudio realizado por Gálvez, (2020) donde se evaluó el efecto de la inclusión de residuos avícolas en la composición corporal de gamitana (*Colossoma macropomum*) se encontró que en cuanto al contenido de grasas en el músculo en base húmeda los resultados fueron de la dieta C (1,95 %), A (6,1 %) y P (5,5 %), se registró una gran diferencia entre el primer tratamiento con las demás, la segunda demostró el mayor porcentaje. También Salzar *et al.* (2023) reportaron que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de extracto etéreo en la composición corporal de *Oreochromis* al realizar un análisis bromatológico donde evaluaron el efecto de la sustitución de materia seca por lombriz roja (*Eisenia fetida*) en la dieta, donde describen un 16,58% para la dieta 100% comercial y un 16,54% en la dieta con el 50% de sustitución de alimento balanceado por la lombriz roja deshidratada. Por otro lado, Younis *et al.* (2018) evaluaron el efecto de la sustitución de la harina de pescado en la dieta por algas rojas, (*Gracilaria arcuata*) en dietas para *Oreochromis niloticus* en diferentes grados; una dieta libre de algas, G20; 20%, G40; 40% y G60; 60%, donde los resultados indican que el contenido de del músculo fue de 0,765%, 0,461%, 0,458% y 0,401% respectivamente.

**5.2.3 Contenido de Proteína en la Composición Corporal (CCP).** El análisis de varianza permitió establecer que los tratamientos asignados presentaron diferencias significativas ( $Pr > F = 0,0001$ ) en el contenido de proteína en la composición corporal de *Oreochromis* spp entre los tratamientos estudiados (ver figura 25).

**Figura 25.** Contenido de Proteína en la Composición Corporal (CCP)



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

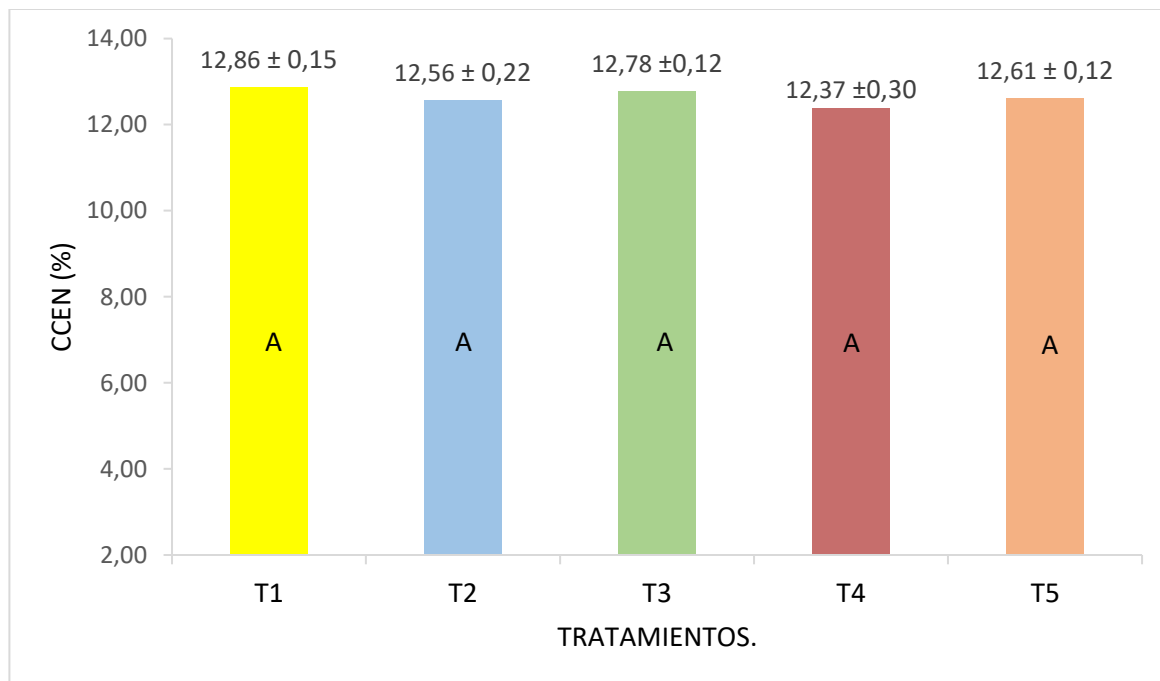
En la gráfica 25, se evidencia que los tratamientos; T5 (100%PHVT), T4 (25%HP;75%PHVT), T3 (50% PH; 50% PHVT) y T1 (100%HP), tienen similitud estadística, con valores de contenido de proteína cruda superiores con respecto al T2 (75%HP;25%PHVT) siendo este el tratamiento de menor porcentaje. Según Hernandez *et al.*, (2022) las proteínas constituyen el segundo mayor componente químico del pescado después del agua, siendo las tilapias ricas en proteínas.

Carrasco *et al.* (2016), indican que en un estudio donde se evaluaron tres tratamientos en cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) alimentadas con dietas que contenían diferentes fuentes de proteína (T1: 24% proteína cruda de origen vegetal; T2: 24% de proteína vegetal con 5% de Harina de pescado y T3: 24% de proteína vegetal con 5% de espirulina), la fuente de proteína en la dieta para cachama blanca, no generó diferencias estadísticas en el contenido de proteína cruda en la composición corporal del pez. Del mismo modo Núñez & Tello, (2017) evaluaron el efecto de dietas con diferentes niveles proteicos en el crecimiento y composición corporal de alevines de *Colossoma macropomum*, en el caso del análisis de proteína los resultados que encontraron fueron en el rango de 15,89% a

16,07%; demostrando la posibilidad de obtener una buena calidad del músculo de pez, sin la inclusión de harina de pescado en la dieta, obteniendo resultados que no muestran diferencias significativas. Benury, (2021), evaluó el contenido de proteína en composición corporal de Acarahuazú (*Astronotus ocellatus*peces) al ser alimentados con dietas de concentraciones de proteína de 30%, 35% 40%, y una comercial con 50% de proteína, se reportaron valores de 79,13% a 79,83% los cuales no mostraron diferencias significativas. También Salzar *et al.* (2023) reportaron que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al contenido de proteína en la composición corporal de *Oreochromis* al realizar un análisis bromatológico donde evaluaron el efecto de la sustitución de materia seca por lombriz roja (*Eisenia fetida*) en la dieta, donde describen un 69,78% para la dieta 100% comercial y un 69,62% en la dieta con el 50% de sustitución de alimento balanceado por la lombriz roja deshidratada.

**5.2.4 Contenido de Cenizas en la Composición Corporal (CCEN).** El análisis de varianza (ANAVA) determinó que no presentaron diferencias significativas ( $P > F=0,855$ ) en el contenido de cenizas en la composición corporal de *Oreochromis* spp. entre los tratamientos estudiados (ver figura 26).

**Figura 26.** Contenido de Cenizas en la Composición Corporal (CCEN).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

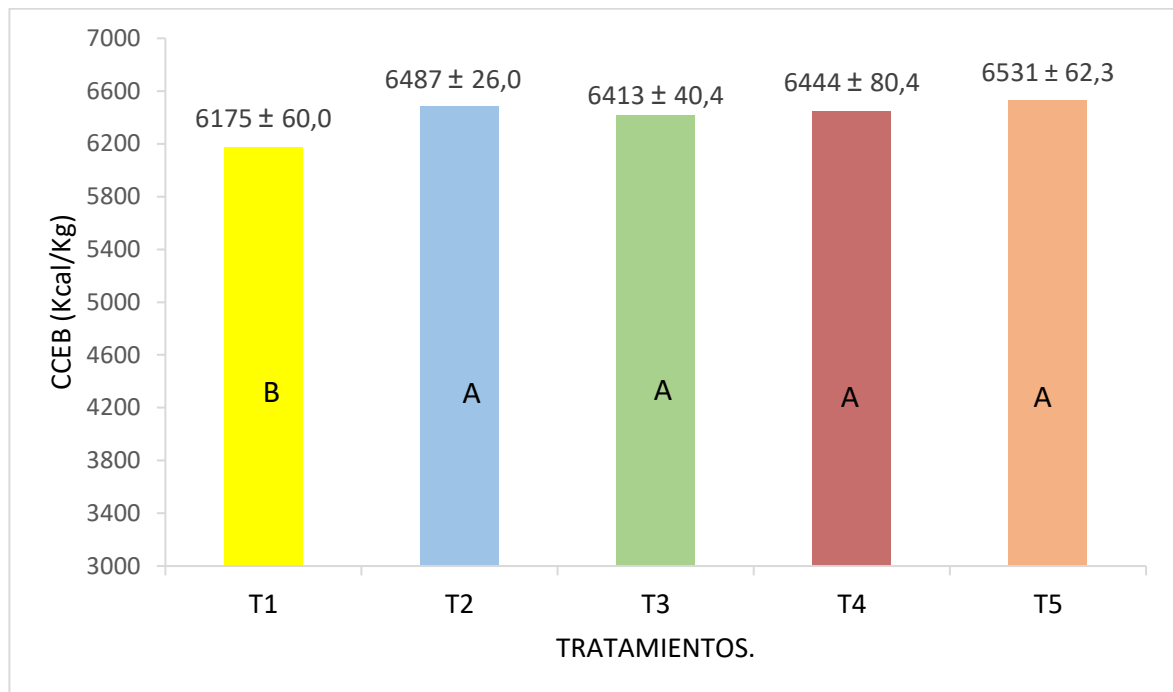
Aunque no se evidenciaron diferencias estadísticas, desde el punto de vista biológico se observa que los tratamientos T1 (100%HP), T3 (50%HP;50%PHVT) y T5 (100%PHVT) presentan un contenido de cenizas en la composición corporal de *Oreochromis* spp ligeramente superior a los tratamientos T2 (75%HP;25%PHVT) y T4 (75%HP;25%PHVT).

El análisis químico de las dietas indica que el contenido de cenizas presente en cada tratamiento fue; T1 (14,02%), T2 (12,14%), T3 (10,28%), T4 (8,24%) y T5 (6,05%) (Ver cuadro 5), al contrastar estos datos con los resultados del análisis bromatológico de los peces, el contenido de cenizas fue; para T1 (12,86%) y T5 (12,61%), se puede evidenciar que en el T5 teniendo un 56,84% menos de inclusión de cenizas en la dieta respecto al T1, presentan valores similares en la composición corporal, esto se puede deber a que los minerales presentes en los hidrolizados son más asimilables. Este mismo comportamiento se observa en el resto de los tratamientos con inclusión de proteína hidrolizada de vísceras de trucha, los cuales, disminuyen gradualmente el contenido de cenizas en la composición química de la dieta a medida que se incrementa el nivel de proteína hidrolizada de viseras de trucha.

Los resultados del contenido de cenizas en la composición corporal de la Tilapia roja en este estudio son superiores a los reportados por Sánchez *et al.* (2017) donde se evaluaron cuatro dietas en dorada (*Sparus aurata*) dónde se sustituyó la harina de pescado por una mezcla vegetal en diferentes niveles; 0%, 30%, 60% y 90% con valores de; 11,14%, 10,99%, 11,29% y 12,30% respectivamente. Por otro lado, (Salzar *et al.*, 2023) reportó valores similares al realizar un análisis de cenizas en la composición corporal en tilapia (*Oreochromis niloticus*) al evaluar el efecto de la sustitución de materia seca por lombriz roja (*Eisenia fetida*) en la dieta, donde se suministró una dieta control 100% comercial y un tratamiento con 50% de sustitución de alimento balanceado por la lombriz roja deshidratada, obteniendo resultados de 12,46% y 12,13% respectivamente. Del mismo modo Núñez & Tello, (2017) evaluaron en *Colossoma macropomum* en el crecimiento y composición corporal de alevines alimentados con dietas de diferentes niveles proteicos (24%, 26% y 28%), con porcentajes en el contenido de cenizas en composición del musculo del pez de 1,73%, 1,85% y 1,32% correspondientemente.

**5.2.5 Contenido de Energía Bruta en la Composición Corporal (CCEB).** Mediante el análisis de varianza (ANOVA) se pudo observar que existen diferencias significativas ( $Pr > F = 0,0002$ ) en el contenido de energía bruta en la composición corporal de *Oreochromis* spp entre los tratamientos estudiados (ver figura 27).

**Figura 27.** Contenido de Energía Bruta en la Composición Corporal (CCEB).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Las medias con letras diferentes entre columnas indican que hay diferencia significativa entre los tratamientos ( $\alpha < 0,05$ ).

Fuente: este estudio, 2023.

En la figura 27, se puede apreciar que el T5 (100%PHVT), T4 (25%HP;75%PHVT), T3 (50%HP;50%PHVT) y T2 (75%HP;25%PHVT) no presentaron diferencias significativas entre ellos siendo los de mayor contenido de energía en la composición corporal, y la dieta control T1 (100%HP) presentó el contenido más bajo.

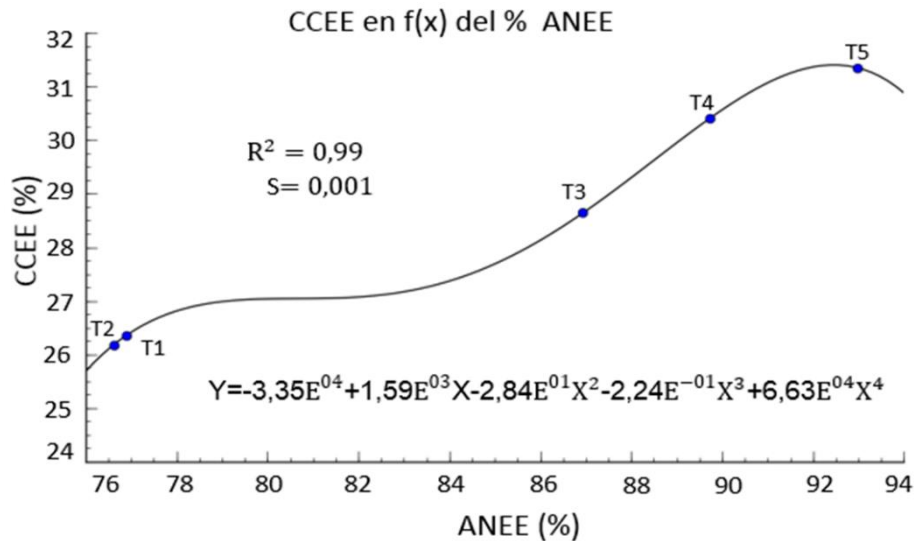
Según este estudio se puede inferir que se dio una mayor retención de energía bruta en las tilapias que fueron alimentadas con las dietas que contenían PHVT. Los resultados del análisis de energía bruta en la composición corporal de la Tilapia roja son superiores a los reportados por Mohanta *et al.* (2016) en el que evaluaron el

efecto de la inclusión de la lombriz (*Eisenia foetida*) sobre la composición corporal de rohu (*Labeo rohita*), donde se utilizaron tres dietas; lombriz entera, natillas de lombriz, y lombrices granuladas con valores de 5400 kcal/kg, 5380 kcal/kg y 5420 kcal/kg respectivamente, por otro lado, también Salzar *et al.* (2023) reportaron valores inferiores al realizar un análisis bromatológico en el tejido de tilapia donde evaluaron el efecto de la sustitución de materia seca por lombriz roja (*Eisenia fetida*) en la dieta, donde formularon dos dietas, una control; 100% comercial y una con el 50% de sustitución de alimento balanceado por la lombriz roja deshidratada, obteniendo resultados de 5375 kcal/kg y 5448 kcal/kg correspondientemente. Salinas, (2018), evaluó el efecto de dos niveles de energía (3,2 y 3,4 Mcal/Kg) y tres relaciones proteicas a energía (90,100 y 110g proteína/Mcal), sobre la composición corporal de *Piaractus brachyomus* obteniendo resultados para energía bruta entre 1750 Kcal/kg y 1830 Kcal/kg en los cuales no se evidencio una diferencia significativa entre los tratamientos.

### **5.3 ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN DEL EFECTO DEL APROVECHAMIENTO NUTRITIVO DE DIETAS EXTRUIDAS CON PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA SOBRE LA COMPOSICIÓN CORPORAL DE *Oreochromis* spp.**

El comportamiento biológico evidenciado al correlacionar los parámetros de aprovechamiento nutritivo (Materia seca, extracto etéreo, proteína cruda y cenizas) respecto a la composición corporal (Materia seca, extracto etéreo, proteína y cenizas) evaluados en *Oreochromis* spp al suministrar dietas extruidas a partir de la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, se ajusta a un modelo polinomial de cuarto grado ( $y=a+bx+cx^2+dx^3+ex^4$ ); y los coeficientes de correlación (Spearman) fueron positivos para el aprovechamiento nutritivo de extracto etéreo en relación a su contenido en la composición corporal (R=0,98) ver figura 28, al igual que para el aprovechamiento nutritivo de proteína cruda en relación a su contenido en la composición corporal (R=0,93) ver figura 29. Negativa para la absorción de cenizas en relación a su contenido en la composición corporal (R=-0,63) ver figura 30; para materia seca no se encontró correlación entre su aprovechamiento nutritivo en relación a su contenido en composición corporal (R=0) ver figura 31.

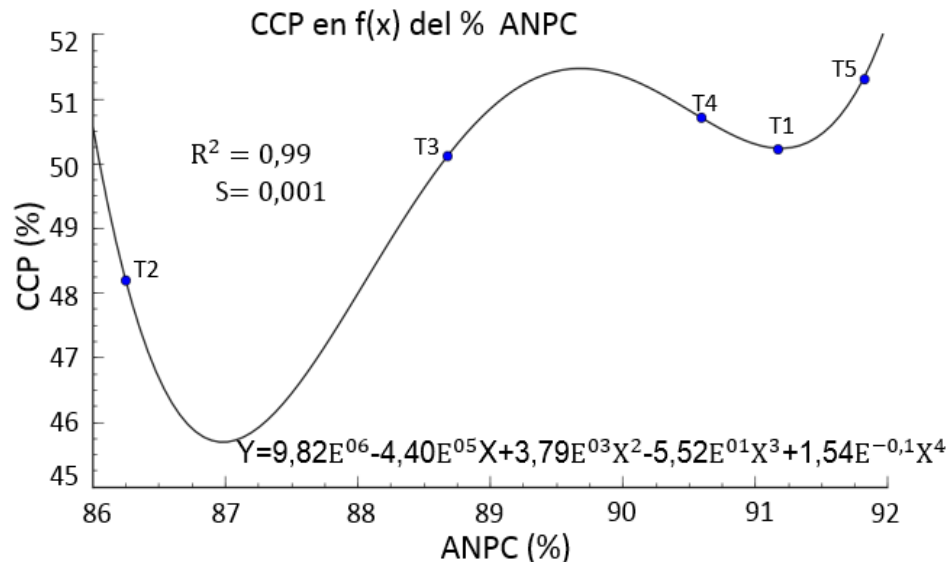
**Figura 28.** Correlación del Aprovechamiento Nutritivo del Extracto Etéreo (ANEE) y el contenido del Extracto Etéreo en la Composición Corporal (CCEE).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Fuente: este estudio, 2023.

**Figura 29.** Correlación del Aprovechamiento Nutritivo de Proteína Cruda (ANPC) y el contenido de Proteína en la Composición Corporal (CCP).

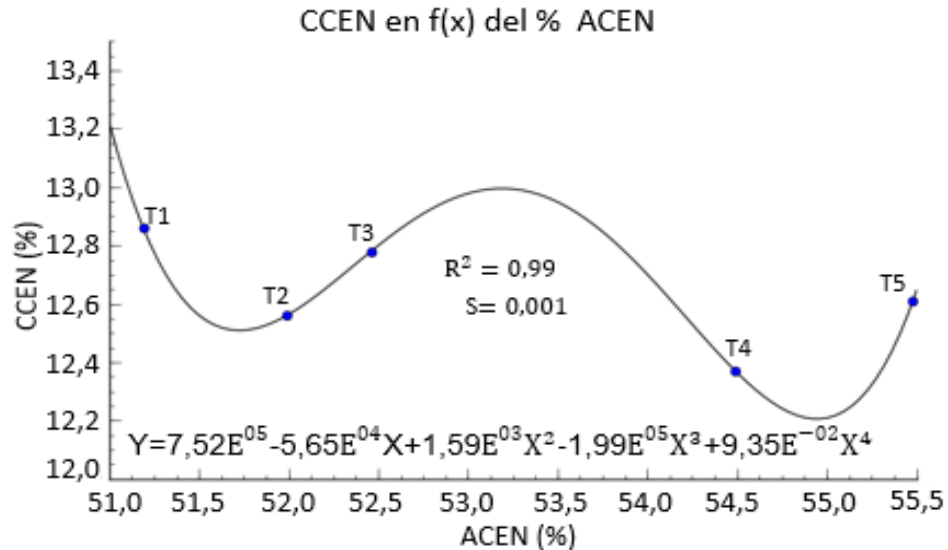


T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.

Fuente: este estudio, 2023.

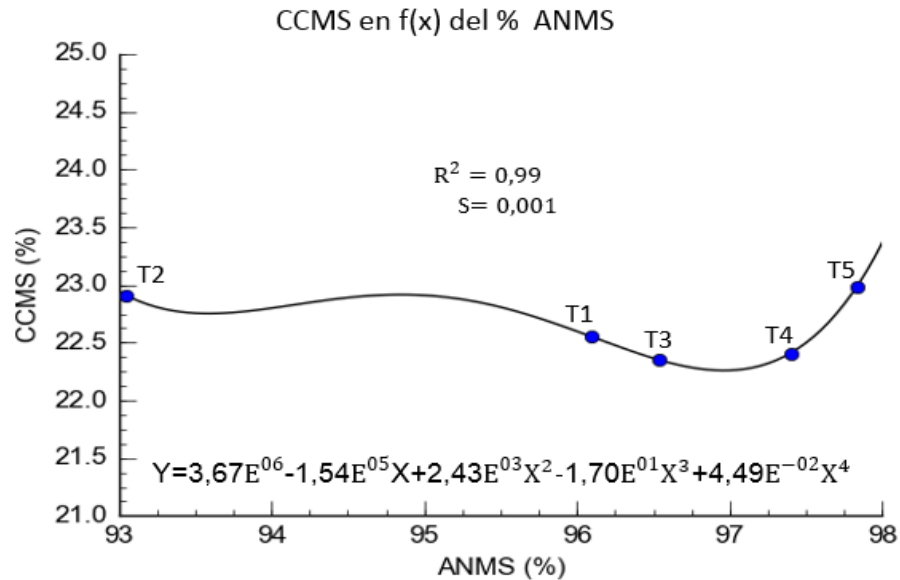


**Figura 30.** Correlación de la Absorción de Cenizas (ACEN) y el contenido de Cenizas en la Composición Corporal (CCEN).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.  
Fuente: este estudio, 2023.

**Figura 31.** Correlación del Aprovechamiento Nutritivo de Materia Seca (ANMS) y el contenido de Materia Seca en la Composición Corporal (CCMS).



T1: 100% harina de pescado. T2: 75% harina de pescado; 25% proteína hidrolizada concentrada. T3: 50% harina de pescado; 50% proteína hidrolizada concentrada. T4: 25% harina de pescado; 75% proteína hidrolizada concentrada. T5: 100% proteína hidrolizada concentrada.  
Fuente: este estudio, 2023.

Las gráficas anteriores indican que la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada de vísceras de trucha (PHVT) en la dieta para juveniles de *Oreochromis* spp es viable hasta en un 100%, ya que a medida que se incrementa la sustitución los valores en el aprovechamiento nutritivo también incrementan, y en la composición corporal las dietas evaluadas no presentan desventajas respecto a la dieta control. Esto se pudo deber a que durante la hidrólisis enzimática disminuye el peso de las moléculas, generando una serie de compuestos intermedios, disminuyendo el tamaño de las partículas y genera mayor cantidad de grupos ionizables, los cuales poseen propiedades nutricionales, como buen aprovechamiento de nutrientes y energía, lo que permite una absorción más rápida, además de propiedades funcionales y actividades biológicas que la hacen mejor en comparación a la harina de pescado (Gómez & Zapata, 2022; Mazo, 2020).

Las figuras 28 y 29 indican que se obtiene mayor contenido de extracto etéreo y proteína en la composición corporal a medida que se incrementa la capacidad de aprovechamiento nutritivo de los mismos, lo que a su vez está relacionado con el aumento en el contenido de proteína hidrolizada en la dieta. Es posible que este comportamiento en el extracto etéreo se dé principalmente gracias a la calidad de ácidos grasos poliinsaturados (principalmente oleico y linoleico) presentes en el hidrolizado, los cuales son fácilmente aprovechados por el pez debido a sus dobles enlaces (Perea *et al.*, 2022). Por otro lado, los peces tienden a acumular mayor cantidad de grasa conforme crecen, de manera que el porcentaje de lípidos del cuerpo usualmente es mayor en peces adultos de crecimiento rápido (Espinoza *et al.*, 2015).

El alto valor del aprovechamiento nutritivo de la proteína se explica debido a que en el proceso de hidrólisis existe un efecto de ruptura de las proteínas generando cadenas polipeptídicas de diferente longitud y aminoácidos libres los cuales son absorbidos fácilmente por la tilapia (Perea *et al.*, 2022; Javaherdoust *et al.*, 2020). Respecto al incremento del contenido de proteína en la composición corporal podría explicarse a que el metabolismo del pez favorece los procesos anabólicos, por ende, la formación de músculo a partir de los aminoácidos suministrados en la dieta, y que la proteína aprovechada en la digestión no fue empleada mayoritariamente en la obtención de energía para otros procesos vitales, ya que en los peces el principal nutriente de oxidación celular para obtener energía es la proteína (Perea, 2016; Gutiérrez *et al.*, 2019).

Al aumentar la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada, se incrementa la capacidad de absorción de cenizas; sin embargo, su contenido en la composición corporal desde el punto de vista biológico tiene un comportamiento irregular, lo que muestra la correlación negativa. Esto señala que el proceso de hidrólisis garantiza efectivamente la capacidad del aprovechamiento de los

minerales de la dieta debido al ácido orgánico usado en el proceso (Sánchez *et al.* 2017). Sin embargo, el contenido de cenizas en la composición corporal del pez se mantiene dentro de rangos cercanos y son similares estadísticamente en todos los tratamientos evaluados. Respecto a la materia seca el comportamiento biológico evidenciado en la composición corporal es similar para los tratamientos evaluados, esto indica que el nivel de sustitución de proteína hidrolizada de vísceras de trucha, al igual que el nivel de aprovechamiento nutritivo de materia seca no influye en el contenido de la misma en la composición corporal, Gálvez (2020) manifiesta que la composición corporal de un pez es ligeramente afectada por alguna influencia del tipo nutricional, lo que apoya los resultados de este estudio.

## 6 CONCLUSIONES.

En este estudio se demuestra que el hidrolizado de viseras de trucha presenta una alta calidad nutricional y mejora la capacidad de aprovechamiento de la tilapia, ya que según los resultados de aprovechamiento nutritivo de materia seca; extracto etéreo, proteína cruda, cenizas, energía bruta y absorción de calcio y fósforo, indican que a mayor sustitución mejora su índice.

Los resultados del análisis de la composición corporal en extracto etéreo y proteína sugieren que las dietas con sustitución con proteína hidrolizada de viseras de trucha presentan ventaja con tendencia a mejorar a medida que se incrementa la sustitución con respecto a la dieta control a base de harina de pescado y en materia seca, cenizas y energía sugieren que la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada de viseras de trucha no afecta estadísticamente la calidad de la composición corporal de los peces.

Todo lo anterior permite concluir que es posible sustituir en un 100% la harina de pescado por la proteína hidrolizada de viseras de trucha en la dieta para Tilapia roja, mejorando los índices de aprovechamiento nutritivo y sin afectar la calidad corporal de los peces.

Los resultados en este estudio sugieren que la intención de encontrar materias primas alternativas viables para dietas en la alimentación de Tilapia roja, es posible debido al alto valor biológico de los subproductos derivados de la agroindustria acuícola, en especial de Trucha, además contribuye en mitigar el impacto ambiental que genera este mismo sector en sus actividades de eviscerado.

## **7 RECOMENDACIONES.**

Se recomienda para estudios posteriores realizar la evaluación de composición corporal a partir de muestras extraídas del filete o de musculo del pez para determinar la calidad del producto ofrecido al consumidor final.

Debido a los buenos resultados metabólicos que se demostraron en este estudio, se recomienda evaluar como una alimentación con proteína hidrolizada de viseras de trucha influye en la capacidad inmunológica de los peces.

Se recomienda realizar estudios con la proteína hidrolizadas de viseras de trucha evaluadas en otras especies acuícolas de interés comercial y otro campo productivo como el avícola.

Se recomienda realizar estudios en la elaboración de piensos dónde se implemente la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada con más de un origen animal en una misma dieta para Tilapia roja.

## 8 BIBLIOGRAFIA.

AGUILAR, A. Modelos matemáticos no lineales como herramienta para evaluar el crecimiento de Tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. *Chitralada*)" alimentadas con dietas peletizadas o extruidas. Universidad Nacional De Colombia, vol 35. 2010. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/6737>

ALVES, D., CARVALHO, T., MAURÍCIO, J., DE OLIVEIRA, R., SEÑOR, A., & BOSCOLO, W. Compelling palatability of protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles. *Latin American Journal of Aquatic Research*, vol. 47(2), pp. 371–376. 2019. Doi.org/10.3856/vol47-issue2-fulltext-19

ARANÍBAR, M., ROQUE, B., PORTOCARRERO, H., RODRÍGUEZ, F., BLANCO, M., ARANÍBAR, K., & FORAQUITA, 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*, 23(1), pp. 1-7. 2020. Disponible en: Doi.org/10.1186/s41240-020-00174-7

BENURY, D. Dietas con diferentes niveles proteicos sobre el crecimiento, índices zootécnicos y composición corporal de juveniles de acarahuazú (*Astronotus ocellatus*). UNAP. 2021. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/7655>

CAMPOS, I., MATOS, E., MARQUES, A., & VALENTE, L. *Hydrolyzed feather meal as a partial fishmeal replacement in diets for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles*. *Aquaculture*, vol 476, pp. 152-159. 2017. Universidade do Porto. Doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.024

CARDONA, J., JAIME, MONTOYA, J., & CASTAÑO, G. Digestibilidad aparente de cuatro concentrados empleados durante el levante *Oreochromis* sp. Investigaciones de Unisarc. Vol 10(2), pp. 15–21. 2012. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/301779635\\_Gaston\\_A\\_Digestibilidad\\_aparente\\_de\\_cuatro\\_concentrados\\_empleados\\_durante\\_el\\_levante\\_Oreochromis\\_sp](https://www.researchgate.net/publication/301779635_Gaston_A_Digestibilidad_aparente_de_cuatro_concentrados_empleados_durante_el_levante_Oreochromis_sp)

CARDOSO, S., GODOY, A., HUGH, J., RODRIGUES, R., CARDOSO, S., BITTENCOURT, F., SIGNOR, A., BOSCOLO, W., & FEIDEN, A. Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*: vol. 530, pp. 1-8. 2021. Doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735720

CARRASCO, S., ALZATE, D., PEREZ, R., & CHAVERRA, G. Índices corporales de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) cultivadas en biofloc (BFT). *Revista investigación pecuaria*. 2016. Disponible en: <https://revistas.udenar.edu.co/index.php/revip/article/view/2957>

CETAQUA. Informe de vigilancia tecnológica alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal. 2017. Disponible en: <https://www.ong-aida.org/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf>

CORNEJO, D. Respuesta morfológica intestinal en tilapia roja (*Oreochromis sp.*) alimentada con pellets enriquecidos con probióticos y prebióticos. UNAL. 2017. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59664>

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CENTRO DE ANTIOQUIA-CORANTIOQUIA. Manual de Producción y Consumo Sostenible Gestión del Recurso Hídrico, piscícolas Cultivo de Trucha y Tilapia. 1–67. 2016. Disponible en: <https://www.corantioquia.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/Pisicola.pdf>

DEVI SANAYAIMA, S., & DEVI VIDYARANI, W. To Study the Difference of Proximate Composition during Pre and Post- Monsoon Season of *Esomus danricus* and *Puntius sophore*. *International Journal of Science and Research*. Vol 5(3), pp. 423–425. 2016. Doi.org/10.21275/v5i3.nov161900

DOS SANTOS, C., GODOY, A., OXFORD, J., RODRIGUES, R., DOS SANTOS, M., BITTENCOURT, F., SIGNOR, A., BOSCOLO, W., & FEIDEN, A. Apparent digestibility of protein hydrolysates from chicken and swine slaughter residues for Nile tilapia. *Aquaculture*. 530, pp. 18. 2021. Doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735720

FEDERACIÓN COLOMBIANA DE ACUICULTORES-FEDEACUA. Cartilla de productividad para tilapia en Colombia. 2018. Disponible en: <https://fedecua.org/contact/>

FONTINHA, F., MAGALHÃES, R., MOUTINHO, S., SANTOS, R., CAMPOS, P., SERRA, C. R., AIRES, T., OLIVA-TELES, A., & PERES, H. Effect of dietary poultry meal and oil on growth, digestive capacity, and gut microbiota of gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. *Aquaculture*. 2021. Doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735879

FREI, G., 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*, vol. 49(3), pp. 476–484. 2021. Doi.org/10.3856/vol49-issue3-fulltext-2656

GÁLVEZ, S. Efecto de la inclusión de harina de subproductos avícolas en el crecimiento y composición química del músculo de gamitana (*Colossoma macropomum*). Universidad Nacional Federico Villarreal. 2020. Disponible en: <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3289649>

GARCÍA, E., SÁNCHEZ, H., & OCHOA, G. Evaluación del ensilado de residuos de pescado y de cabeza de langostino fermentado con *Lactobacillus fermentus* aislado de cerdo. Universidad Nacional de Tumbes. Vol. 30(4), pp. 1456–1469. 2019. Doi.org/10.15381/rivep.v30i4.17165

GIRALDO, R., & NIETO, E. *Revista de investigación agraria y ambiental*. UNAD. Vol. 7.2, pp. 634. 2016 ISSN: 2145-6097

GÓMEZ, L., & ZAPATA, J. Caracterización fisicoquímica, tecnofuncional y calidad biológica de hidrolizados de vísceras de Tilapia Roja (*Oreochromis* spp.). *Información Tecnológica*, Vol. 33(3), pp. 3–14. 2022 Doi.org/10.4067/s0718-07642022000300003

GONZALES, H., & NEYRA, G. Efecto de los niveles proteicos en el crecimiento y composición corporal de alevines de “acarahuazú (*Astronotus ocellatus*) (*Cichlidae*)” cultivados en jaulas flotantes. Universidad Nacional De La Amazonía Peruana. 2018. Disponible en: <https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6246>



GUERRERO, J. Análisis químico de alimentos para animales. Universidad De Nariño. 2020. ISBN: 978-958-5123-14-4

GUNATHILAKA, B., KHOSRAVI, S., HERAULT, M., FOURNIER, V., LEE, C., JEONG, J., & 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. Department of Marine Life Science, Jeju National University, Jeju, South Korea Vol. 26(5), pp. 1592–1603. 2020. Doi.org/10.1111/anu.13105

GUTIÉRREZ, M., & VÁSQUEZ, W. Apparent digestibility of fish meal and poultry by-product meal for *Piaractus brachypomus*. *Orinoquía* [en línea]. 2012, vol.16(1), pp.265-265. ISSN 0121-3709.

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, Vol. 26(6), pp. 1994–2006. 2020. Doi.org/10.1111/anu.13141

HEKMATPOUR, F., KOCHANIAN, P., MARAMMAZI, J., ZAKERI, M., & MOUSAVI, S. 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, Vol. 241, pp. 173–183. 2018. Doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.02.010

HERNÁNDEZ, O., MARTÍNEZ, H., & CARRANZA, E. Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en tilapias (*Oreochromis sp.*) cultivadas en tres lagos de El Salvador. 2022. Disponible en: <https://www.agronomia.ues.edu.sv/agrociencia>

HLEAP, Z., & GUTIÉRREZ, C. Hidrolizados de pescado-producción, beneficios y nuevos avances en la industria. - Una revisión. Acta Agronomica. Vol. 66(3), pp. 311-322. 2017. Doi.org/10.15446/acag.v66n3.52595

HOYOS, J., VILLADA CASTILLO, H., QUINTERO, A., & MENDEZ, J. Chemical Characterization of Hydrolyzed Protein Meal Obtained from Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) By-products Silage. Indian Journal of Science and Technology, Vol. 11(16), pp. 1–13. 2018. Doi.org/10.17485/ijst/2018/ v11i16/118634

JACOME, J., QUESADA, C., SANCHEZ, O., PÉREZ, J., & NIRCHIO, M. Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana and the protection of Ecuadorian biodiversity Introducción. Vol. 26(4), pp. 543–550. 2019. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6341/1/Cultivo de Tilapia en el Ecuador.pdf>

JAVAHERDOUST, S., YEGANEH, S., & AMIRKOLAIE, A. Effects of dietary visceral protein hydrolysate of rainbow trout on growth performance, carcass composition, digestibility and antioxidant enzyme in juvenile *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*. Vol. 26(1), pp. 134–144. 2020. Doi.org/10.1111/anu.12975

KLEBER, E., BARONE, R., YAMAMOTO, F. & CYRINO, J. Dietary protein hydrolysates from animal by-products: Digestibility and enzymatic activity for Dourado *Salminus brasiliensis*. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, Vol. 27(2), pp. 236–246. 2018. Doi.org/10.1080/10498850.2018.1424745

LLEREN, T., & RODRÍGUEZ, W. Obtención y caracterización de un hidrolizado de colágeno purificado producido mediante el uso de la enzima delvolase. *Anales Científicos*, Vol. 78(2), pp. 251. 2017. Doi.org/10.21704/ac.v78i2.1067

LÓPEZ, J. & BENAVIDES, J. Efecto de harina de hidrolizado de vísceras en el crecimiento de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista MVZ Cordoba*, Vol. 26(1). 2020. Doi.org.10.21897/mvz.1989

LOPEZ, M., SALAZAR, R. & IZQUIERDO, R. Coeficiente 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 alevines. *Acta Biol*. Vol 44(1), pp. 7-16. 2015. DOI:10.5380/abpr.v44i1-2.43731

MA, F., LI, X., LI, B., & LENG, X. Effects of extruded and pelleted diets with differing lipid levels on growth, nutrient retention and serum biochemical indices of tilapia (*Oreochromis aureus* × *Tilapia nilotica*). *Aquaculture Nutrition*, Vol. 22(1), pp. 61–71. 2015. Doi.org/10.1111/anu.12229E

MACÍAS, J., RAMOS, D., & ROSERO, 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(4), pp. 7–16. 2015. Doi.org/10.5380/abpr.v44i1-2.43731

MANRÍQUEZ, A. Control de calidad de insumos y dietas acuícolas. FAO. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ab482s/AB482S08.htm>

MARTÍNEZ, U., MOYANO, F., ÁLVAREZ, C., & PERALES, N. Aplicaciones a la mejora de la utilización nutritiva del alimento en cíclidos cultivados en México. 2011. Disponible en: [https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/XI/archivos/4-uscanga.pdf](https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/XI/archivos/4-uscanga.pdf)

MAZO, P. Obtención de hidrolizados de proteínas de vísceras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) con propiedades bioactivos y/o funcionales. Tesis para optar por el título de Doctora en Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias. Universidad de Antioquia. 2020. Disponible en: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/19965>

MÉNDEZ, Y., PÉREZ, Y., TORRES, Y., & REYES, J. Estado del arte del cultivo de la tilapia roja en la mayor de las Antillas. *Ciencias biológicas de la salud*. Vol. 20(2), pp. 15-24. 2018. Disponible en: <http://biotecnia.unison.mx>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL- MADR. Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas. 2020. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

MOHANTA, K., SUBRAMANIAN, S., & KORIKANTHIMATH, V. Potential of earthworm (*Eisenia foetida*) as dietary protein source for rohu (*Labeo rohita*) advanced fry. *Cogent Food and Agriculture*, vol. 2(1). 2016. Doi.org/10.1080/23311932.2016.1138594

NIDIA, R. Análisis proximal de pescados continentales de mayor consumo humano en Ecuador. Tesis para optar por el título de Licenciada en Ciencias Químicas con

mención en Química Analítica. Universidad Católica de Ecuador. 2017. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14675>

NORIEGA, A., RIVAS, D., SILVA, R., & HURTADO, E. Crecimiento y sobrevivencia de juveniles de tilapia roja con dietas suplementadas de vitaminas C y E. *Revista Ciencia UNEMI*, vol. 13(34), pp. 16-27. 2020. ISSN 2528-7737 Electrónico

NÚÑEZ, S., & TELLO, J. Efecto de dietas con diferentes niveles proteicos en el crecimiento y composición corporal de alevines de *colossoma macropomum* gamitana cultivados en estanques. Tesis para optar por el título de Biólogos Acuicultores. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. 2017. Disponible en: <https://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/20.500.12737/5251>

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONOMICO-OCDE. Informe Pesca y acuicultura en Colombia. 2017. Disponible en: [https://www.oecd.org/tad/fisheries/Fisheries\\_Colombia\\_SPA\\_rev.pdf](https://www.oecd.org/tad/fisheries/Fisheries_Colombia_SPA_rev.pdf)

ORGANIZACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.-FAO. Producción y utilización del ensilado de pescado. 2018. ISBN:978-92-5-130605-5

PARRADO, Y. Historia de la Acuicultura en Colombia. *AquaTIC*, 37, pp. 60–77. 2012. ISSN 1578-4541

PAUL, A., RAHMAN, M., RAHMAN, M., & ISLAM, M. Effects of Commercial Feeds on the Growth and Carcass Compositions of Monosex Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, vol. 13(1), pp. 1–11. 2018 Doi.org/10.3923/jfas.2018.1.11

PAZ, M., MENESES, J., & LÓPEZ, J. Digestibility of diets with flour fish silage for the growing of arawana (*Osteoglossum bicirrhossum*). *Rev.MVZ Córdoba*, vol. 21(1), pp. 5177-5188. 2015. ISSN: 0122-0268

PEREA, C., GARCÉS, Y., MUÑOZ, L., HOYOS, J., & GOMEZ, J. Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *Oreochromis* spp. *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 16(1), pp. 43-51. 2018. Doi.org/10.18684/bsaa(16)43-51

PEREA, C., GARCÉS, Y., & HOYOS, J. Evaluation of Fish Waste Biological Silage in Red Tilapia Feeding (*Oreochromis* spp). *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), pp. 60–68. 2011. ISSN - 1692-3561

PEREA, C., GARCÉS, Y., MORALES, Y., JIMÉNEZ, M., HOYOS, J., & VIVAS, N. Digestibilidad de hidrolizados enzimáticos de vísceras de origen animal en *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Biología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 20(1), pp, 54–67. 2022. Doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1606

PEREA, C., GARCÉS, Y., VIVAS, N., & HOYOS, J. Obtención y evaluación de concentrado proteico hidrolizado de residuos animales como alternativa de alimentación en *Piaractus brachypomus* (Cuvier 1818). *Med Vet Zoot*, vol. 68(3), pp 223-235. 2021. Doi.org/10.15446/rfmvz.v68n3.99930 Investigación

PEREA, C., CONCHA, J., GARCÉS, Y., MUOS, L., & GOMEZ J. Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal, *Ciencia En Desarrollo*, vol. 8(2), pp. 39-50.2017. ISSN 0121-7488

PEREA, C. Evaluación nutricional de ensilajes de residuos de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en la alimentación de Tilapia Roja *Oreochromis* spp. Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de Doctor en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional. [on line]. 2016. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/58936>

PÉREZ, M., & RAMOS, M. Crecimiento de las tilapias *Oreochromis niloticus* en cultivo monosexual y ambos sexos en sistemas de producción semi-intensivos. Tesis previa para optar por el título de Ingenieros Acuícolas. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN-LEÓN. 2015. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/3501/1/228251.pdf>

PINZÓN, A. Política Agropecuaria y de Desarrollo Rural, estrategia de Política para el Sector de Pesca y Acuicultura. Documento de política n°. 9.2018. Disponible en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Documentos/6.%20Documento%20de%20Política%20pesca%20y%20acuicultura%20Abril8de2019%2031%20Jul%202019.pdf>

AQUIJIJE, R., VILLAREAL, D., & CHINGA, B. (2019). Evaluación bromatológica de la harina de pescado procesada en la fábrica TADEL S.A. *Ciencias del Mar y Acuicultura "YAKU"*, vol. 2(3), pp. 16-25. 2019. ISSN: 2600-5824

RIVERA, B. Plan de negocios para la creación de una empresa piscícola en el Cantón Valencia. Tesis para la obtención del título de Ingeniera en Administración de Empresas y Negocios. Ecuador. 2019. Disponible en: <https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/11328/1/TUQEXCOMADM019-2019.pdf>

RODRÍGUEZ, G., & DABROWSKI, K. Growth and body composition of Midas (*Amphilophus citrinellus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in duoculture. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, RCCP*, vol. 28(3), pp. 255–264. 2015. Doi: 10.17533/udea.rccp.v28n3a6

ROSADO, R., LANDINES, M., & DIAZ, G. Composición de ácidos grasos en ovas de trucha arcoíris, (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). *Rev. Med. Vet*, vol, 23, pp. 11-22. 2012. ISSN 0122-9354

SAAVEDRA, M. (2018). Manejo del cultivo de tilapia. Centro de Investigaciones de Ecosistemas Acuáticos (CIDEA-UCA). Nicaragua. Disponible en: <http://repositorio.uca.edu.ni/2554/>

SALZAR, L., CHACÓN, A., & HERRERA, I. Crecimiento, eficiencia y composición de tilapia (*Oreochromis aureus*) alimentada con lombriz roja (*Eisenia fetida*). *Nutrición Animal Tropical*, vol. 17(1), pp. 1-35. 2023. Doi.org/10.15517/nat.v17i1.54085

Sanchez, B. N., Torres, H., & Martin, N. Y. (2017). Experiencia en el almacenamiento de materias primas vegetales durante la sustitución de dietas para dorada (*Sparus aurata*). *Universidad De Cundinamarca*.

SHOKRIAN, A., MOBLI, H., AKBARNIA, A., JAFARI, A., MOUSAZADE, H., & ZHU, B. Application an Euler–Euler Multiphase-Flow Model for Simulation Flow in a Centrifugal Separator Machine. *American Journal of Fluid Dynamics*, vol. 8(4), pp. 112-115. 2018. Doi: 10.5923/j.ajfd.20180804.02

SIERRA, C., & MARROSO, J. Estrategias de manejo para mejorar la producción piscícola en un sistema de jaulas flotantes con Tilapia roja (*Oreochromis sp*), en Montería, Córdoba. Universidad de la Salle. 2019. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/zootecnia/462>

TAUFEK, N., LIM, J., & ABU, N. (2020). Comparative Evaluation of *Hermetia Illucens* Larvae Reared on Different Substrates for Red Tilapia Diet: Effect on Growth and Body Composition. *Journal of Insects as Food and Feed*, vol. 7(1), pp 1–10. Doi.org/10.3920/JIFF2019.0058

TITE, C. Evaluación de tres dosis de miel de caña en la alimentación de tilapia (*Oreochromis spp*) en la fase de engorde en Jacalurco Puyo. *Universidad Técnica De Cotopaxi Unidad Académica De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales*. Ecuador 2016. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/3300>

VALENZUELA, R., MARTINEZ, P., & ARÉVALO, M. Evaluación preliminar de un sistema de recirculación para un prototipo implementado en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Universidad Surcolombiana. 2018.

VELASCO, J., & GUTIÉRREZ, M. Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. *Revista Politécnica*, vol. 15(30), pp. 82–93. 2019. Doi.10.33571/rpolitec. v15n30a8

VILCAPOMA, D. Determinación de la digestibilidad de nutrientes y energía digestible de la harina de pescado en juveniles de sábalo cola roja (*Brycon erythropterum*). Tesis para Optar el Título de Ingeniero Zootecnista. Lima-Perú. 2021. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4922>

WU, J. PING, 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*, vol. 52(1), pp. 291–301. 2021. Doi.org/10.1111/are.14892

YAO, Y., JIANG, M., WEN, H., WU, F., LIU, W., TIAN, J., & YANG, C. Dietary phosphorus requirement of GIFT strain of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared in freshwater. *Aquaculture Nutrition*, vol. 20(3), pp. 273–280. 2014. Doi.org/10.1111/anu.12075

YOUNIS, S., AL-QUFFAIL, A., AL-ASGAH, N., ABDEL-WARITH, A., & AL-HAFEDH, Y. Effect of dietary fish meal replacement by red algae, *Gracilaria arcuata*, on growth performance and body composition of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Saudi Journal of Biological Sciences*, vol. 25(2), pp. 198–203. 2017. Doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.06.012

ZAPATA, J., MOYA, M., & FIGUEROA, O. Hidrólisis Enzimática de la Proteína de Vísceras de Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*): Efecto del tipo de Enzima, Temperatura, pH y Velocidad de Agitación. *Información Tecnológica*, vol. 30(6), pp. 63–72. 2019. Doi.org/10.4067/s0718-07642019000600063

ZAVALA, R., & LEÓN, I. Diseño e implementación inicial de un modelo de fortalecimiento de la sostenibilidad productiva de los acuicultores de recursos limitados en Colombia a través de la incorporación de insumos alternativos de las dietas empleadas en sus sistemas de acuicultura. *UNAP; UNILLANOS; IALL*. 2016.





**Anexo B.** Registro toma de temperatura.

PROYECTO ID													
REGISTRO DE TEMPERATURA DE PECES													
# PECES INICIAL:		ESPECIE:						Tilapia ( <i>Oreochromis spp</i> )					
FECHA DE INICIO:		PESO PROMEDIO INICIAL:											
FECHA	JORNADA	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 alimentación.**

PROYECTO ID													
REGISTRO DE ALIMENTACIÓN													
# PECES INICIAL:		ESPECIE:						Tilapia ( <i>Oreochromis spp</i> )					
FECHA DE INICIO:		PESO PROMEDIO INICIAL:											
FECHA	JORNADA	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												

