

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HIDROLIZADO DE VÍSCERAS DE POLLO
EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE *Oreochromis spp***



**LUZ AMPARO QUINA HUILA
OSCAR AICARDO RODRIGUEZ BRAVO**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2022**

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DE HIDROLIZADO DE VÍSCERAS DE POLLO
EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE *Oreochromis spp***

**LUZ AMPARO QUINA HUILA
OSCAR AICARDO RODRIGUEZ BRAVO**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación como requisito para
optar al título de ingenieros Agropecuarios.**

Directores:

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

Codirectora:

M.Sc. Marly Andreina Jiménez Chamorro

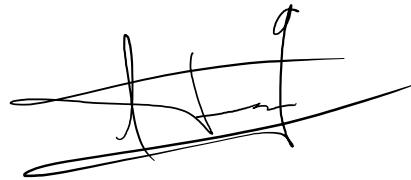
**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INGENIERÍA AGROPECUARIA
POPAYÁN
2022**

NOTA DE ACEPTACIÓN

El director y los jurados han leído el presente trabajo, han escuchado la sustentación del mismo por sus autores y lo encuentra satisfactorio.



Ph.D. Crispulo Perea Román



Ph.D. Nelson José Vivas Quila



PRESIDENTE DE JURADO



JURADO

DEDICATORIA

A mi madre Soraida Bravo Alderete que con tanto esfuerzo y dedicación me acompañó en este trayecto y me ayudo a salir adelante, a mi padre Oscar Edilmo Rodríguez Rodríguez (Q.E.P.D) quien me indico el camino a seguir en la vida, a mis abuelos, Mireya Alderete, Samuel Gonzales y Rosa Lina Rodríguez (Q.E.PD) quienes fueron un apoyo incondicional para cumplir esta meta, a mis hermanas que me dieron fuerza para siempre superar los obstáculos, a mis sobrinos y todos mis tíos, primos que de una u otra manera me dieron su apoyo

A mis queridos amigos, Johan Sebastián Correa Caicedo, Eduar Fabián Bravo Álvarez y Cristian Andrés Mora, y todas aquellas personas que estuvieron a mi lado en los momentos donde siempre necesite una mano amiga.

A mi novia, Luz Amparo Quina Huila que me dio la fortaleza, la compañía y el amor para superar los obstáculos y poder llevar esta meta a feliz término.

A todas y cada una de aquellas personas que me brindó en su momento apoyo académico, moral, económico, que estuvieron a mi lado dándome fortaleza, muchas gracias.

Oscar Aicardo Rodríguez Bravo

Con todo mi amor y gratitud dedico este trabajo de grado a mi padre William Angel Quina y a mi madre Lidia Huila Guacheta, quienes han soportado infinidad de dificultades y aun así me han brindado todo su cariño, comprensión y apoyo incondicional en cada momento de mi vida, a ellos siempre dedicare todos mis logros. A mis hermanas Nelvi Yohana Quina Huila y Yesica Alejandra Quina Huila por sus palabras de apoyo y motivación. A mi sobrina Ada Veronica Gugu Quina quien alegra mis días con sus ocurrencias. Por darles la vida y la salud a mi bella familia doy gracias a Dios.

A Oscar Aicardo Rodríguez Bravo quien me acompañó en este proceso académico brindándome fortaleza, compañía y amor para superar todos los obstáculos y así cumplir juntos esta etapa de nuestras vidas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mis compañeros de carrera y a cada una de las personas que me extendieron su mano en momentos difíciles y por el afecto brindado cada día.

Luz Amparo Quina Huila.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darnos la oportunidad de culminar este proyecto y a todas las personas e instituciones que hicieron posible este sueño.

Al grupo de investigación ASUBAGROIN (Aprovechamiento de subproductos y residuos agroindustriales) y NUTRIFACA (Nutrición agropecuaria) de la Facultad de Ciencias Agrarias, por permitirnos llevar a cabo este trabajo de investigación.

A nuestros directores: Ph.D. Crispulo Perea Román y Ph.D. Nelson José Vivas Quila, por su acompañamiento, confianza y paciencia a lo largo de este proceso investigativo.

A la asociación APISMO (Asociación de Piscicultores de Morales), especialmente al representante legal Edison Velazco Silva y operarios de la estación, por acogernos y compartir su conocimiento práctico de la actividad piscícola.

A la MSc. Marly Andreina Jiménez Chamorro, por su colaboración y acompañamiento en la parte metodológica de este trabajo y en el proceso de redacción de los documentos.

A la Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias y todos los docentes que con su conocimiento y acompañamiento a lo largo de estos años contribuyeron en nuestra formación profesional y personal.

RESUMEN

La actividad piscícola destina entre el 50% al 70% de los costos de producción para la alimentación de los peces, por lo anterior, se evaluó el efecto de la inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha en la respuesta productiva de *Oreochromis* spp. La evaluación se realizó durante 45 días, para ello, se utilizaron 378 juveniles de Tilapia roja reversados, con peso promedio de $92,67 \pm 4,91$ g y talla de $17,14 \pm 0,26$ cm; estos fueron distribuidos bajo un diseño completamente al azar con tres tratamientos y tres réplicas cada uno: tratamiento T0 (concentrado comercial), tratamiento T1 (20% de inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha) y tratamiento T2 (30% de inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha), donde las variables de respuesta se agruparon en parámetros de crecimiento, aprovechamiento nutritivo y económicos, dentro del primer grupo se encuentran: incremento de peso (IP), incremento de talla (IT), incremento de biomasa (IB), tasa de crecimiento diaria (TCD), tasa de crecimiento instantánea (TCI) y coeficiente térmico de crecimiento (CTC); segundo grupo: consumo de alimento (CA), índice de conversión alimenticia (ICA), tasa de alimentación diaria (TAD), tasa de eficiencia proteica (TEP) y tasa de eficiencia energética (TEE); y por último: costo de la dieta (CD), índice de conversión económico (ICE), índice de rentabilidad económica (IRE), incremento del beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM). En este estudio se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para todas las variables de respuesta excepto IBN y TRM, se determinó que la dieta con 30% de inclusión de HVPT obtuvo la mejor respuesta para CD, sin embargo, la dieta del 20% presentó mejores resultados para las variables de crecimiento, aprovechamiento nutritivo y en variables como: BN, IRC e ICE. Los resultados demuestran que el hidrolizado de vísceras de pollo y trucha constituyen una alternativa proteica y energética en la alimentación de la tilapia debido a que la respuesta productiva de los peces fue significativamente superior a la dieta comercial, además contribuye a la reducción de los costos de producción en el sector piscícola y ayuda a mitigar el impacto ambiental que genera el faenado de especies pecuarias.

Palabras claves: Tilapia roja, hidrolizado, vísceras de pollo, índices de crecimiento, aprovechamiento nutritivo, análisis económico.

ABSTRACT

The fish farming activity allocates between 50% to 70% of the production costs for the feeding of the fish, therefore, the effect of the inclusion of endogenous hydrolysate of chicken and trout viscera in the productive response of *Oreochromis* spp was evaluated. The evaluation was carried out for 45 days, for this, 378 juveniles of red reversed Tilapia were used, with an average weight of 92.67 ± 4.91 g and a length of 17.14 ± 0.26 cm; these were distributed under a completely randomized design with three treatments and three replicates each: treatment T0 (commercial concentrate), treatment T1 (20% inclusion of endogenous hydrolyzate from chicken and trout viscera) and treatment T2 (30% inclusion of endogenous hydrolyzate of chicken and trout viscera), where the response variables were grouped into growth parameters, nutritional use and economics, within the first group are: weight increase (IP), size increase (IT), increase of biomass (IB), daily growth rate (DGR), instantaneous growth rate (TCI) and thermal coefficient of growth (CTC); second group: feed intake (CA), feed conversion ratio (FCR), daily feeding rate (DFT), protein efficiency ratio (TEP) and energy efficiency ratio (TEE); and finally: cost of the diet (CD), economic conversion index (ICE), economic profitability index (IRE), increase in net benefit (IBN) and marginal rate of return (TRM). In this study there were significant differences ($P < 0.05$) for all the response variables except IBN and TRM, it was determined that the diet with 30% inclusion of HVPT obtained the best response for CD, however, the diet of the 20% presented better results for the variables of growth, nutritional use and in variables such as: BN, IRC and ICE. The results show that the hydrolyzed chicken and trout viscera constitute a protein and energy alternative in tilapia feeding because the productive response of the fish was significantly higher than the commercial diet, and also contributes to the reduction of production costs. In the fish farming sector and helps mitigate the environmental impact generated by the slaughter of livestock species.

Keywords: Red tilapia, hydrolyzate, chicken viscera, growth rates, nutritional use, economic analysis.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	13
2.	OBJETIVOS	14
2.1.	OBJETIVO GENERAL	14
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3.	MARCO REFERENCIAL	15
3.1.	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TILAPIA ROJA	15
3.1.1	Clasificación taxonómica de la Tilapia roja	15
3.1.2.	Biología de la especie	15
3.1.3.	Morfología externa e interna de la tilapia	16
3.1.4.	Origen y distribución.....	16
3.1.5.	Hábito alimenticio y fisiología digestiva de la Tilapia roja	17
3.1.6.	Alimentación y requerimientos nutricionales.	17
3.1.7.	Requerimientos medio ambientales.	18
3.2.	HIDROLIZADO DE SUBPRODUCTOS DE ANIMALES COMO ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN DE PECES.....	18
3.3.	PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y APROVECHAMIENTO NUTRITIVO.....	19
3.4.	ESTADO MUNDIAL Y NACIONAL DE LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA.	19
3.4.1.	Producción piscícola a nivel mundial.....	19
3.4.2.	Producción piscícola a nivel nacional y departamental.....	19
3.5.	MARCO HISTÓRICO	20
3.5.2.	Estudios realizados a nivel nacional.....	20
3.5.3.	Estudios realizados a nivel mundial.....	22
4.	METODOLOGÍA	24
4.1.	LOCALIZACIÓN	24
4.2.	MATERIAL BIOLÓGICO	25
4.2.1.	Recolección de vísceras de pollo y trucha.....	25
4.2.2.	Preparación del hidrolizado de vísceras de pollo (<i>Gallus gallus domesticus</i>) y trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	25
4.2.3.	Juveniles de Tilapia roja	27
4.3.	FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS	28
4.4.	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS	30
4.4.1.	Índices de crecimiento.....	31

4.4.2. Índices de aprovechamiento nutritivo	31
4.4.3. Análisis económico de dietas	32
4.5. INSTALACION DE JAULAS FLOTANTES	32
4.6. PLAN DE MANEJO	33
4.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	34
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
5.1. ÍNDICES DE CRECIMIENTO	36
5.1.1. Incremento de peso (IP) e incremento de biomasa (IB).	37
5.1.2. Incremento de talla (IT).	39
5.1.3. Tasa de crecimiento diaria (TCD) y tasa de crecimiento instantánea (TCI) 40	
5.1.4. Coeficiente térmico de crecimiento (CTC).....	42
5.2. ÍNDICES DE APROVECHAMIENTO NUTRITIVO	44
5.2.1. Consumo de alimento (CA) y conversión alimenticia (ICA).	44
5.2.2. Tasa de alimentación diaria (TAD)	46
5.2.3. Tasa de eficiencia proteica (TEP) y tasa de eficiencia energética (TEE) 47	
5.3. VALORACIÓN DEL COSTO Y BENEFICIO ECONÓMICO ASOCIADO A LA DIETA.....	49
5.3.1. Costo de la dieta (CD).	50
5.3.2. Índice de conversión económica (ICE) e índice de rentabilidad económica (IRE).....	51
5.4. ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS PARCIALES.....	53
5.4.1. Beneficio neto (BN).	53
5.4.2. Incremento de beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM).	54
5.5. ANALISIS DE DOMINANCIA.....	56
6. CONCLUSIONES.....	58
7. RECOMENDACIONES	59
8. BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	68

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de tilapia roja	15
Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de Tilapia roja en fase de levante... ..	177
Cuadro 3. Balance de las dietas evaluadas en Tilapia roja fase de levante ..	288
Cuadro 4. Tratamientos y variables de respuesta	344
Cuadro 5. Valores medios de los índices de crecimiento obtenidos en Tilapia roja	366
Cuadro 6. Valores medios de los índices de aprovechamiento nutritivo obtenidos en Tilapia roja.....	444
Cuadro 7. Valores medios de los índices económicos obtenidos en Tilapia roja	499
Cuadro 8. Valores medios de los presupuestos parciales, obtenidos en el estudio de Tilapia roja.....	533

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Morfología externa e interna de la Tilapia roja ¡Error! Marcador no definido.6	
Figura 2. Laboratorio de Biotecnología - Facultad de Ciencias Agrarias	24
Figura 3. Planta de Concentrados del Sur.	25
Figura 4. Estación Piscícola APISMO	25
Figura 5. Proceso de preparación de hidrolizado de vísceras de pollo y trucha	26
Figura 6. Proceso de selección de peces al inicio del bioensayo	27
Figura 7. Proceso de elaboración de dietas experimentales	30
Figura 8. Proceso realizado para el desarrollo de biometrías	31
Figura 9. Preparación de jaulas para evaluación en campo	33
Figura 10. Incremento de peso.	37
Figura 11. Incremento de biomasa.	38
Figura 12. Incremento de talla	39
Figura 13. Tasa de crecimiento diaria	41
Figura 14. Tasa de crecimiento instantánea	41
Figura 15. Coeficiente térmico de crecimiento	43
Figura 16. Consumo de alimento.	45
Figura 17. Índice de conversión alimenticia	45
Figura 18. Tasa de alimentación diaria.	47
Figura 19. Tasa de eficiencia proteica	48
Figura 20. Tasa de eficiencia energética.	48
Figura 21. Costo de la dieta.	50
Figura 22. Índice de conversión económica	51
Figura 23. Índice de rentabilidad económica	52
Figura 24. Beneficio neto.	53
Figura 25. Incremento del beneficio neto	55
Figura 26. Tasa de retorno marginal	55
Figura 27. Análisis de dominancia económica evaluada en Tilapia roja	57

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Protocolo para la medición de demanda química de oxígeno (DQO), Met: 26 (Test: 0-26).....	68
Anexo B. Protocolo para la medición de alcalinidad de carbonatos (CaCO ₃), MEt: 151 (Test: 0-15).....	69
Anexo C. Protocolo para la medición de potencial de hidrógeno, Met: 72 (Test: 72).....	70
Anexo D. Protocolo para la medición de demanda biológica de oxígeno (DBO ₅), Met: 822	71
Anexo E. Protocolo para la medición de amonio (NH ₄ -N), Met: 0041 (Test; 0-04).	72
Anexo F. Protocolos para la medición de nitritos (NO ₂ -N), Met: 691 (Test:0-069).	743
Anexo G. Protocolos para la medición de nitratos (NO ₃ -N), Met: 641 (Test:0-64).	754
Anexo H. Registro de temperatura del agua	75
Anexo I. Registro de alimentación.....	76
Anexo J. Registro de mortalidad	77
Anexo K. Registro de biometría.....	78
Anexo L. Protocolo para la medición de oxígeno disuelto (OD), (Test: 0- 82) .	79

1. INTRODUCCIÓN

La pesca y la acuicultura han tenido un desarrollo importante a nivel nacional alcanzando una producción de 179.351 toneladas para el 2020. Estos sectores generan cerca de 215.221 empleos y contribuyen a fortalecer el patrimonio de países en vía de desarrollo al concentrar el 75,67% de la producción en estos. En Colombia, la pesca y la acuicultura se han posicionado como un importante dinamizador de la economía al aportar a la seguridad alimentaria del país, con productos inocuos de alta calidad, capaces de participar en mercados nacionales e internacionales y generar mayor empleo (MADR, 2021).

El embalse La Salvajina representa un recurso hídrico importante en la economía para los pequeños productores de los municipios de Morales y Suarez, quienes lo aprovechan para desarrollar proyectos de piscicultura de pequeña escala. Sin embargo, en sistemas de producción semi-intensiva de tilapia en jaulas flotantes, para la compra de alimento balanceado se destina entre el 50 y 70% del total de los costos operacionales y se ve reflejado en la baja rentabilidad y productividad dentro de las piscifactorías. Debido a la poca disponibilidad de las materias primas en esta región no se tiene la capacidad para producir dietas balanceadas que remplace parcial o totalmente la harina de pescado como fuente principal en alimentación para peces; por esta razón, es fundamental la evaluación continua de nuevas alternativas proteicas regionales de bajo costo, de alta calidad nutricional y bajo impacto ambiental. (Paz *et al.*, 2019)

Los subproductos del faenado de pollos de engorde y Trucha arcoíris pueden ser utilizados como una alternativa para la alimentación animal, a través de técnicas de bioconversión como los hidrolizados enzimáticos, en los cuales las vísceras de pollo se transforman en piensos para la alimentación de peces, aprovechando la capacidad proteolítica que tienen las enzimas endógenas presentes en las vísceras de trucha (Mohanty *et al.*, 2018; Perea *et al.*, 2017). El empleo de estas vísceras en hidrolizados contribuye a la reducción de los costos de producción en el sector piscícola; además, ayudan a mitigar el impacto ambiental que generan el eviscerado de estas especies (Perea *et al.*, 2021).

El objeto de este estudio fue analizar el efecto de la inclusión de hidrolizado de vísceras de pollo en la respuesta productiva de *Oreochromis spp* alimentadas con dietas extruidas en fase de levante; se evaluó los parámetros productivos, índices de aprovechamiento nutritivo en los peces y un análisis económico para destacar el valor nutricional y la calidad de los hidrolizados enzimáticos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar parámetros productivos y económicos en la fase de levante tilapia roja (*Oreochromis spp*) a nivel de campo, alimentadas con las dietas extruidas a partir de la inclusión de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo a nivel de campo en Tilapia roja (*Oreochromis spp*) fase de levante, alimentadas a partir de dietas extruidas con inclusión de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo.
- Realizar un análisis económico de la inclusión de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) fase de levante en condiciones de campo.

3. MARCO REFERENCIAL.

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TILAPIA ROJA

La Tilapia roja o mojarra roja se encuentra ampliamente distribuida a nivel mundial, gracias a sus bondades productivas como: crecimiento acelerado, filete grande de excelente textura, ausencia de espinas, tolerancia a altas densidades poblacionales, adaptación al cautiverio, aceptación de una amplia gama de alimentos, resistencia a enfermedades, carne blanca de calidad y buena aceptación en el mercado. Este pez es un tetra híbrido que proviene de las especies más importantes del género *Oreochromis* (*O. mossambicus*, *O. niloticus*, *O. aureus*, *O. hornorum*) donde cada especie aporta características que le permiten obtener una ventaja superior sobre otras especies. (Pallares, 2020).

3.1.1 Clasificación taxonómica de la Tilapia roja. En el cuadro 1, se presenta la clasificación taxonómica de la Tilapia roja.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la Tilapia roja.

Phylum	Vertebrata
Subphillum	Craneata
Superclase	Gnatostomata
Clase	Actinopterygii
Orden	Perciformes
Suborden	Percoidei
Familia	Cichlidae
Géneros	<i>Oreochromis</i>
Especies	<i>hornorum</i>
	<i>niloticus</i>
	<i>aureus</i>
	<i>mossambicus</i>

Fuente: Avirama & Garcés, (2022)

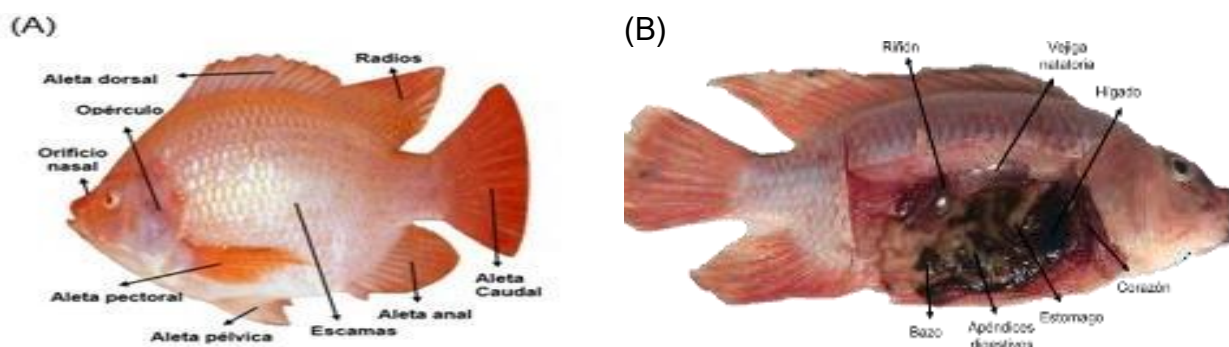
3.1.2. Biología de la especie. La Tilapia roja puede alcanzar pesos entre 1.000 a 3.000 gramos en edad adulta, con una vida útil de 2 a 3 años, el peso comercial (250 a 350 g) lo puede alcanzar entre 6 a 8 meses dependiendo de la temperatura del agua, variación de temperatura día vs noche, la densidad de producción, el manejo técnico, entre otros. En cuanto a la reproducción; su madurez sexual se alcanza entre los 3 a 4 meses en machos y en hembras de 3 a 5 meses de edad, en condiciones óptimas de temperatura de 24°C a 34°C puede desovar 5 a 8 veces por año, produciendo en cada desove entre 1.000 y 1.500 huevos dependiendo de la hembra, el tipo de incubación es bucal por

tiempo de 3 a 6 días. La proporción recomendada para el manejo de reproductores es 1,5 a 2 machos por 3 hembras (Ganoza *et al*, 2021).

3.1.3. Morfología externa e interna de la tilapia. La tilapia se caracteriza por presentar un solo orificio a cada lado de la cabeza, que sirve simultáneamente como entrada y salida de la cavidad nasal; en algunas especies los machos presentan la cabeza más grande que la hembra; su boca es protractil y generalmente ancha, con los labios carnosos y gruesos; las mandíbulas presentan dientes tipo cónico y en algunas veces incisivos; su cuerpo es robusto, comprimido lateralmente y discoidal, raramente alargado; tienen una línea lateral interrumpida en dos partes; tiene escamas de tipo ctenoideas. Para su locomoción poseen aletas pares (pectorales y ventrales) e impares (aletas dorsales, la caudal y la anal), la parte anterior de la aleta dorsal consta de varias espinas y la parte terminal de radios suaves, disponiendo sus aletas dorsales en forma de cresta; la aleta anal es corta, redondeada y de forma truncada que le sirve para mantener el equilibrio del cuerpo durante la natación (Churuchumbi, 2020). Ver figura 1(A).

El sistema circulatorio, conformado por el corazón, es un órgano de forma generalmente redonda, bilobulado compuesto por tejidos musculares y se encuentra en la base de la garganta. Las tilapias poseen una vejiga natatoria pegada a la base intermedia debajo de la columna vertebral, tiene forma alargada y globosa, este órgano le sirve para equilibrar la flotabilidad del pez. El riñón es un órgano de forma ovoide que filtra la sangre y se conecta con la vejiga (Valcárcel, 2019). Ver figura 1(B).

Figura 1. Morfología externa e interna de la Tilapia roja



Fuente: Los autores, 2022.

3.1.4. Origen y distribución. La tilapia pertenece a una gran familia de peces conocida como Cichlidae, proviene del cercano Oriente y África e incluyen unas 1.200 especies, debido a su resistencia a enfermedades, facilidad para reproducirse y consumo de gran variedad de alimentos se ha introducido en las aguas dulces de las zonas costeras de la India, América Central, Sudamérica,

Europa, Asia y el Caribe. A Colombia fueron introducidas en el Departamento del Valle del Cauca en 1957 procedentes de Brasil, pero fue a partir de los años 80's el verdadero auge de la producción con el ingreso de la Tilapia roja (*Oreochromis spp*) y en la década de los 90's empiezan exportaciones de filete fresco a Estados Unidos (Quintero, 2019; Cabrera, 2019).

3.1.5. Hábito alimenticio y fisiología digestiva de la Tilapia roja. La tilapia es considerada como una especie omnívora, en su ambiente natural se alimenta principalmente de plancton, organismos bentónicos, plantas acuáticas, invertebrados y larvas de peces, tiene gran capacidad de nutrirse a partir de una gran gama de alimentos naturales y artificiales La ingestión ocurre durante el día y la digestión principalmente en la noche (Méndez *et al.*, 2018). El sistema digestivo comienza en la boca, siguiendo con la faringe la cual está perforada lateralmente por los arcos branquiales. El esófago es muy elástico y dispone de células secretoras de una sustancia mucilaginososa que favorece el avance del bolo alimenticio hacia el estómago en donde pueden desintegrar todo tipo de alimentos, los peces no disponen de glándulas salivales, siendo estas sustituidas por glándulas mucosas. La tilapia es un tipo de animal omnívoro; por eso su intestino es aproximadamente siete veces más largo que su cuerpo. Presenta glándulas como el hígado, siendo el órgano más grande y alargado, encargado de producir enzimas que ayuda a la digestión de los alimentos. Otra glándula importante es el páncreas, un órgano poco visible con la función de secretar enzimas (tripsina, amilasas y lipasas) a través de su propio conducto. (Churuchumbi, 2020).

3.1.6. Alimentación y requerimientos nutricionales. Los alimentos recomendados para tilapia consisten generalmente en pellets extruidos flotantes, estos deben contener materias primas tanto de origen animal como vegetal y de excelente calidad. En sistemas de producción, los requerimientos energéticos son tomados principalmente de la proteína y lípidos, seguido de los carbohidratos, por este motivo, es importante elegir el nivel de proteína adecuado para cada sistema de producción (intensivo o semi-intensivo), peso del pez, función fisiológica (reproducción o engorde), producción primaria del ecosistema y el factor económico, disminuyendo el contenido proteico de la dieta con el crecimiento del pez. Para etapas de larva de 40-46% de proteína bruta (PB), para alevín de 30-34% de PB, par juveniles hasta la finalizar la ceiba entre 26-32%. (Méndez *et al.*, 2018) En el cuadro 2 se muestra los requerimientos nutricionales para la Tilapia roja en fase de levante.

Cuadro 2. Requerimientos nutricionales de Tilapia roja en fase de levante.

Requerimiento	Cantidad
Proteína cruda	32%
Lípidos	8 a 10%
Carbohidratos digeribles	25%

Relación energía/proteína	9,4 (Kcal/kg)
Energía digestible	3.000 a 3.200 Kcal/kg
Fibra bruta	3 a 5%
Lisina	1,43%
Metionina	0.75%
Calcio	1,5% a 2%
Fósforo	1 a 1,5%

Fuente: (Méndez *et al.*, 2018).

3.1.7. Requerimientos medio ambientales. Los parámetros óptimos para la producción de tilapia son: temperatura del agua de 25 a 30°C, ya que su crecimiento se ve afectado por debajo de 15°C, el oxígeno disuelto debe permanecer por encima de 4,5 ppm, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO₅) entre 4 a 6 ppm, dureza entre 50 - 350 ppm de CaCO₃, relacionada a esta la alcalinidad debe tener entre e 100 ppm a 200 ppm y pH de 6,5 a 9,0; los niveles de tolerancia de amonio para la tilapia se encuentra en el rango de 0,6 a 2,0 ppm y de nitritos menor a 0,1, superior a este valor los peces sufren innumerables daños que podrían causar la muerte, el dióxido de carbono debe mantenerse por debajo a 20 ppm porque cuando sobrepasa este valor se presenta letargia e inapetencia (Churuchumbi, 2020).

3.2. HIDROLIZADO DE SUBPRODUCTOS DE ANIMALES COMO ALTERNATIVA PARA LA ALIMENTACIÓN DE PECES.

En la industria de procesamiento de pescado se destina el 40% para consumo humano, el 60% son residuos sólidos que en la mayoría de veces son descartados sin obtener ningún beneficio; por el contrario, generan altos costos en el tratamiento de los mismos y contaminación del recurso hídrico. Estos residuos son una fuente rica en proteínas y lípidos, siendo necesario su aprovechamiento mediante técnicas de bioconversión para minimizar los impactos económicos y ambientales (Zapata *et al.*, 2019).

El hidrolizado enzimático es una técnica de bioconversión simple, de baja inversión, cuyo producto se puede obtener por acidificación directa mediante la adición de ácidos orgánicos (Llanes & Parisi, 2020); en este proceso se disminuye rápidamente el pH del sustrato (vísceras de pollo, peces, porcino, entre otros) y se crea un ambiente adecuado para la acción de enzimas endógenas presentes en los subproductos de animales, las cuales hidrolizan la proteína y separan la grasa; adicionalmente, al bajar el pH también se inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos causantes de la descomposición de los subproductos mencionados, esto favorece la preservación y la buena calidad del hidrolizado (Jiménez & Morales, 2018; Prieto *et al.*, 2020).

Los hidrolizados enzimáticos son un bioproducto resultante del aprovechamiento eficiente de residuos de origen animal; el proceso consiste en el rompimiento de la mayor cantidad de enlaces peptídicos según el grado de hidrólisis al que se somete, para obtener un excelente equilibrio en aminoácidos libres, buena digestibilidad y rápida absorción a través de la membrana intestinal (Zapata *et al.*, 2019; Cardoza *et al.*, 2021).

3.3. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO Y APROVECHAMIENTO NUTRITIVO

El crecimiento de los peces está determinado fundamentalmente por los siguientes flujos de energía y proteína en función del peso corporal: la cantidad y calidad de alimento ingerido, el metabolismo de los peces, el alimento digerible y por el rango óptimo de temperatura del agua (Nobre, 2019). En cuanto a la cantidad de alimento, el crecimiento potencial se expresa con una alimentación a saciedad; sin embargo, se sabe que los peces consumen más alimento del necesario, de tal forma se ha propuesto una estrategia de suministrar alimento hasta cubrir el 90% de la saciedad, de esta forma se puede llegar a obtener un potencial máximo de crecimiento y aprovechamiento de los nutrientes obteniendo bajos índices de conversión alimenticia (ICA), otra ventaja es que lograr pesos y tallas más uniformes dentro de la población (Paz *et al.*, 2019).

3.4. ESTADO MUNDIAL Y NACIONAL DE LA PRODUCCIÓN PISCÍCOLA.

A continuación, se presenta el estado actual de la piscicultura a nivel mundial y nacional.

3.4.1. Producción piscícola a nivel mundial. La producción de la acuicultura es un renglón importante dentro de la economía mundial gracias a su composición nutricional, que aporta tanto a la seguridad y soberanía alimentaria. En 2018, la producción de la acuicultura en el mundo se estimó en 178,5 millones de toneladas de peso vivo, de las cuales se 156 millones de toneladas fueron destinadas para consumo humano directo, los 22 millones de toneladas se destinan a otros usos principalmente para la producción de harina y aceite de pescado. La producción de la acuicultura en aguas continentales se estimó en 51,3 millones de toneladas, es decir, el 62,5% del total general en comparación con 57,7% en el año 2.000, colocando al pescado y otros productos pesqueros como los más comercializados y consumidos por encima de otras proteínas de origen animal en el mundo (FAO, 2020).

3.4.2. Producción piscícola a nivel nacional y departamental. En Colombia el sector piscícola ha tenido un crecimiento constante del 10,04% en el periodo

del 2012 al 2020, esto favorece a los pequeños y medianos productores gracias a la generación de ingresos económicos, empleos directos e indirectos y apoyo a la seguridad y soberanía alimentaria. Para el 2020, la producción piscícola fue de 174.067 t, porcentualmente se distribuye en las especies de tilapia (58%), cachama (19%), trucha (16%), otras especies (7%), que son un aporte importante en la participación tanto en el PIB agropecuario (3,3%) como nacional (0,3%) (MADR, 2021).

La producción nacional está concentrada en los departamentos del Huila (39%), Meta (11%), Tolima (9%), Cundinamarca y Boyacá (6%), Antioquia (4%), Córdoba (3%), los cuales representan el 72% del total de la producción (MADR, 2021). Dentro del componente pesquero, la comercialización es una prioridad en la que se debe afrontar diferentes retos como reducir los altos costos de producción, mejorar la productividad y competitividad, modernizar los sistemas de producción, ampliación de crédito y financiamiento, etc. En cuanto a los procesos de exportación de tilapia y trucha como producto fresco, en 2020 obtuvo \$USD 92,4 millones y 17,569 t enviado principalmente a EE.UU y Europa.

El departamento del Cauca tuvo una participación del 1,54% de la producción nacional con 2.686 t en 2020 (MADR, 2021) donde la tilapia genera 276,4 t al año (Perea, 2016). La piscicultura es un sector importante para la producción de alimentos de consumo y crecimiento económico a nivel local y regional, ya que contribuye con la superación de pobreza en las zonas rurales, generación de empleo y soberanía alimentaria.

3.5. MARCO HISTÓRICO

3.5.1. Antecedentes. En el transcurso del tiempo se han realizado estudios de la inclusión del hidrolizado a base de residuos de origen animal como alternativa en la alimentación para peces; donde se evalúa el efecto en términos de crecimiento, aprovechamiento nutritivo e índices económicos. A continuación, se presentan las investigaciones realizadas recientemente a nivel nacional e internacional.

3.5.2. Estudios realizados a nivel nacional. A continuación, se presentan investigaciones recientes sobre hidrolizados de origen animal realizadas en el país.

En Medellín, Colombia; se realizó una investigación que tuvo como objetivo optimizar el contenido de ácidos y maximizar las proporciones de ensilado en dietas para Tilapia roja (*Oreochromis* spp) elaboradas con ensilados de vísceras de Tilapia roja; se concluyó que, se puede mantener la calidad microbiológica

del ensilaje con solo 0,03% de ácido sulfúrico y 1,16% de ácido fórmico y se logró maximizar el uso del ensilado con inclusión del 60% (Suarez *et al.*, 2018).

En Popayán, Cauca; se realizó un estudio sobre la valoración económica del hidrolizado químico de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) EQVT en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*); para ello, se utilizaron cuatro tratamientos; una dieta control (T1) y tres dietas balanceadas con inclusión de EQVT, 10% (T2), 20% (T3) y 30% (T4); se observó que se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) en los parámetros económicos de acuerdo al nivel de inclusión del EQVT. Concluyendo que al incluir 20% de ensilaje en la dieta el índice de conversión económico es menor y el índice de rentabilidad económico aumenta; logrando así, mayor retribución económica por kilogramo de carne de pescado producido (Perea *et al.*, 2018).

En Popayán, Cauca; se realizó una investigación sobre el coeficiente de digestibilidad del hidrolizado enzimático de vísceras de pollo (HEVP) en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) fase de levante. El nivel de inclusión fue del 0% (T1), 10% (T2), 20% (T3), 30% (T4) de HEVP. Se determinó la digestibilidad aparente de la materia seca (DAMS), proteína cruda (DAPC), energía bruta (DAEB), extracto etéreo (DAEE), energía digestible (ED). El estudio concluyó que la inclusión del 20% de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo fue el mejor para el crecimiento de Tilapia roja, fase de levante (Miticanoy & Vega, 2021).

En Nariño, se llevó a cabo la evaluación de inclusión de harina de hidrolizado de vísceras en respuesta de los efectos productivos en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en fase de alevinaje y levante. El tratamiento control (C), dieta comercial 48 % proteína, se comparó con dietas iso proteicas e iso energéticas de los tratamientos 2 (H10) con 10 %, 3 (H15) 15 % y 4 (H20) 20% de hidrolizado, suministradas a 1680 alevines con peso y talla promedio de ($p > 0,05$) $1,24 \pm 0,02$ g y $4,26 \pm 0,82$ cm respectivamente, distribuidos en 8 estanques de concreto de 11 m³. Como resultado de la investigación se obtuvo, la dieta 4 (H20) con 20% de inclusión de harina hidrolizado de vísceras presento mayor significancia en peso y longitud ($203,17 \pm 8.15$ g y $26,01 \pm 0.34$ cm), en contraste con la dieta 1 (C) de menor media promedio (respectivamente $135,63 \pm 9,89$ g y $21,02 \pm 1,35$ cm). (Benavidez & Macías, 2021).

En Popayán, Cauca; se evaluó el efecto de la inclusión de harina de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo (HVP) en dietas extruidas para alimentación de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus* Cuvier 1818) fase de levante. Para lo cual, se formularon cuatro tratamientos T0 (dieta de referencia, 0% de inclusión de HVP), T1 (10% de inclusión de HVP), T2 (20% de inclusión de HVP) y T3 (30% de inclusión de HVP). Se detectaron diferencias estadísticas significativas en el incremento de talla, tasa de crecimiento diario e índice de conversión

alimenticia ($p \leq 0.05$), indicando que el T3 (30% HVP) es el mejor tratamiento. Concluyendo que el hidrolizado enzimático de vísceras de pollo constituye una alternativa para la alimentación de peces (Albán & Fuelantala, 2022).

3.5.3. Estudios realizados a nivel mundial. Hay un gran número de investigaciones realizadas sobre la inclusión de hidrolizados de origen animal en dietas para peces, algunos de ellos se presentan a continuación.

En Indonesia, se evaluó el crecimiento y la digestibilidad de juveniles de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados con harina de subproductos avícolas (PBM) como reemplazo de la harina de pescado. Se formularon cinco dietas con los siguientes porcentajes de inclusión de PBM al 0%, 5%, 10%, 20% y 30%. Los resultados mostraron que el rendimiento en el crecimiento y la supervivencia de los peces alimentados con las dietas experimentales no fueron significativamente diferentes ($P > .05$) a los peces alimentados con la dieta de control. Sin embargo, su bajo costo de producción hace a la harina de subproductos avícolas una alternativa alimenticia aceptable (Palupi *et al.*, 2019).

En Brasil, se llevó a cabo un estudio que tenía como objetivo determinar la palatabilidad de las dietas con inclusión de hidrolizado de proteínas de aves de corral y porcinos en tilapia del Nilo. Se realizaron cinco dietas experimentales con un nivel de inclusión del 5% de: harina de pescado (FPE), hidrolizado de proteína aviar (PHF), hidrolizado líquido porcino (PHS), hidrolizado de proteína de pluma (PHP) e hidrolizado de mucosa porcina (PHM). Se observaron los siguientes comportamientos de alimentación: tiempo para capturar el primer pellet, número de rechazos del pellet, número de aproximaciones sin capturar el pellet y número de pellets consumidos. El estudio encontró que ningún parámetro observado presentó diferencias significativas. Los mejores índices de palatabilidad se encontraron en PHF con 12,27%, seguido de 9,33% PHM, 8,77% PHF y 7,74% PHP. Tanto las dietas PHS como PHM incrementaron el consumo final de pellets en comparación con FPE en más de un 10%, a pesar de la ausencia de un efecto significativo (Sánchez *et al.*, 2019).

En Perú, se evaluó el efecto de la inclusión de harina de subproductos avícolas HSA en la dieta para Cachama Blanca (*Piaractus brachypomus*). Para lo cual, se formularon tres dietas con inclusión del 0%, 5%, 10% y 15% de HSA. Los parámetros de evaluación fueron: peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, longitud, tasa de eficiencia de crecimiento y tasa de eficiencia económica. El estudio encontró que ningún parámetro observado presentó diferencias significativas ($P > 0,05$), sin embargo, numéricamente se observan mejores rendimientos con 10 y 15% de HSA. Concluyendo que la HSA puede ser utilizada hasta en un 15% de inclusión en dietas para paco en etapa de acabado, sin repercusiones en los parámetros productivos (Vilchez, 2019).

En México, se llevó a cabo un estudio que tenía como objetivo evaluar la inclusión de ensilado fermentado de subproductos de tilapia EF y su utilización como ingrediente en dietas para bagre. Para lo cual, se formularon cinco dietas con inclusión del 0%, 5%, 10%, 15%, 20% y 25% de EF. La dieta 5% ET presentó tasa de crecimiento específica de 2.94%/día, factor de conversión alimenticia de 1.38, supervivencia de 84.07% y factor de condición K de 0.87, sin diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en comparación con la dieta de 0% de inclusión. Los resultados muestran la factibilidad de sustituir hasta 5% de harina de pescado por EF de subproductos de tilapia como ingrediente proteico, sin afectar el crecimiento y supervivencia de bagre (Bringas *et al.*, 2018).

En Perú, se evaluó el efecto de dietas con hidrolizado biológico de residuos blandos de *Argopecten purpuratus* en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* en poli producción con tilapia *Oreochromis niloticus*. Para lo cual, se formularon dietas con 0%, 25%, 50% y 75% de inclusión del ensilaje. De los resultados obtenidos se tiene que las dietas con ensilado no afectaron significativamente ($p > 0,05$) el crecimiento del camarón; en tilapia solo el crecimiento en longitud fue significativamente ($p < 0,05$) mayor con 25% y 50% de ensilado. Concluyendo que es posible sustituir a la harina de pescado con 50 % de ensilado en la dieta, además, se obtuvo el 30% menos en el costo de alimento para ambas especies en poli producción (Terrones, 2018).

4. METODOLOGÍA

4.1. LOCALIZACIÓN

La preparación del hidrolizado enzimático endógeno de vísceras de pollo, se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca, localizada en la vereda Las Guacas municipio de Popayán entre los 02°45'08.91" LN y 76°55'10.86" LW, a una altura promedio de 1737 m.s.n.m., temperatura media de 19°C y 1.800 mm de precipitación anual. En la figura 2 se muestra las instalaciones donde se elaboró el hidrolizado utilizado en este estudio.

Figura 2. Laboratorio de Biotecnología - Facultad de ciencias agrarias



Fuente: Los autores, 2022.

El proceso de extrusión de las dietas se realizó en la empresa de Alimentos Concentrados Del Sur SA, ubicada en el municipio de Garzón - Huila, a la altitud promedio de 600 m.s.n.m., temperatura media de 19,8 °C y 2.682 mm de precipitación anual. En la figura 3 se muestra las instalaciones y maquinaria para extrusión de las dietas.

Figura 3. Planta Alimentos Concentrados del Sur.



Fuente: Los autores, 2022.

El ensayo de campo se realizó en la estación piscícola APISMO (Asociación de piscicultores de Morales), localizada en el embalse La Salvajina, vereda El Arenal del municipio de Morales, departamento del Cauca, entre los 02°45'37" LN y 76°38'02" LW, con altura de 1.635 m.s.n.m, temperatura media de 26°C y precipitación de 2647 mm anuales. Ver figura 4

Figura 4. Estación piscícola APISMO



Fuente: Los autores, 2022.

4.2. MATERIAL BIOLÓGICO

El material biológico requerido para el desarrollo del este estudio se describe a continuación.

4.2.1. Recolección de vísceras de pollo y trucha. Las vísceras blancas de pollo se obtuvieron de unidades productivas de la zona centro del Cauca; estas vísceras pasaron por un proceso de selección manual donde se retiró: plumas, picos, cabeza, entre otros. Para la recolección se utilizaron bolsas plásticas y baldes sellados herméticamente con capacidad de 40Kg. Las vísceras de trucha fueron obtenidas en la Asociación productora y comercializadora de productos acuícolas y agrícolas del municipio de Silvia (APROPESCA) ubicada en el departamento del Cauca, para el transporte de las vísceras se pagó un vehículo particular.

4.2.2. Preparación del hidrolizado de vísceras de pollo (*Gallus gallus domesticus*) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

A las vísceras blancas enteras de pollo se le adicionaron 20% de vísceras de Trucha arcoíris enteras, con el fin de acelerar el proceso de hidrólisis, a la matriz

(80% de vísceras blancas de pollo + 20% de vísceras de trucha) se le adiciono 2,5% m/v de ácido fórmico al 85%, 0,25% de benzoato de sodio como anti fúngico y 0,1% butil-hidroxitolueno (BHT) como antioxidante; se mezcló contantemente hasta homogenizar y dar lugar al proceso de hidrólisis y consecuentemente obtener el hidrolizado (Perea *et al.*, 2017). Se prepararon 120 kg de hidrolizado que fueron almacenados en recipiente plásticos cerrados en proporciones de 40kg, con un espacio de cabeza de 30% (Perea *et al.*, 2021), se mezcló una vez por día hasta finalizar el proceso de hidrólisis el cual termino seis días después de haber mezclado las materias primas, obteniendo un producto estable en cuanto a características nutricionales y microbiológicas (Perea *et al.*, 2017), por último, se filtró a través de una malla de alambre ojo de diamante de tamaño de agujero de 3 milímetros para retirar residuos no deseados. Posteriormente, se procedió a la preparación de las dietas. En la figura 5 se ilustra el proceso de la preparación del hidrolizado de vísceras de pollo y trucha.

Figura 5. Proceso de preparación del Hidrolizado de vísceras de pollo y trucha.



Fuente: Los autores, 2022.

4.2.3. Juveniles de Tilapia roja utilizados en el bioensayo. Para el estudio se utilizaron 378 juveniles reversados con peso promedio de $92,67 \pm 4,91$ g y talla de $17,14 \pm 0,26$ cm; los cuales fueron suministrados por la asociación APISMO de un lote de 3.000 animales que se distribuyeron en tres tratamientos, cada uno con 3 réplicas. Se instalaron 42 animales por jaula de $0,7\text{m}^3$ y se evaluaron por un periodo de 45 días, contando con 15 días de adaptación. En la figura 6 se muestra el proceso de selección de los peces antes de iniciar el ensayo en campo.

Figura 6. Proceso de selección de peces al inicio del bioensayo.



Fuente: Los autores, 2022.

El manejo de los animales en este estudio, se realizó de acuerdo al procedimiento técnico y administrativo establecido en la Ley 84 de 1989 “Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Protección de los Animales y se crean unas contravenciones y se regula lo referente a su procedimiento y competencia”; (González, 2020). Además, se ha considerado el respeto al bienestar animal cumpliendo las cinco libertades propuestas por el órgano

consultivo de la Unión Europea sobre protección y bienestar de los animales, Farm Animal Welfare Council (Cepa *et al*, 2019).

4.3. FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS

Para la evaluación de los parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo, se formularon dos dietas con igual contenido de proteína y energía, como se describen a continuación: T1: 20% HVPT (20% de inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha), T2: (30% de inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha), las cuales fueron comparadas con un concentrado comercial (CC) de marca SOLLA como T0 (0% de inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha) de similar contenido de proteína acorde a la fase de levante. En el cuadro 3 se muestra el balance de las dietas de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la Tilapia roja en la fase de levante.

Cuadro 3. Balance de las dietas evaluadas en Tilapia roja fase de levante (g/kg MS)

Materia prima	T1 (20% HVPT)	T2 (30% HVPT)
Harina de pescado	185,90	143,30
Harina trigo	5,00	10,90
Aceite vegetal	0,00	0,00
Fosfato Bicálcico	8,30	11,80
DL-metionina	5,70	5,20
Premix	25,00	25,00
Triptófano	3,50	3,80
Salvado de maíz	10,00	10,0
Torta de soya	250,00	250,0
harina de maíz amarillo	150,20	75,40
Mogolla de trigo	124,60	130,10
Harina de yuca	5,00	5,20
Carbonato de calcio	1,80	4,30
Bentonita	10,00	10,00
Hidrolizado de pollo (HVPT) GH 65,07 (gr/kg)	200,00	300,00
Sal	15,00	15,00
Total	1.000,00	1.000,00
Composición química de la dieta		
Proteína Cruda (%)	32,89	32,89
Estrato Etéreo (%)	9,79	12,79

Materia prima	T1 (20% HVPT)	T2 (30% HVPT)
Carbohidratos (%)	37,89	34,59
Fibra Bruta (%)	3,11	3,83
Cenizas (%)	10,04	9,05
Energía Digestible (kcal/kg)	3.035,05	3.035,05
Calcio (%)	1,50	1,50
Fosforo (%)	1,00	1,00
Metionina (%)	1,45	1,45
Lisina (%)	2,78	2,97
Triptófano (%)	0,48	0,48

Fuente: Los autores, 2022.

Para la preparación de las dietas, todas las materias primas se pulverizaron mediante un molino de pines, con una criba de 425 μm , posteriormente se pesaron las materias primas de acuerdo a la cantidad establecida en el balance nutricional, la mezcla se realizó de forma manual sobre una lona de polietileno hasta obtener homogeneidad, en ese momento se adiciono el hidrolizado de vísceras de pollo y trucha. Las dietas se secaron en un horno con temperatura constante a 60°C, durante 48 horas. La extrusión del concentrado se realizó a 123°C en la empresa Concentrados del Sur S.A, localizada en el municipio de Garzón departamento del Huila, obteniendo pellets con un tamaño de 5 mm longitud y 4,5 mm de espesor y entre 9,4% de humedad para evitar proliferación de microorganismos. En la figura 7 se ilustra el proceso de la elaboración de las dietas.

Figura 7. Proceso de elaboración de dietas experimentales



Fuente: Los autores, 2022.

4.4. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS

Los parámetros productivos que se evaluaron en este estudio fueron: índices de crecimiento y aprovechamiento nutritivo. A continuación, se describen cada uno.

Para la evaluación de parámetros productivos se realizó dos biometrías, al inicio y al final del trabajo en campo. El primer paso fue la captura de los animales de forma aleatoria en cada jaula y se llevaron a un tanque que contenía aceite de clavo utilizado como anestésico que facilito el manejo de pesaje y medición de talla; al terminar, los animales se pasaron a un tanque con agua limpia, finalmente se hizo un tratamiento profiláctico con una solución de sal marina en agua y se regresaron los peces a las jaulas de engorde. En la figura 8 se muestra el proceso realizado para el desarrollo de biometrías.

Figura 8. Proceso realizado para el desarrollo de biometrías.



Fuente: Los autores, 2022.

4.4.1. Índices de crecimiento. Las variables a analizar fueron: incremento de peso (IP) Ec. 1, incremento de talla (IT) Ec.2, incremento de biomasa (IB) Ec. 3, tasa de crecimiento diaria (TCD) Ec. 4, tasa de crecimiento instantánea, (TCI) Ec.5, coeficiente térmico de crecimiento (CTC) Ec.6. El peso y la talla se midieron al iniciar y al finalizar el ensayo en campo, para ello se utilizó una balanza portátil marca TRUMAX con una precisión 0,2 gramos; la talla se midió utilizando un ictiometro con precisión de 1 milímetro. Al final del estudio fueron evaluadas todas las variables antes mencionadas, para lo cual se realizaron los cálculos con las siguientes ecuaciones descritas por (Martínez *et al.*, 2018).

- $IP = Pf (g) - Pi (g)$ Ec.1
- $IT = Tf (cm) - Ti (cm)$ Ec.2
- $IB = Bf (g) - Bi (g)$ Ec.3
- $TCD = (Pf (g) - Pi (g)) / t (días)$ Ec.4
- $TCI = (\%/pez/día) = 100 * (Ln Pf - Ln Pi) / días\ experimentales$ Ec.5
- $CTC = 1000 * (Pf^{1/3} - Pi^{1/3}) / \sum ^\circ C (día)$ Ec.6

4.4.2. Índices de aprovechamiento nutritivo. Los índices de aprovechamiento nutritivo evaluados fueron: consumo de alimento (CA) Ec.7, tasa de alimentación diaria (TAD) Ec.8, índice de conversión alimenticia (ICA) Ec. 9, tasa de eficiencia

proteica (TEP) Ec. 10, tasa de eficiencia de la energía (TEE) Ec.11, los cuales se determinaron al final del estudio con las siguientes ecuaciones de acuerdo con la metodología descrita por (Martínez *et al.*, 2018).

- $CA \text{ (g/pez)} = \text{alimento ofrecido (g)} - \text{alimento rechazado (g)}$ Ec.7
- $TAD \text{ (\%/pez/día)} = 100 * (\text{Ingesta Alimento (g)} / \text{Biomasa Media (g)} * \text{días experimentales})$ Ec.8
- $ICA = \text{Consumo Alimento total (g)} / IP \text{ (g)}$ Ec.9
- $TEP = IP(g) / \text{Proteína Consumida (g)}$ Ec.10
- $TEE = IP \text{ (g)} / \text{Energía Consumida (g)}$ Ec.11

4.4.3. Análisis económico de dietas. La valoración del beneficio económico y costo de las dietas, se determinaron al final del estudio. Para ello, se determinó los índices descritos por (Llanes & Parisi, 2020) Costo de la dieta Ec.12, índice de conversión económica (ICE) Ec.13, índice de rentabilidad económica (IRE) Ec.14, Beneficio neto (BN) Ec.15, incremento de beneficio neto (IBN) Ec. 16, y tasa de retorno marginal (TRM) Ec. 17. Las ecuaciones se muestran a continuación.

- $\text{Precio de la dieta (\$/kg)} = \text{costo de las materias primas (\$)} * \% \text{ de inclusión en el balance.}$ Ec.12
- $ICE \text{ (\$/Kg)} = ICA * \text{precio de la dieta (\$)}$ Ec.13
- $IRE \text{ (\$/Kg)} = Pf \text{ (Kg)} * \text{Precio de venta (\$/Kg)} - (ICE * IP \text{ (Kg)})$ Ec.14
- $BN \text{ (\$)} = \text{Ingresos por venta (\$)} - \text{costo total de la alimentación (\$)}$ Ec.15
- $IBN \text{ (\$)} = \text{BN de la dieta con inclusión de hidrolizado (\$)} - \text{BN de la dieta control.}$ Ec.16
- $TRM \text{ (\%)} = 100 - (IBN \text{ (\$)} / \text{costo total de alimentación (\$)})$ Ec.17

4.5. INSTALACION DE JAULAS FLOTANTES

Para la evaluación en campo se construyó una jaula grande de 5,9 metros de largo por 1 metro de ancho y 1 m de profundidad, con malla plástica ojo de diamante de 1 cm, a la cual se le hizo 9 divisiones cada 0,65 m, obteniendo 0,65 m³ en cada espacio. En cada espacio se instalaron 42 peces para un total de 378 peces para este estudio. Posteriormente, la jaula de malla se sujetó sobre un jaulón utilizado para la producción comercial de la asociación APISMO. Posteriormente, se amarraron a los muelles de la caseta flotante en la estación APISMO. En la figura 9 se muestra la elaboración e instalación de las jaulas en campo.

Figura 9. Preparación de jaulas para evaluación en campo



Fuente: Los autores, 2022.

4.6. PLAN DE MANEJO

Para dar inicio a la evaluación de parámetros productivos y económicos se realizó la adecuación, limpieza y desinfección de las jaulas con hipoclorito de sodio a razón de 100 ppm. También se aplicó un tratamiento profiláctico con solución de azul de metileno a una concentración de 1 g/20 litros de agua y sal marina a razón de 2 g/litro, en la cual se sumergieron los peces por 5 segundos antes de colocarlos en sus respectivas jaulas.

Durante el ensayo se llevó registro de mortalidad, consumo de alimento diario, biometrías, se inició con un peso promedio de $92,67 \pm 4,91$ g y talla de $17,14 \pm 0,26$ cm; y temperatura del agua. Las dietas utilizadas se almacenaron en recipientes plásticos con tapa de cierre hermético para evitar la humedad. Los animales se alimentaron tres veces al día (8:00, 12:00, 16:00) teniendo en cuenta el peso corporal de la primera biometría, para esto se modificó la ecuación número 18 propuesta por Lupatsch, (2012), debido a la competencia de alimento por sardinas. Con cada semana que transcurría de ensayo, se incrementó el alimento de acuerdo al consumo voluntario de los peces hasta observar la saciedad aparente

$$\bullet \text{ Ingesta de alimento (g/pez /día)} = 0.15 * W^{0.62} \quad \text{Ec. 18}$$

W= peso del anima

La calidad fisicoquímica del agua fue monitoreada cada 15 días por la metodología NANOCOLOR® con el PHOTOMETER PF-11, verificando su

cumplimiento de acuerdo a los requerimientos de la especie. Los parámetros a evaluar fueron oxígeno disuelto, pH, alcalinidad de carbonatos, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, amonio, nitritos y nitratos. Los protocolos utilizados para la medición del análisis fisicoquímico de agua se citan en los anexos (A, B, C, D, E, F, G, H). La temperatura se registró tres veces al día (7:00 am, 12:00 pm y 4:00 pm) se utilizó un termo higrómetro digital. (Pallares, 2020.)

4.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la evaluación del efecto en la respuesta productiva de la inclusión de hidrolizado enzimático de vísceras en la alimentación de Tilapia roja, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), evaluando tres tratamientos, dos con inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y un concentrado comercial que será tomado como control; se analizó tres réplicas por tratamiento, y cada réplica se tomó como una unidad experimental. En el cuadro 4, se citan los tratamientos evaluados y las variables de respuesta.

Cuadro 4. Tratamientos y variables de respuesta.

TRATAMIENTOS	VARIABLES DE RESPUESTA
T0: Concentrado comercial	<p style="text-align: center;">Índices de crecimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Incremento de peso (IP) • Incremento de talla (IT). • Tasa de crecimiento diaria (TCD). • Tasa de crecimiento instantánea (TCI) • Coeficiente térmico de crecimiento (CTC)
T1= 20% de inclusión de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo (80% de vísceras enteras de pollo + 20% vísceras de trucha).	<p style="text-align: center;">Índices de aprovechamiento nutritivo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Consumo de alimento (CA) • Índice de conversión alimenticia (ICA). • Tasa de alimentación diaria (TAD). • Tasa de eficiencia proteica (TEP). • Tasa de eficiencia energética (TEE).
T2= 30% de inclusión de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo (80% de vísceras enteras de pollo + 20% de vísceras enteras de trucha).	<p style="text-align: center;">Análisis económico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de conversión económica (ICE). • Índice de rentabilidad económica (IRE). • Beneficio neto (BN). • Índice de beneficio neto (IBN).

	<ul style="list-style-type: none">• Tasa de retorno marginal (TRM).
--	-----------------------------------------------------------------------------------

Fuente: Los autores, 2022.

Cada una de las variables determinada, fue analizada mediante la aplicación de un análisis de varianza. Se utilizó el test de Duncan (Duncan, 1955) para la comparación de la media, un valor de ($\alpha < 0,05$) se tomó como diferencia significativa para destacar cual o cuales de los tratamientos presenta un mejor comportamiento, para ello se empleó el programa SAS (Statiscal Analysis Sistem) versión 9,4.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al finalizar el ensayo, la sobrevivencia fue del 96,4%; los peces que consumieron las dietas con inclusión de hidrolizado enzimático endógeno de viseras de pollo y trucha (HVPT) mostraron mayor viveza al momento de ser alimentados, esto posiblemente a una mayor palatabilidad y atracción generada por sustancias solubles en el hidrolizado, tales como péptidos activos y aminoácidos libres (Gómez, 2018).

Los valores medios de temperatura ($25,46 \pm 0,55^\circ\text{C}$), oxígeno disuelto ($6,5 \pm 0,1 \text{ mg L}^{-1}$), pH ($7,6 \pm 0,1$), alcalinidad de carbonatos ($0,40 \pm 0,0 \text{ mmol L}^{-1}$), demanda química de oxígeno ($1,70 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$), demanda biológica de oxígeno ($6,5 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$), amonio ($0,2 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$), nitritos ($0,10 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$) y nitratos ($0,5 \pm 0,0 \text{ mg L}^{-1}$), estuvieron acordes para la producción de Tilapia roja. (Pallares, 2020.)

5.1. ÍNDICES DE CRECIMIENTO

En la evaluación de índices de crecimiento en Tilapia roja alimentada con inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha se presentaron diferencias estadísticamente significativas para las variables de incremento de peso (IP), incremento de biomasa (IB), incremento de talla (IT), tasa de crecimiento diaria (TCD), tasa de crecimiento instantánea (TCI), coeficiente térmico de crecimiento (CTC), tal como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Valores medios de los índices de crecimiento obtenidos en Tilapia roja.

Variable	T0 (HVPT 0%)	T1 (HVPT 20%)	T2 (HVPT 30%)	ANOVA Pr>F
IP ^I (g)	$79,15 \pm 4,26^c$	$135,06 \pm 7,46^a$	$108,23 \pm 6,74^b$	0,0001
IB ^{II} (g)	$2,75 \pm 0,24^c$	$4,72 \pm 0,25^a$	$3,97 \pm 0,26^b$	0,0002
IT ^{III} (cm)	$3,77 \pm 0,29^c$	$5,21 \pm 0,22^a$	$4,63 \pm 0,11^b$	0,0007
TCD ^{IV} (g/día)	$1,76 \pm 0,09^c$	$3,00 \pm 0,166^a$	$2,41 \pm 0,15^b$	0,0001
TCI ^V (%/pez/día)	$1,4 \pm 0,27^b$	$2,07 \pm 0,19^a$	$1,67 \pm 0,17^{ab}$	0,0229
CTC ^{VI}	$0,91 \pm 0,13^c$	$1,41 \pm 0,09^a$	$1,14 \pm 0,08^b$	0,0032

Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($p < 0,05$).

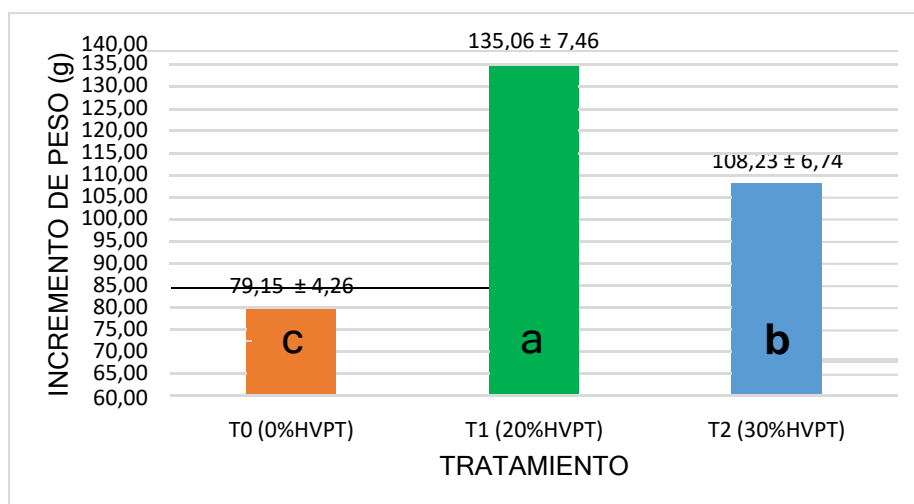
^IIP: Incremento de peso, ^{II}IB: Incremento de biomasa, ^{III}IT: Incremento de talla, ^{IV}TCD: Tasa de crecimiento diaria, ^VTCI: tasa de crecimiento instantánea, ^{VI}CTC: Coeficiente térmico de crecimiento.

Fuente: Los autores, 2022.

Con el análisis de varianza se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0,05$), de acuerdo al porcentaje de inclusión del hidrolizado.

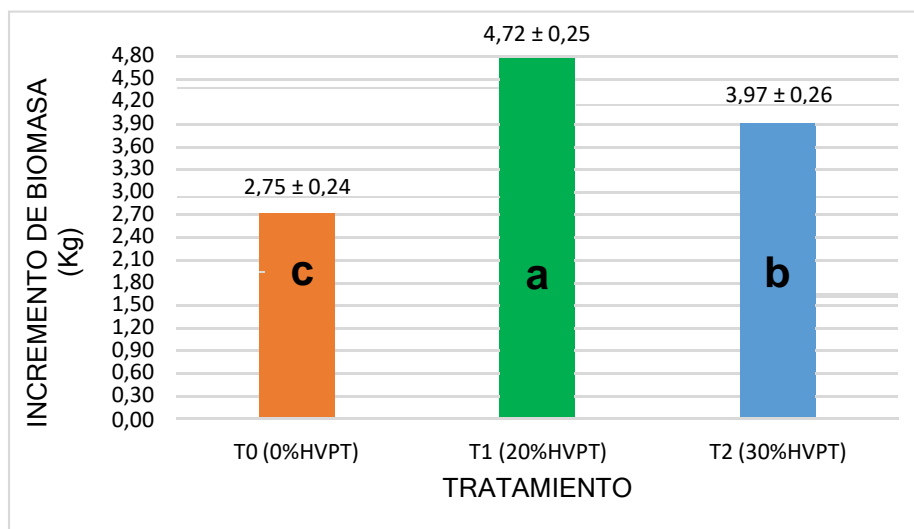
5.1.1. Incremento de peso (IP) e incremento de biomasa (IB). A través de una prueba de promedios ($\alpha = 0,05$) por el método de Duncan, se identificó que el tratamiento T1 (20%HVPT) generó el mayor IP en los animales con un valor de $135,06 \pm 7,46$ g y un incremento de biomasa de $4,72 \pm 0,25$ g, resultados significativamente superiores respecto a las demás dietas evaluadas. En orden de mejor respuesta continuó el tratamiento T2 (30%HVPT) presentando un IP de $108,23 \pm 6,74$ g e IB $3,97 \pm 0,26$ g; y por último la dieta control T0 (0%HVPT) que arrojó valores de $79,15 \pm 4,26$ g para IP y $2,75 \pm 0,24$ g IB, como se ilustra en la figura 10 y 11.

Figura 10. Incremento de peso.



Fuente: Los autores 2022.

Figura 11. Incremento de biomasa.



Fuente: Los autores, 2022.

Los resultados obtenidos en este estudio al incluir hidrolizados de vísceras de pollo y trucha, para las variables de incremento de peso y biomasa, está posiblemente relacionada a una mayor disponibilidad de proteína hidrolizada y a una alta digestibilidad de los nutrientes que permite aumentar la ganancia de peso vivo (Llanes & Parisi., 2020); sin embargo, al observar en la figura 10 y 11, existe una reducción significativa en el crecimiento cuando la inclusión de HVPT pasa del 20% al 30%, este comportamiento posiblemente está influenciado por una alta concentración de aminoácidos libres y péptidos de bajo peso molecular los cuales pueden causar una saturación de los mecanismos de transporte de péptidos disminuyendo la tasa de absorción en el tracto gastrointestinal de *Oreochromis spp* (Javaherdoust *et al.* 2020; Hernández, 2020).

Se debe destacar que los comportamientos de estas variables también pueden estar relacionadas con una alta digestibilidad de la energía en las dietas con inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha; resaltando la presencia de ácidos grasos polinsaturados los cuales son aprovechados de forma inmediata por el animal, reduciendo el uso de la energía con propósitos metabólicos contribuyendo al aumento de masa muscular (Méndez *et al.*, 2018; Perea *et al.*, 2021). Otra causa, pudo estar relacionada con el hábito alimenticio de la tilapia, puesto que al ser un pez omnívoro es más eficiente en la utilización de la energía si se compara con peces carnívoros (Pillaca, 2020).

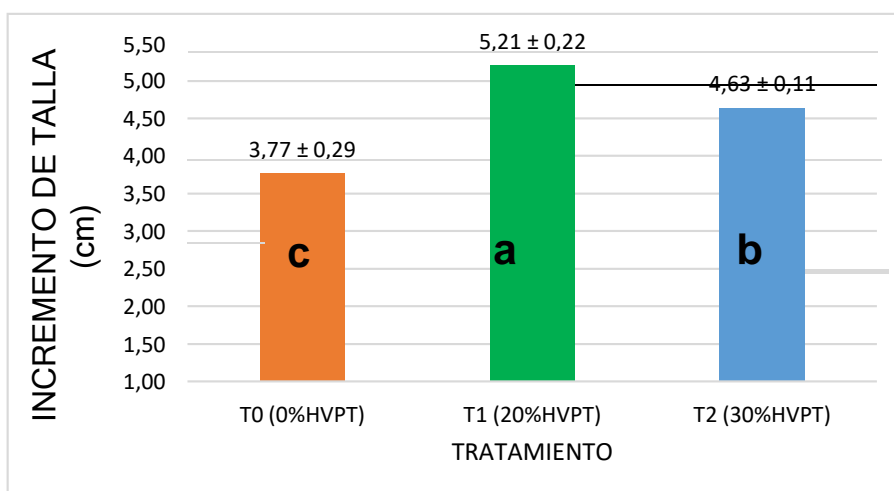
Los resultados obtenidos en esta investigación son superiores a los reportados por Gómez (2018) con inclusión de ensilaje químico de víscera de trucha en dietas para Tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en fase de levante, donde se obtuvieron valores desde $83,89 \pm 11,6$ g hasta $103,53 \pm 9,4$ g para la variable incremento de peso. Por otra parte, Bringas *et al.*, (2018) reportaron resultados que van de 2.29 ± 0.67 g hasta 16.50 ± 3.9 g para la variable incremento de peso

en el estudio realizado con ensilado fermentado de subproductos de tilapia y su utilización como ingrediente en dietas para bagre de canal (*Ictalurus punctatus*). En otro estudio realizado por Llanes & Parisi, (2021) se reportaron resultados de $45,96 \pm 4,23$ g a $60,31 \pm 3,44$ g para la variable incremento de peso donde evaluaron dos ensilados de subproductos pesqueros elaborados con ácidos sulfúrico y fórmico en dietas extrusadas para (*Clarias gariepinus*) en fase de alevines.

Resultados similares para el incremento de peso e incremento de biomasa han sido reportados por Yance, (2020), donde evaluó el reemplazo de harina de pescado por harina de subproducto avícola al incluir 15% y 30% en dietas para alevines de Pirarucu (*Arapaima gigas*) obteniendo valores de 118,071 g; y 77,53 g, respectivamente; igualmente Pillaca (2020), reportó resultados que van de 77,98 g hasta 155,51 g para la variable incremento de peso; para ganancia de biomasa arrojó valores que varían de 205,64 g y 311,02 g en el estudio realizado con la inclusión de harina de subproductos avícolas evaluada en cachama (*Piaractus brachyomus*) en fase de levante.

5.1.2. Incremento de talla (IT). Por medio del test de Duncan se encontró que el tratamiento T1 (20%HVPT) presentó el mejor efecto para la variable evaluada con un valor de $5,21 \pm 0,22$ cm, en orden de mejor respuesta continuó la dieta T2 (30% HVPT) con $4,63 \pm 0,11$ cm valor notablemente superior a la dieta T0 (0% HVPT) que presentó un IT de $3,77 \pm 0,29$ cm, como se observa en la figura 12.

Figura 12. Incremento de talla



Fuente: Los autores, 2022.

Los resultados obtenidos para la variable incremento de talla se pueden relacionar a un mayor aporte de nutrientes disponibles en el hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha, resaltando la cantidad de proteína de alto valor biológico, producto de una mayor concentración de aminoácidos

esenciales como la lisina, metionina, que de no estar presentes en la dieta limitan el desarrollo de los peces (Bringas *et al.*, 2018; Llanes & Parisi, 2020). Además, la tilapia posee un intestino significativamente largo lo que favorece el aprovechamiento de los nutrientes al permanecer durante más tiempo en el cuerpo del animal, como la carga lipídica que son una fuente secundaria de energía y pueden ser utilizados para la síntesis de aminoácidos y sustituir la energía de la proteína (Pillaca, 2020). Sin embargo, al aumentar la inclusión de HVPT se disminuyó el incremento de talla en los peces alimentados con la dieta T2 (30%HVPT), se ha encontrado que las altas concentraciones de aminoácidos libres no generan mayor crecimiento de los peces como los aminoácidos peptídicos o proteicos, esto ocurre probablemente porque los altos niveles de aminoácidos libres en la dieta pueden cambiar la tasa de absorción en el tracto gastrointestinal, provocando una rápida absorción de algunos aminoácidos esenciales libres en relación con la absorción de los aminoácidos en las cadenas poli peptídicas, lo que causa un desequilibrio en la absorción de aminoácidos disminuyendo el crecimiento de los peces (Soares *et al.*, 2020; Wei *et al.*, 2019).

Los resultados obtenidos son superiores a los reportados por Terrones & Reyes, (2018) con ensilado biológico de residuos de molusco en alevines de tilapia (*Oreochromis niloticus*) donde el mayor incremento de talla se presentó con 25% de inclusión, presentando un valor de $2,15 \pm 0,18$ cm; igualmente en el estudio realizado por Hekmatpour *et al.*, (2017) en juveniles de la dorada (*Sparidentex hasta*).

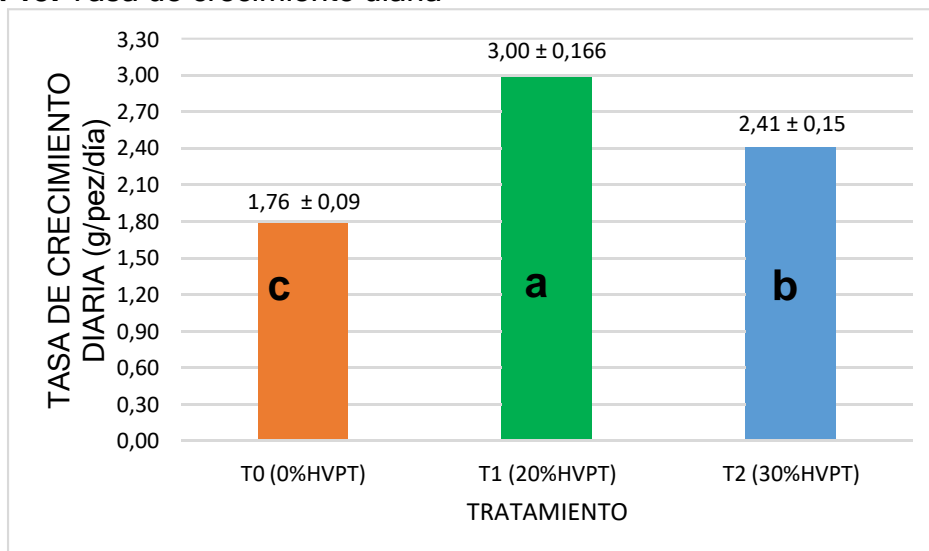
Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Yance, (2020), donde evaluó el reemplazo de harina de pescado por harina de subproducto avícola al incluir 15% y 30% en dietas para alevines de Pirarucu (*Arapaima gigas*) obtenidos valores de 10,73 cm, y 8,17 cm, respectivamente. Por otra parte, Ramos & Rodríguez, (2019) evaluaron la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en dieta para juveniles de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), donde reporto valores que varían de 8,71 cm hasta 10,07 cm.

5.1.3. Tasa de crecimiento diaria (TCD) y tasa de crecimiento instantánea (TCI). A través de una prueba de promedios ($\alpha = 0,05$) por el método de Duncan, se observó que la TCD fue superior en el tratamiento T1 (20% HVPT) dando un valor de $3,00 \pm 0,166$, la dieta T2 (30% HVPT) siguió en el orden de mejor respuesta con $2,41 \pm 0,15$ y por último T0 (0% HVPT) con un valor de $1,76 \pm 0,09$ como se ilustra en la figura 13.

En cuanto a la variable TCI el mejor resultado lo presento la dieta T1 (20% HVPT) con $2,08 \pm 0,19$ y T2 (30% HVPT) con $1,67 \pm 0,17$, sin embargo, biológicamente la dieta T2 fue ligeramente inferior a T1 y a su vez fue ligeramente superior a T0 (0% HVPT) la cual arrojo un valor de $1,40 \pm 0,27$. Entre los tratamientos T1 (20%

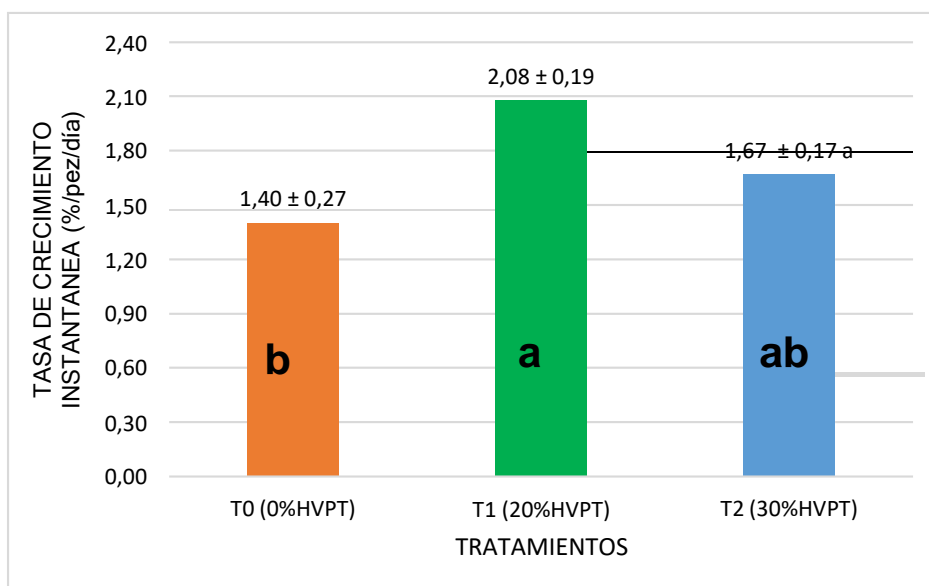
HVPT) y T0 (0% HVPT), se observa que T1 fue significativamente superior a T0, como se ilustra en la figura 13.

Figura 13. Tasa de crecimiento diaria



Fuente: Los autores, 2022.

Figura 14. Tasa de crecimiento instantánea



Fuente: Los autores, 2022.

Los modelos de crecimiento permiten verificar la eficiencia de las dietas, predecir el crecimiento de los peces y en condiciones específicas es fundamental para el diseño de las instalaciones y planificación de la piscifactoría (Cárdenas & Panduro, 2018), en este estudio el mejor efecto se obtuvo de la dieta T1 (20% HVPT) con inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha, lo

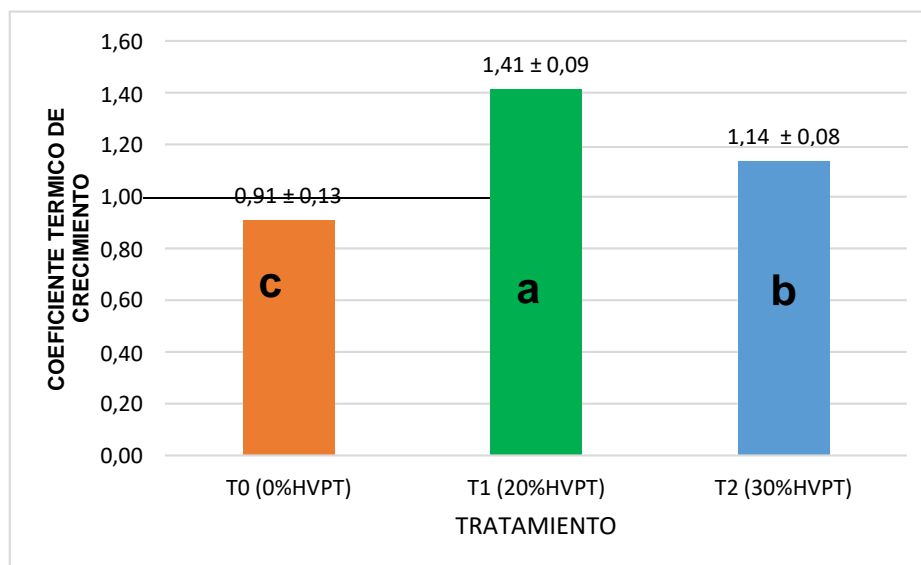
anterior puede estar relacionado con la cantidad y calidad del alimento ingerido y el hábito alimenticio de la tilapia, puesto que, al ser un animal omnívoro, presenta un perfil enzimático con mayor actividad proteolítica, dicha característica pudo favorecer la digestión y absorción de la proteína disponible en esta dieta (Vilchez, 2019). Además, los péptidos de los hidrolizados dan lugar a un buen funcionamiento del sistema enzimático y a su vez la actividad enzimática puede propiciar un mejor aprovechamiento de la dieta en el intestino del pez, pero al incluir altos niveles de HVPT se disminuye la digestión y el uso de alimentos al afectar la actividad de las enzimas digestivas, debido al alto contenido de aminoácidos libres que presentan los hidrolizados, lo anterior pudo ocurrir en esta investigación donde al pasar del 20% al 30% de HVPT los parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo disminuyeron significativamente (Soares *et al.*, 2020; Wei *et al.* 2019).

Los resultados obtenidos en este estudio son superiores a los registrados por Palupi *et al.*, (2019) con harina de subproductos avícolas en la alimentación de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) fase de levante, donde reporto valores que van de $1,71 \pm 0,06$ hasta $1,78 \pm 0,01$ para la variable tasa de crecimiento instantánea. Por otra parte, Cárdenas & Panduro, (2018) obtuvo resultados que varían de $1,52 \pm 0,06$ hasta $1,8 \pm 0,03$ para la variable tasa de crecimiento específico, al reemplazar la harina de pescado con hidrolizados de subproductos piscícolas en dietas para tilapia (*Oreochromis spp*).

Los resultados obtenidos en esta investigación son inferiores a los reportados por Karapanagiotidis *et al.*, (2018) donde obtuvo resultados que van desde $1,98 \pm 0,10$ hasta $2,57 \pm 0,06$ para la variable tasa de crecimiento instantánea TCI, en la evaluación de harina de subproductos avícolas en el rendimiento del crecimiento de juveniles de dorada (*Sparus aurata*).

5.1.4. Coeficiente térmico de crecimiento (CTC). Por medio del test de Duncan se encontró que el tratamiento T1 (20% HVPT) presentó el mejor efecto para la variable CTC; T2 (30% HVPT) continuó en este orden con un valor de $1,14 \pm 0,08$ y por último T0 (0% HVPT) $0,91 \pm 0,13$ (ver figura 15).

Figura 15. Coeficiente térmico de crecimiento.



Fuente: Los autores, 2022.

El coeficiente térmico de crecimiento (CTC) contempla el efecto de la temperatura del agua que es de importancia para una mejor predicción del crecimiento de los peces, debido a su condición de animales poiquiloterms, (Cerde, 2016), es decir, existe un efecto positivo de la temperatura sobre el crecimiento de los peces cuando esta se mantiene en rangos óptimos en un tipo y lugar específico de producción (Aguilar, 2010). En este estudio, la temperatura media del agua se mantuvo dentro de los rangos óptimos para la tilapia ($25,46 \pm 0,55^{\circ}\text{C}$), por lo tanto, los mayores valores para la variable CTC obtenidos con HVPT pueden relacionarse con el nivel de nutrientes y un mejor aprovechamiento nutritivo de la dieta por parte de los animales, que permiten lograr mayor incremento de peso.

Otros estudios han dado a conocer valores medios del CTC en tilapia tales como: Campos *et al.*, (2017) con la inclusión de 5% harina de pumas hidrolizada evaluada en Lubina Europea (*Dicentrarchus labrax*) encontrando un CTC de $1,0 \pm 0,2$. De igual modo, Aguilar (2010) en la evaluación de dietas extruidas en el crecimiento de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) y Tilapia nilotica (*Oreochromis spp*) estimaron un CTC de $1,03 \pm 0,028$, por último, Arce, (2014) determino un coeficiente térmico de $1,2 \pm 0,03$ con el fin de corregir la tasa de alimentación de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Se debe considerar que, el empleo del CTC en otras zonas para predecir el crecimiento puede presentar diferencias considerables, siendo necesario obtener el CTC para una zona específica.

5.2. ÍNDICES DE APROVECHAMIENTO NUTRITIVO

A continuación, se presentan los resultados para las variables de: consumo de alimento (CA), índice de conversión económica (ICA), tasa de alimentación diaria (TAD), tasa de eficiencia proteica (TEP) y tasa de eficiencia energética (TEE), ver cuadro 6.

Cuadro 6. Valores medios de los índices de aprovechamiento nutritivo obtenidos en Tilapia roja.

Variable	T0 (HVPT 0%)	T1 (HVPT 20%)	T2 (HVPT 30%)	ANOVA Pr>F
CA ^I (g/pez)	138,13±4,35 ^b	167,26±2,34 ^a	171,84±4,91 ^a	0,0001
ICA ^{II}	1,75±1,15 ^a	1,24±0,09 ^b	1,59±0,11 ^a	0,0048
TAD ^{III} (%/pez/día)	3,89±0,32 ^a	2,76±0,20 ^b	3,54±0,25 ^a	0,005
TEP ^{IV}	1,80±0,15 ^b	2,46±0,17 ^a	1,92±0,14 ^b	0,0045
TEE ^V	0,17±0,01 ^c	0,27±0,02 ^a	0,21±0,02 ^b	0,0011

Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($p < 0.05$).

^ICA: Consumo de alimento, ^{II}CA: Índice de conversión económica, ^{III}TAD: Tasa de alimentación diaria, ^{IV}TEP: Tasa de eficiencia proteica y ^VTEE: Tasa de eficiencia energética.

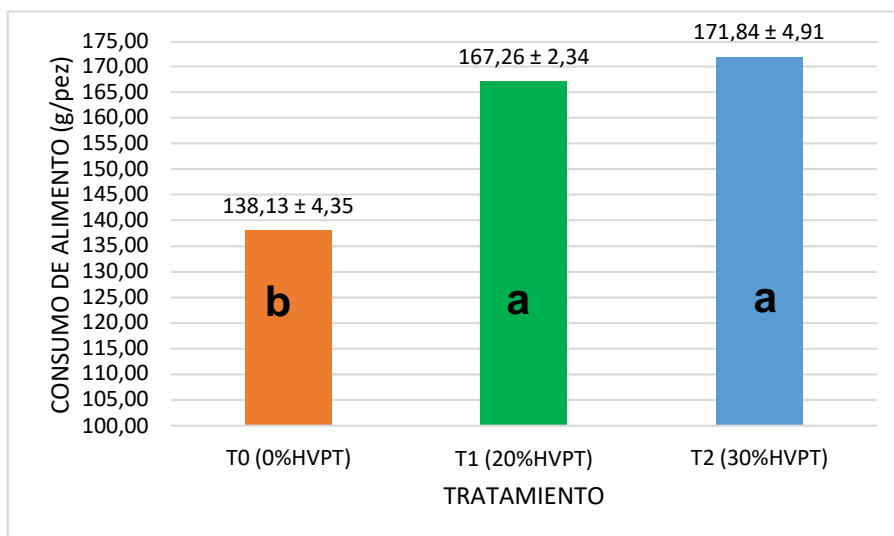
Fuente: Los autores, 2022.

Con el análisis de varianza se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p < 0,05$), con la prueba de promedios por el método de Duncan se identificó que las diferencias están relacionadas con nivel de inclusión del hidrolizado.

5.2.1. Consumo de alimento (CA) y conversión alimenticia (ICA). La prueba de promedios ($\alpha = 0,05$) por el método de test de Duncan, se identificó que el mayor consumo de alimento se obtuvo con T2 con inclusión del 30% de HVPT, con valores de 171,84±4,91 g; sin embargo, no presenta diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento T1 con inclusión del 20% de HVPT con valor de 167,26±2,34 g, y el menor consumo lo presentó el tratamiento T0 con 0% de inclusión de HVPT con valores de 138,13±4,35 g.

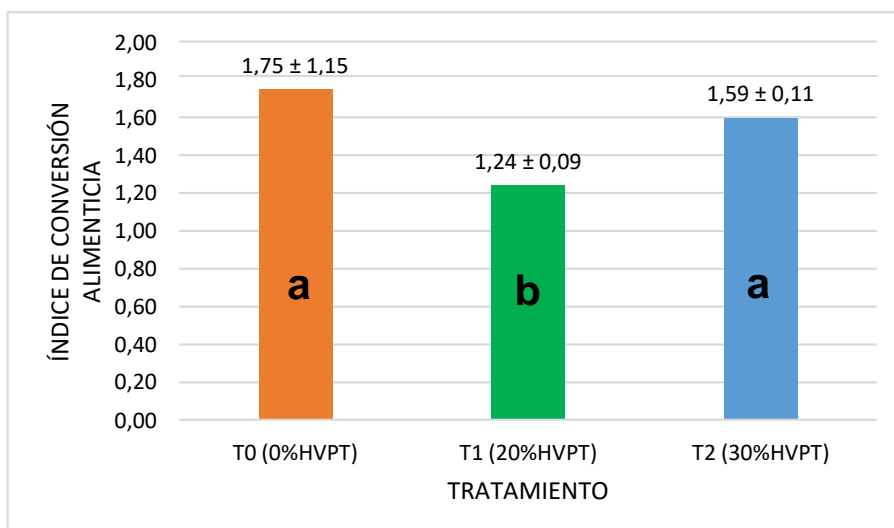
En cuanto al índice de conversión alimenticia, biológicamente el mejor efecto lo presentó el tratamiento T1 con inclusión de 20% de HVPT con 1,24±0,09, seguido del tratamiento T2 con inclusión del 30% de HVPT con 1,59±0,11, y el efecto menos favorable se obtuvo con el tratamiento T0 con inclusión de 0% HVPT con 1,75±1,15. En la figura 16 y 17, se observan gráficamente los resultados obtenidos para estas variables.

Figura 16. Consumo de alimento.



Fuente: Los autores, 2022.

Figura 17. Índice de conversión alimenticia.



Fuente: Los autores, 2022.

Los peces que consumieron las dietas experimentales con inclusión de HVPT se mostraron más activos al consumo de alimento, este comportamiento se puede atribuir a la alta cantidad de péptidos con actividad antioxidante y aminoácidos libres con propiedades quimioattractantes que mejoran la palatabilidad e incrementan consecuentemente el estímulo nutritivo en peces (Llanes & Parisi., 2021; Hernández, 2020; Villarreal *et al.*, 2017). Por otra parte, en estudios previos realizado por Miticanoy & Vega, (2022) donde evaluaron la digestibilidad del hidrolizado de vísceras de pollo y trucha en tilapia (*Oreochromis spp*), el tratamiento T1 con inclusión de 20% HVPT presento el mejor resultado para el coeficiente de digestibilidad, lo que conduce a un mayor aprovechamiento

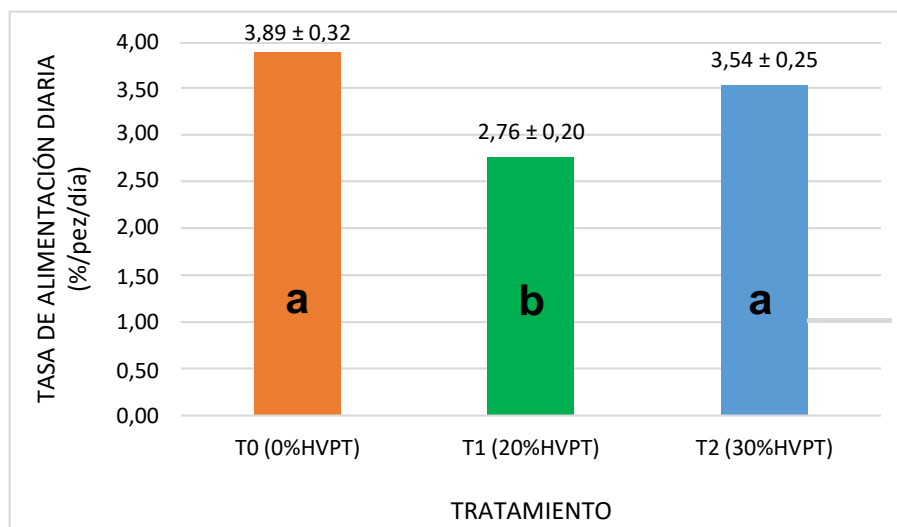
nutritivo, por ende, lograr incrementar el peso por kilo de alimento ingerido que consume el animal (Terrones & Reyes, 2018; Gómez, 2018; Zafra *et al.*, 2019).

Los resultados obtenidos en este estudio presentaron mejor comportamiento al compararlos con los resultados reportados por Terrones & Reyes, (2018) con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) (ICA: 1,92); por Vilches, (2019) con harina de subproductos avícolas para alimentación de cachama (*Piaractus brachypomus*) (ICA: 1.61); y por Bringas *et al.*, (2018) en evaluación de ensilado fermentado de subproductos de tilapia en dietas para alimentación de bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) (ICA: 1.38).

Los resultados obtenidos en este estudio son inferiores a los reportados por Dawood *et al.*, (2020), con la inclusión de harina de subproductos avícolas fermentados con levadura en el alimento de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), los resultados varían de $1,22\pm 0,04$ hasta $1,37\pm 0,04$ para la variable índice de conversión alimenticia; por Ramos & Rodríguez, (2019), donde evaluaron el efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizadas para Trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en fase juvenil, los resultados varían de 0,945 a 1,13 para la variable índice de conversión alimenticia.

5.2.2. Tasa de alimentación diaria (TAD). La prueba de promedios ($\alpha = 0,05$) por el método de test de Duncan, se determinó que existen diferencias que el resultado más favorable para la variable tasa de alimentación diaria lo presentó el tratamiento T1 con inclusión de 20% de hidrolizado HVPT con valores de $2,76\pm 0,20$ g, seguido de los tratamientos T2 con inclusión de 30% de HVPT con valores de $3,54\pm 0,25$ g y el tratamiento T0 con inclusión de 0% de HVPT con valores de $3,89\pm 0,32$ g, los cuales no presentaron diferencias estadísticas. Ver figura 18.

Figura 18. Tasa de alimentación diaria.



Fuente: Los autores, 2022.

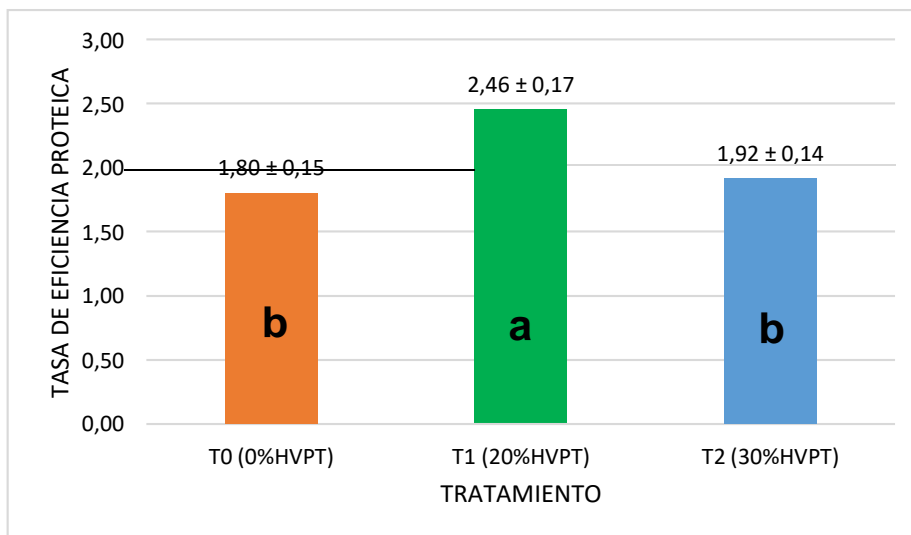
El comportamiento de los resultados para la variable TAD se puede relacionar con el balance adecuado de nutrientes en las dietas, principalmente de aminoácidos y ácidos grasos de mayor disponibilidad que facilita su aprovechamiento en el intestino de la tilapia. Por otra parte, los peces fisiológicamente en sus etapas tempranas necesitan mayor ingesta de alimento para cubrir sus necesidades nutritivas y además presentan una tasa metabólica más alta, aun así, se obtuvieron resultados favorables para la tasa de alimentación diaria (Torres, 2019). Cabe destacar el comportamiento favorable del tratamiento T1 en la variable ICA (1.24) y como se relaciona con la variable TAD (2,76 %/pez/día) que son de menor valor comparado con los otros tratamientos, ya que, en efectos prácticos de producción, los menores valores en estas variables pueden representar un menor costo del alimento suministrado (Anacona, 2021).

Estos resultados son similares a los encontrados por Gómez, (2018), al evaluar la inclusión de ensilaje de subproductos piscícolas en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp*), los resultados varían de 2,32±0,3 hasta 2,85±0,3 para la variable tasa de alimentación diaria. Por otra parte, Anacona, (2021) reportó una tasa alimentación diaria superior a la de este estudio; al incluir el 20% de ensilaje de subproductos piscícolas en la dieta de Tilapia roja (*Oreochromis spp*), arrojando un valor de 1,43 gr.

5.2.3. Tasa de eficiencia proteica (TEP) y tasa de eficiencia energética (TEE). Por medio del test de Duncan se determinó que el tratamiento que mejor resultado presentó para la variable TEP fue la dieta T1 (20% HVPT) con 2,46±0,17. En orden de respuesta continuo T2 (30% HVPT) con 1,92±0,14 y T0 (0% HVPT) con 1,80±0,15, es de resaltar que, biológicamente la dieta T2 fue ligeramente superior a T0. Ver figura 19.

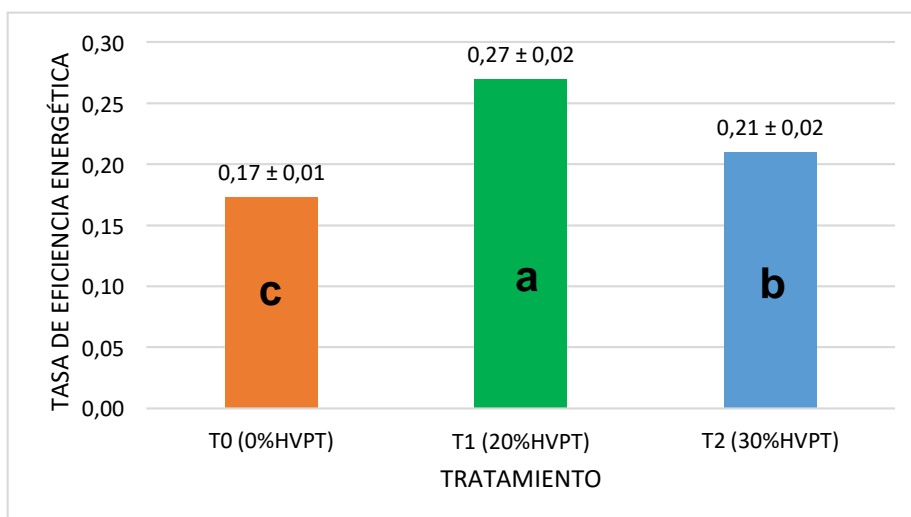
De acuerdo con la figura 20, se observa que la TEE fue superior en el tratamiento T1 (20% HVPT) dando un valor de $0,27 \pm 0,02$, la dieta T2 (30% HVPT) siguió en el orden de mejor respuesta con $0,21 \pm 0,02$ y por último T0 (0% HVPT) con un valor de $0,17 \pm 0,01$.

Figura 19. Tasa de eficiencia proteica.



Fuente: Los autores, 2022.

Figura. 20. Tasa de eficiencia energética.



Fuente: Los autores, 2022.

En estos parámetros de aprovechamiento nutritivo de proteína y energía en la Tilapia roja, los peces que mejor desempeño obtuvieron fueron aquellos alimentados con la dieta T1 con inclusión de 20% de HVPT, seguido del tratamiento T2 con inclusión de 30% de HVPT, algunas de las posibles razones de estos resultados son la baja digestibilidad de proteínas que presenta la dieta

T2 (89,07±0,43) si se compara con la dieta T1 (91,11±0,18) (Halimatunorte *et al.*, 2016); Miticanoy & Vega, (2022) además, altas proporciones de aminoácidos de diferente peso molecular presentes en la dietas de mayor inclusión de HVPT, puede causar la disminución del apetito por parte de pez porque pueden afectar la capacidad de absorción y la velocidad de paso de los nutrientes a través del tracto gastrointestinal (Cardoza & Guerra, 2021; Llanes *et al.*, 2017). En cuanto a la eficiencia en el aprovechamiento de la energía, puede estar relacionado a la fracción lipídica y la composición de los ácidos grasos que componen un ingrediente y pueden influir en su digestibilidad lipídica y energética (Soares *et al.*, 2020).

Los resultados obtenidos son similares a los encontrados por Correa *et al.*, (2020) al incluir 5% de ensilado ácido de pescado en la dieta de Pacu (*Piaractus mesopotamicus*) obteniendo un valor de 1.75±0.45 para la variable tasa de eficiencia proteica.

Los resultados obtenidos en esta investigación son inferiores a los reportados por Llanes & Parisi, (2021), al evaluar dos ensilados de subproductos pesqueros elaborados con ácidos sulfúrico y fórmico en dietas para bagres africanos (*Clarias gariepinus*) donde se obtuvieron resultados que van de 2,31±0,14 hasta 3,18±0,14 para la variable tasa de eficiencia proteica.

5.3. VALORACIÓN DEL COSTO Y BENEFICIO ECONÓMICO ASOCIADO A LA DIETA

A continuación, se muestran los resultados del costo y beneficio económico asociado a las dietas con inclusión de hidrolizado de vísceras de pollo y trucha.

Cuadro 7. Valores medios de los índices económicos obtenidos en Tilapia roja.

Variable	T0 (HVPT 0%)	T1 (HVPT20%)	T2 (HVPT30%)	ANOVA Pr>F
CD^I (\$ kg ⁻¹)	3.000±0,00	2.912,6±0,00	2.776,17±0,00	
ICE (\$ kg ⁻¹) ^{II}	5.250,7±438,14 ^a	3.616,5±258,07 ^b	4.419,5±312,28 ^{ab}	0,0034
IRE (\$ kg ⁻¹) ^{III}	1.815,4±159,97 ^b	2.200,5±217,34 ^{ab}	2.411,6±228,63 ^a	0,0308

Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente (P< 0.05).

^ICD: costo de la dieta, ^{II}ICE: índice de conversión económico, ^{III}IRE: índice de rentabilidad económica.

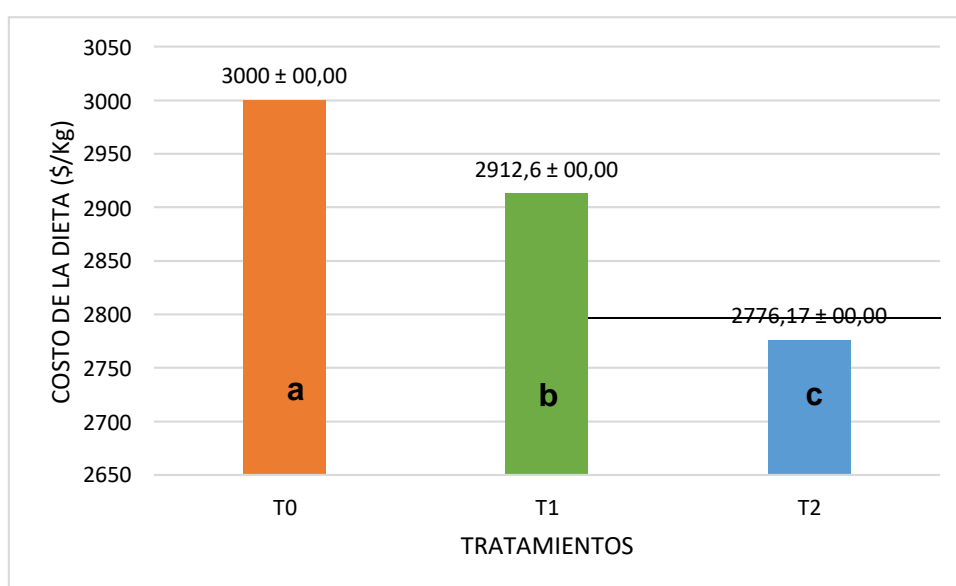
Fuente: Los autores, 2022.

Con el análisis de varianza se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados (p<0,05), con la

prueba de promedios por el método de Duncan se identificó que las diferencias están relacionadas con nivel de inclusión del hidrolizado.

5.3.1. Costo de la dieta (CD). Con el análisis de varianza (ANOVA) se determinó que no existen diferencias estadísticamente significativas para la variable costo de la dieta, sin embargo, matemáticamente se evidencian diferencias entre los tratamientos evaluados, donde el tratamiento T2 (30%HVPT) presentó el mejor valor con \$2.776±0,00 seguido de T1 (20%HVPT) con un valor de \$2.912,6±0,00 y por último se encuentra la dieta control T0 (0% HVPT) con \$3.000±0,00 pesos, como se muestra en la figura 21.

Figura 21. Costo de la dieta.



Fuente: Los autores, 2022.

Al comparar el costo por kilogramo de la dieta control T0 (0%HVPT) con los tratamientos T1 (20%HVPT) y T2 (30%HVPT), se evidencia una disminución en los costos por alimentación, esto porque se reduce el uso de materias primas como salvado de maíz, harina de trigo, harina de pescado, entre otras. Lo que genera un ahorro del 3% para T1 (20%HVPT) y 7% para T2 (30%HVPT).

Los resultados obtenidos en este estudio son superiores a los reportados por Yance, (2020) al evaluar la inclusión de harina de subproductos avícolas en reemplazo de la harina de pescado para dietas de inicio de Paiche (*Arapaima gigas*) obteniendo valores que van desde \$ 3.982,62 hasta \$ 4.981,16 para la variable costo de la dieta.

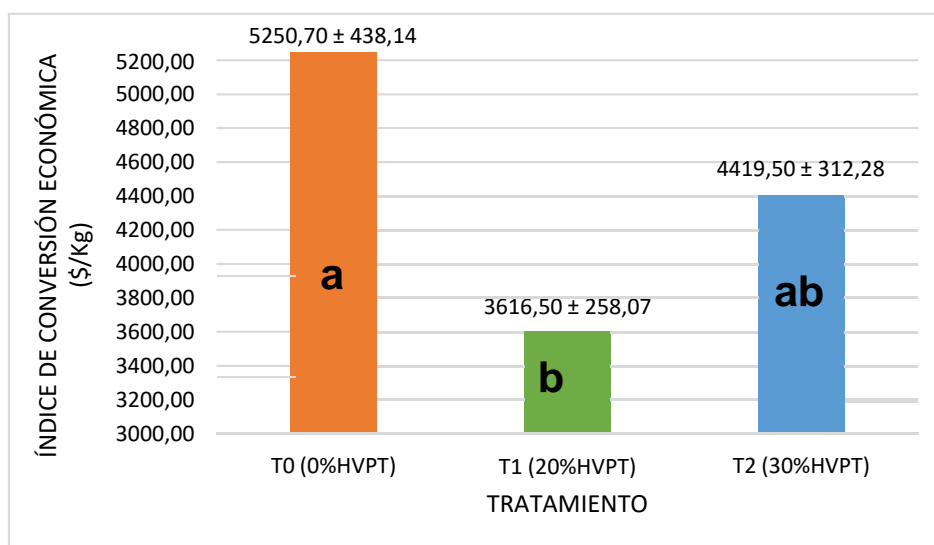
Los resultados obtenidos en esta investigación son inferiores a los reportados por Palupi *et al.*, (2019) con harina de subproductos avícolas en la alimentación

de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) fase de levante, donde reporto valores que van de \$2.203,85 hasta \$2.925,11 para la variable costo de la dieta. Llanes y Parisi, (2021) reportaron valores de US \$ 468,72 hasta US \$ 803,31 para la variable costo de la dieta, al evaluar dos ensilados de subproductos pesqueros en dietas para *Clarias gariepinus*.

5.3.2. Índice de conversión económica (ICE) e índice de rentabilidad económica (IRE). Por medio del test de Duncan se encontró que el mejor resultado para la variable ICE lo presento la dieta T1 (20% HVPT) con $3.616,5 \pm 258,07$ \$/Kg y T2 (30% HVPT) con $4.419,5 \pm 312,28$ \$/Kg, sin embargo, la dieta T1 fue ligeramente superior a T2 y a su vez fue significativamente superior a T0 (0% HVPT) la cual arrojó un valor de $5.250,7 \pm 438,14$ \$/Kg (ver figura 22).

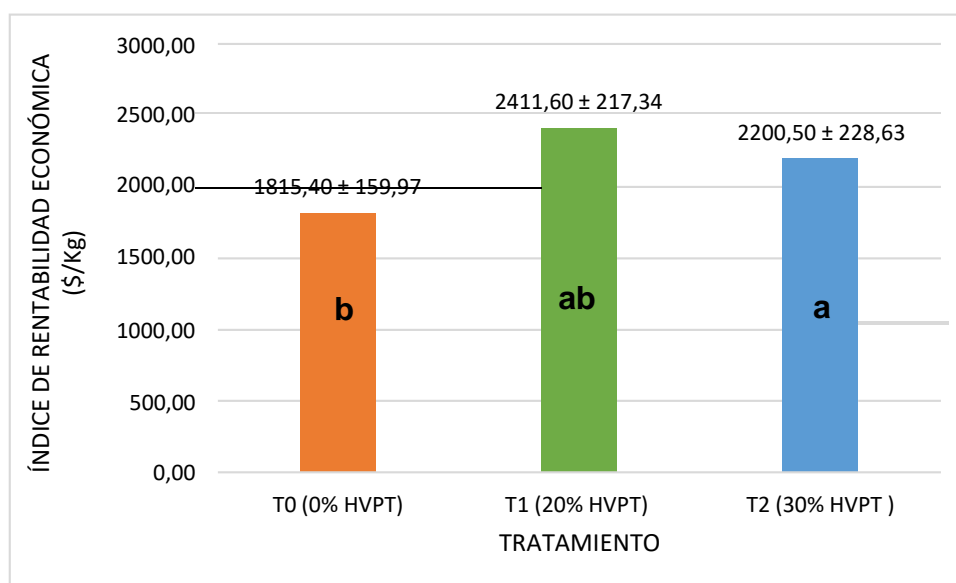
En cuanto al IRE la mejor respuesta la obtuvo T1 (20% HVPT) con $2.411,6 \pm 228,63$ \$/Kg y T2 (30% HVPT) la cual fue ligeramente inferior con un valor de $2.200,5 \pm 217,34$ \$/Kg y a su vez fue superior a la T0 (0% HVPT) que arrojó un valor de $1.815,4 \pm 159,97$ \$/Kg (ver figura 23).

Figura 22. Índice de conversión económica



Fuente: Los autores, 2022.

Figura 23. Índice de rentabilidad económica



Fuente: Los autores, 2022.

El índice de conversión económico hace referencia al gasto en el que se incurre para producir un kilo de tilapia, de acuerdo con lo anterior, al incluir progresivamente hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha, se disminuye el uso de materias primas de alto costo, logrando reducir el precio de la dieta, de esta forma se obtiene un mejor ICE. En este estudio el tratamiento T1 (20% HVPT) y T2 (30% HVPT) presento la mejor respuesta para esta variable, sin embargo, T1 fue ligeramente superior a T2, lo anterior se debe a que el ICE está directamente relacionado con ICA, es decir, a menor ICA menor ICE, por esta razón el tratamiento T1 supero a T2 y estos a su vez superan notoriamente al concentrado comercial (Perea *et al.*, 2018; Gómez, 2018).

El índice de rentabilidad económica, considera tanto el crecimiento de los peces a través del valor de los peces vendidos, como el costo del alimento, mediante el índice de conversión económico (Sánchez *et al.*, 2016), de ahí que, la retribución económica generada por los tratamientos con inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha es del 33% para T1 (20%HVPT) y del 21% para T2 (30%HVPT) al ser comparados con el concentrado comercial. Con lo anterior se demuestra que la dieta T1 (20%HVPT) representa una opción viable a nivel económico y nutricional en la alimentación de Tilapia roja.

Se han reportado resultados similares por Perea *et al.*, (2018) con la inclusión de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de Tilapia roja donde la variable ICE arrojó valores de 2.738,93±84,11 \$/Kg hasta \$4.563,76±185,31, en cuanto al IRE obtuvieron valores de 1.814,86±111,94 \$/Kg; de igual manera Gómez, (2018) al evaluar el ensilaje químico de vísceras de trucha en la alimentación de Tilapia roja, obtuvo resultados de \$2.051,2±31 hasta

2.729,5±266 \$/Kg para ICE y de 1.714,9±175 \$/Kg hasta 1.471,2±149 \$/Kg para IRE.

Los resultados obtenidos son inferiores a los reportados por Llanes & Parisi, (2021), al evaluar dos ensilados de subproductos pesqueros elaborados con ácidos sulfúrico y fórmico en dietas para *Clarias gariepinus*, obteniendo valores que van de US\$ 2428,5 hasta US\$ 2618,8 para la variable índice de rentabilidad económica.

5.4. ANÁLISIS DE PRESUPUESTOS PARCIALES

Con el análisis de varianza se determinó que existen diferencias significativas ($P < 0,05$) para la variable costo de la dieta (CD) y beneficio neto (BN) entre los tratamientos evaluados, pero no hubo diferencias significativas para el incremento del beneficio neto (IBN) y la tasa de retorno marginal (TRM) de acuerdo al nivel de inclusión de ensilaje en la dieta (cuadro 8).

Cuadro 8. Valores medios de los presupuestos parciales, obtenidos en el estudio de Tilapia roja.

Variable	T0 (HVPT 0%)	T1 (HVPT20%)	T2 (HVPT 30%)	ANOVA Pr>F
BN (\$) ^I	1.815,44±159,97 ^b	2.411,64±217,34 ^a	2.200,51±228,63 ^a	0,0307
IBN (\$) ^{II}		563,9±163,39 ^a	385,1±228,63 ^a	
TRM (%) ^{III}		103,31±34,88 ^a	81,58±49,61 ^a	

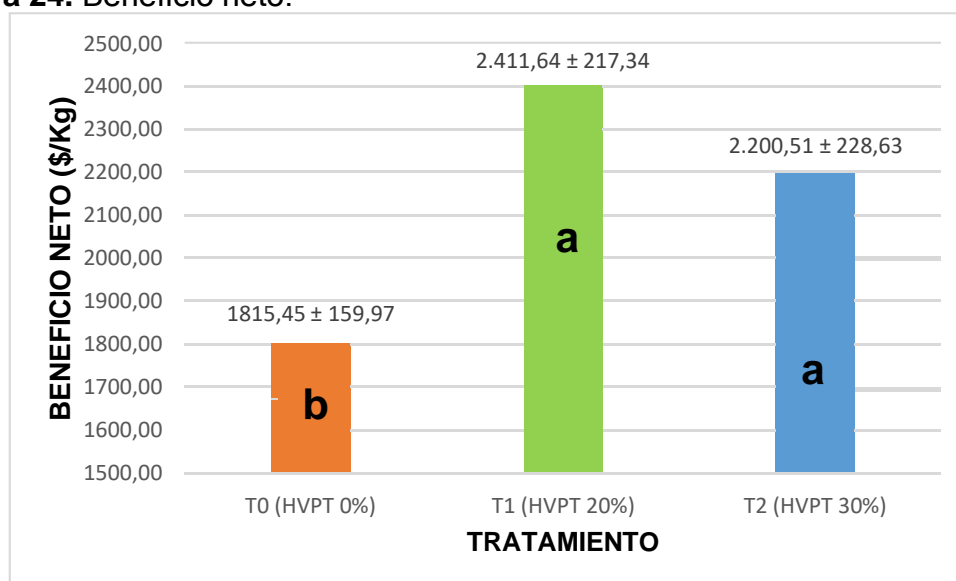
Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0.05$).

^IBN: beneficio neto, ^{II}IBN: incremento de beneficio neto y ^{III}TRM: tasa de retorno monetaria.

Fuente: Los autores, 2022.

5.4.1. Beneficio neto (BN). En esta variable de respuesta se evidencio que no existen diferencias significativas entre las dietas con inclusión de HVPT, sin embargo, el tratamiento T1 con un valor de \$2.411,64±217,34 fue ligeramente mayor a T2 con \$2.200,51±228,63; ambos tratamientos fueron superiores a la dieta T0 la cual presento un valor de \$1.815,44±159,97, como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Beneficio neto.



Fuente: Los autores, 2022

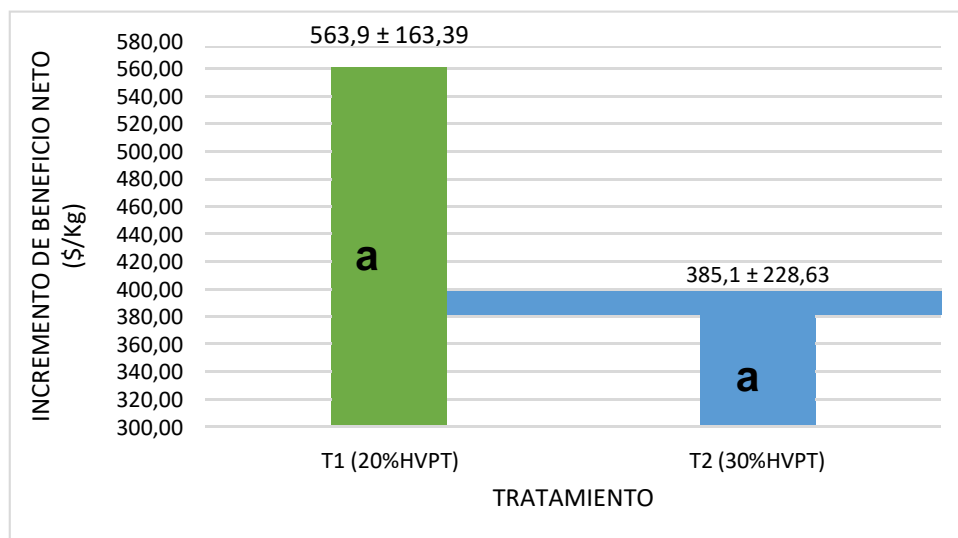
El mayor beneficio neto se obtuvo con la inclusión del 20% HVPT, esto se debe a que existió una mejor respuesta en los parámetros de aprovechamiento nutritivo (ICA, TEP, TEE); teniendo en cuenta que el tratamiento T2 (20 % HVPT) presenta menos consumo de alimento y menor tasa de alimentación diaria permitiendo reducir los costos en la alimentación, reflejados en la valoración económica (ICE, IRE), por lo que al final el beneficio neto es mayor.

Comportamiento similar fue reportado por Perea *et al.*, (2018) con la inclusión de ensilaje de residuos pesqueros evaluado en Tilapia roja donde se obtuvieron valores de \$1.501,04±90,02 hasta \$1.814,86±111,94 para la variable beneficio neto; igualmente Gómez, (2018) evaluó la inclusión de ensilaje químico de vísceras de trucha, donde la variable beneficio neto arrojó valores que van de \$1.510,6±124 hasta \$1.844,4±151. Llanes y Parisi, (2021) evidencian que el reemplazo de la harina de pescado por ensilaje químico de subproductos piscícolas en la formulación de alimentos para tilapia presenta gran reducción de los costos de alimentación y en la obtención de mayores utilidades.

5.4.2. Incremento de beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM).

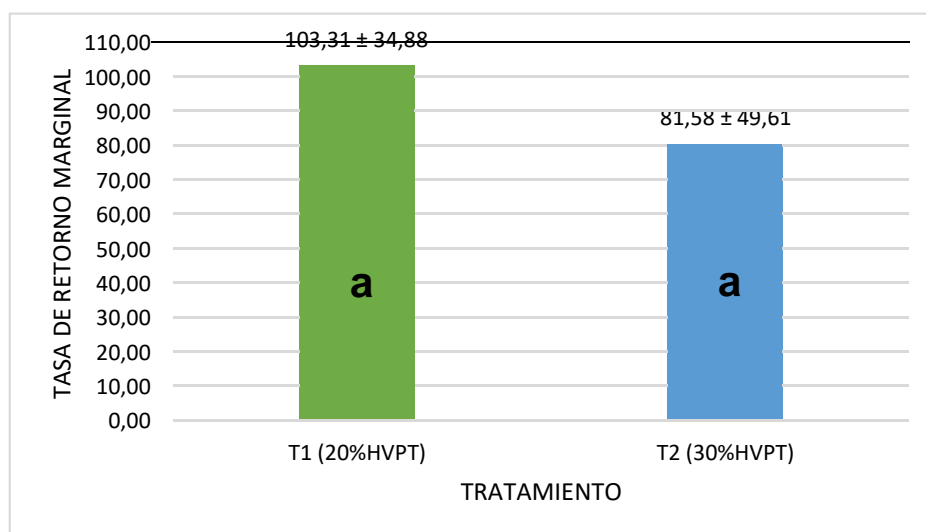
Con el análisis de varianza (ANOVA) se demostró que no existen diferencias estadísticamente significativas para las variables incremento de beneficio neto y tasa de retorno marginal, ver figura 25 y 26.

Figura 25. Incremento del beneficio neto



Fuente: Los autores, 2022.

Figura 26. Tasa de retorno marginal



Fuente: Los autores, 2022.

Para la variable de IBN la dieta T1 ($\$563,9 \pm 163,39$) tuvo un incremento del 31,68% con respecto a la T2 ($\$385,3 \pm 228,63$); para la variable de TRM la dieta T1 ($\$103,31 \pm 34,88$) es superior en un 29,7% comparado con la dieta T2 ($\$81,58 \pm 49,61$). Estos resultados pueden deberse al mayor incremento de peso logrado por los peces alimentados con estos tratamientos, lo cual genera una mayor retribución económica al comercializar el producto. Cabe mencionar que las dietas presentan indicadores económicos favorables, sin embargo, la dieta T1 (20% HVPT) presento mejores resultados para todos los parámetros evaluados.

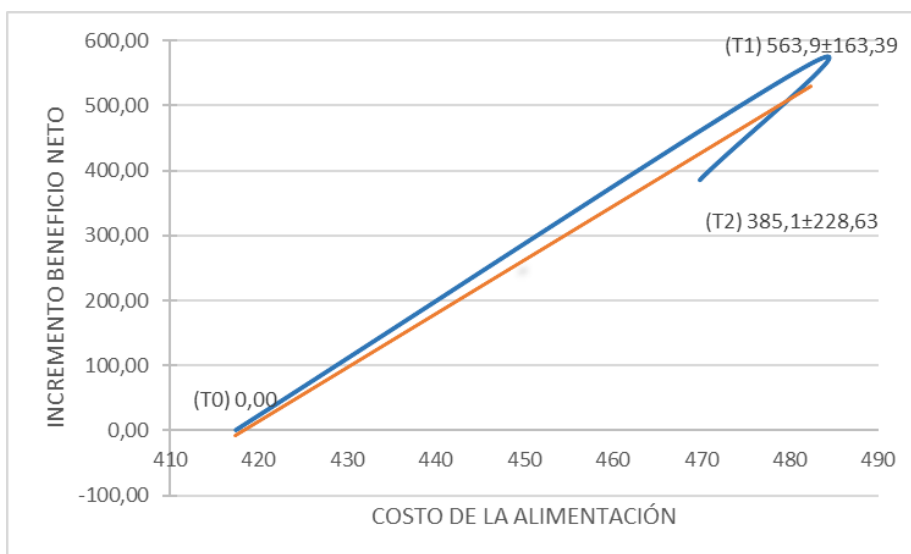
Llanes & Parisi, (2020) demostraron que la alimentación con ensilajes de subproductos pesqueros en *Clarias gariepinus*, tiene una disminución de los costos en el procesamiento de los ensilajes de subproductos, permitiendo tener dietas nutricionalmente y biológicamente eficientes, con tendencias a que sean de menor costo en comparación con la harina de pescado. Toledo *et al.*, (2014) afirma que la inclusión de ensilaje de vísceras de pollo puede ser incluida hasta el 20% y su ventaja con respecto a la harina de pescado se da por su bajo costo y mayor disponibilidad de nutrientes.

Estudios similares a los presentados en este estudio los reporto Llanes & Parisi, (2021), al evaluar dos ensilados de subproductos pesqueros en dietas para *Clarias gariepinus*, obteniendo valores que van de US\$ 367,35 hasta US\$ 557,65 para la variable incremento del beneficio neto, igualmente Perea *et al.*, (2018) con inclusión de ensilaje de vísceras de residuos pesqueros en la alimentación de tilapia roja, donde se obtuvieron valores de $\$-64,54 \pm 90,02$ hasta $\$249,28 \pm 111,94$ para IBN; en cuanto a la TRM los resultados van desde $-32,57 \pm 46,75$ hasta $99,33 \pm 41,70$; de igual forma en el estudio realizado por Gómez, (2018), al evaluar el ensilaje químico de vísceras de trucha en la alimentación de tilapia, presento valores que van desde $\$39,4 \pm 124$ hasta $\$373,2 \pm 151$ para la variable IBN y para TRM arrojó valores de $15,11 \pm 56$ hasta $153,57 \pm 54$.

5.5. ANÁLISIS DE DOMINANCIA

Del análisis de dominancia económica realizado en Tilapia roja, alimentadas con hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha se tiene como resultado que la dieta T1 (20% HVPT) presenta un comportamiento dominante sobre la dieta T2 (30% HVPT) y T0 (0% HVPT) debido a que están por encima de la línea de tendencia como se evidencia en la figura 27.

Figura 27. Análisis de dominancia económica evaluado en Tilapia roja



Fuente: Los autores, 2022.

El análisis de dominancia es empleado para seleccionar tratamientos que como resultado de un incremento en los costos presentan mayor incremento en los beneficios económicos netos para el productor (Avalos & Villalobos, 2018). En el presente estudio, pese a que la dieta con inclusión del 20% de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha, presenta un alto costo de la alimentación, el suministro de esta dieta en la tilapia roja generó mejor desempeño productivo que permite obtener un mayor incremento beneficio neto y tasa de retorno marginal, lo que la convierte en el tratamiento dominante sobre las dietas T0 (0% HVPT) Y T2 (30% HVPT), representando una mayor retribución económica para los productores piscícolas (Perea *et al.*, 2018).

6. CONCLUSIONES

El hidrolizado endógeno de vísceras pollo y trucha demostró ser una alternativa viable para sustituir total o parcialmente la harina de pescado en la alimentación de Tilapia roja, debido a que presenta mayor disponibilidad de aminoácidos y péptidos de bajo peso molecular y una alta digestibilidad de nutrientes que permite una rápida absorción intestinal, lo que promueve un mejor desempeño productivo de esta especie.

De la bioconversión de los residuos del faenado de pollos (vísceras blancas) aprovechando la capacidad proteolítica de las enzimas endógenas de vísceras de trucha, se logró obtener un producto inocuo y de excelente calidad nutricional para la alimentación de Tilapia roja, sin embargo, se determinó que al superar el 20% de inclusión del hidrolizado en la dieta, se afectan los procesos de digestión y absorción de nutrientes a nivel intestinal, debido a la alteración de la actividad enzimática y la saturación de los canales de transporte moleculares.

La inclusión de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha en un 20% resulta más económica debido que permite sustituir parcialmente la harina de pescado, reduciendo el costo de la dieta en un 3% comparada con la dieta comercial; logrando un mayor incremento en el beneficio económico neto y tasa de retorno marginal, demostrando que el proceso de hidrólisis enzimática es una biotecnología prometedora para la nutrición animal.

La temperatura se mantuvo dentro los rangos aceptables para la producción de tilapia, lo anterior favoreció la obtención del valor medio CTC confiable, el cual es una herramienta de utilidad en la predicción del crecimiento de los peces en El Embalse La Salvajina.

El manejo de los subproductos generados por el faenado de pollos de engorde y trucha arcoíris es uno de los grandes desafíos de la actualidad, con la aplicación de tecnologías como los hidrolizados enzimáticos es posible disminuir el impacto negativo sobre el ambiente y obtener un producto con características similares a una materia prima proteica, útil en la formulación de dietas para especies acuícolas.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda el empleo de hidrolizado de vísceras de pollo y trucha con un porcentaje de inclusión del 20% en tilapia fase levante, debido a que su relación costo beneficio es significativamente mejor que la dieta comercial.

Uno de los inconvenientes relacionados con las propiedades físicas de las dietas con inclusión de hidrolizado es la no flotabilidad del pellet, se recomienda la disminución progresiva de aceite en estas dietas, puesto que este no permite la gelatinización y expansión de los carbohidratos, lo que impide al pellet mantenerse en la superficie del agua, otra opción puede ser la aplicación de estrategias de impermeabilización posterior a la elaboración de los pellets.

Realizar evaluaciones de la inclusión del hidrolizado enzimático de vísceras de pollo y trucha en Tilapia roja teniendo en cuenta el efecto de las densidades en producción y diferentes niveles de inclusión a este estudio.

El aumento progresivo de hidrolizado endógeno de vísceras de pollo y trucha puede provocar una reducción de la actividad enzimática en el intestino, se recomienda en investigaciones posteriores profundizar más sobre lo que sucede a nivel químico y fisiológico en la Tilapia roja.

Llevar a cabo más investigaciones donde se evalúen materias primas proteicas como los subproductos del faenamiento de los animales, con el fin de disminuir el impacto ambiental que estas generan al no realizar una adecuada disposición final.

Se recomienda emplear el coeficiente térmico de crecimiento CTC obtenido en este estudio para estimar o predecir la evolución del peso medio de los peces en la estación piscícola APISMO.

8. BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR, F. 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. (2010).

ARCE, J. Determinación de la tasa de alimentación para tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1759) en condiciones comerciales corregida por el coeficiente térmico de crecimiento (tesis pregrado). *Universidad de Costa Rica*, 56-65. (2014).

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (OAC). Official Methods of Analysis. 15 ed. Virginia (USA) Association of Official Analytical Chemists. 1298 p. 1990.

ÁVALOS-CERDAS, J. M., & VILLALOBOS-MONGE, A. (2018). Análisis económico: un estudio de caso en *Jatropha curcas* L. mediante la metodología de presupuestos parciales. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 101-111.

AVIRAMA PERDOMO, L., & GARCÉS LÓPEZ, N. (2022). Determinación de parásitos en dos diferentes densidades de siembra de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en un sistema "RAS" en el municipio del Tambo (Cauca).

BASUALDO-RAMÍREZ, L. J., JIMÉNEZ-GUZMÁN, F., JIMÉNEZ-SAAVEDRA, A. C., MACAL-NIÑO, F. J., QUINTERO-MARMOL, E. A. M., MONTAÑO-AGUILAR, D. M. A., & GUTIÉRREZ, U. E. Criterios técnicos y económicos para la producción sustentable de tilapia en México. México. Soltar impresiones. 2012

BENAVIDES, J., & -MACÍAS, J. Bioproducción de hidrolizados aplicados en la industria acuícola. *Boletín Informativo CEI*, 8(1), 192-193. (2021).

CABRERA, S. M. Identificación y caracterización ultra estructural de monogeenos presentes en las branquias de tilapia del Nilo *Oreochromis niloticus* asociados a las lesiones histológicas procedentes de cultivos de la provincia de San Martín. [Tesis de maestría]. Perú. 2019

CAMPOS, I., MATOS, E., ARAGÃO, C., PINTADO-ESTEVEZ, M., VALENTE-PINHEIRO, L. Apparent digestibility coefficients of processed agro-food by-products in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. (2017). *Aquaculture Nutrition*, v. 24, n. 4, 2018, p.1274-1286. <https://doi.org/10.1111/anu.12665>

CARDOZA RAMIREZ, A. L., & GUERRA ESPINOZA, M. G. Uso de hidrolizados de pescado en el campo de la acuicultura: una revisión de algunos resultados beneficiosos en dietas acuícolas. (2021).

CARMONA, J., MONTOYA, J. & CASTAÑO, G. Digestibilidad aparente de cuatro concentrados empleados durante el levante *Oreochromis* spp. *Invest Unisarc*, Vol 10 (2), 15 – 21. 2012

CELORIO, G. F. Uso de la harina de pez diablo (*Pterygoplichthys* spp) en la alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) (Doctoral dissertation, El Colegio de la Frontera Sur). 2016

CEPA, I. J., RUIZ-JARABO, I., & MANCERA, J. M. Bienestar Animal en la Acuicultura de Peces: Atenuación del Estrés a través de la Dieta y mediante el Empleo de Anestésicos durante el Transporte. In *Derecho Animal. Forum of Animal Law Studies* (Vol. 10, No. 4, pp. 85-92). (2019).

CHURUCHUMBI, V. *Evaluación de la dieta con harina de larva de cutzo (Phyllophaga spp.) en la alimentación de cría y juvenil de tilapia roja (Oreochromis spp.) en la parroquia La Carolina, Ibarra* (Bachelor's thesis). (2020).

CONSEJO DE BIENESTAR ANIMAL DE GRANJA. (FAWC).

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA (CAR). Plan de prevención, control y manejo de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) en la jurisdicción car Cundinamarca. Colombia. 2017.

DA SILVA, T. C. ROCHA, J., MOREIRA, P., SIGNOR, A. & BOSCOLO, W. R. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Vol.52, n.7, p.485-492.

FEDERACIÓN NACIONAL DE AVICULTORES DE COLOMBIA (FENAVI). Boletín Fenaviquin - Programa de estudios económicos - FENAVI - FONAVI. 2020.

GANOZA F, PRIETO C, ÁLVAREZ J, DIBUCHO O, GONZALES L. Guía para obtención de alevines de tilapia en ambiente controlado (*Oreochromis niloticus* tilapia gris y *Oreochromis* sp. tilapia roja). *Inf Inst Mar, Perú*. 48(1): 80-89. (2021).

GÓMEZ, A. Evaluación de parámetros productivos en *Oreochromis* spp alimentada con inclusión de ensilaje de subproductos piscícolas (Tesis para optar al título de Ingeniera Agropecuaria) Universidad del Cauca Facultad de Ciencias Agrarias. (2018).

GÓMEZ, E. Estudio de gestión ambiental para la empresa avícola agrícola mercantil del cauca - AGRICCA S.A. Tesis de maestría. Universidad de Manizales. p. 22, 23. 2012 [en línea]. [Citado el 5 de diciembre del 2020]. Disponible en: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/563/402_Gomez_Daza_Elcy_2012.pdf?sequence=1

GONZÁLEZ CORTÉS, J. Los derechos de los animales en Colombia: una enmarañada serie de discursos. *Revista de Bioética y Derecho*, (48), 245-260. (2020).

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A., D CELADA, J., CARRAL, J., SÁEZ-ROYUELA, M., GARCÍA, V., FUERTES, J., Evaluation of poultry by-product meal as partial replacement of fish meal in practical diets for juvenile tench (*Tinca tinca* L.). *Aquaculture Research*. (2016). vol.47, Pp.1612-1621.

HALIMATUNORTE, A. Reemplazo parcial de harina de pescado con harina de subproductos avícolas en dietas para cabeza de serpiente (*Channa striata*). (2014).

HEKMATPOUR, F., KOCHANIAN, P., MARAMMAZI, JG, ZAKERI, M. Y MOUSAVI, SM Inclusión de harina de subproductos avícolas en la dieta de *Sparidentex* hasta: efectos sobre el rendimiento productivo, la digestibilidad y la retención de nutrientes. *Ciencia y tecnología de la alimentación animal*, 241, 173-183. (2018).

HERNANDEZ, J. Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por un hidrolizado proteínico de intestinos de pollo sobre el crecimiento de juveniles de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). (2020). Citado en: <http://repositorio.upsin.edu.mx/Fragmentos/tesinas/JES%C3%9AS%20ANAYE%20HERN%C3%81NDEZ%20SAIN%20TESIS%20MCA%20UPSIN.pdf> 17-06-2022.

HISANO, H., PIETRO, P. S. D., BARROS, M. M., & PEZZATO, L. E. Composição bromatológica e digestibilidade aparente da parte aérea seca da mandioca na alimentação de tilápias-do-Nilo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48, 1119-1123. (2013).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN (NTC). Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para la detección y enumeración de coliformes. Técnica del número más probable. NTC 4516.1ra ed. Bogotá D.C. El instituto. 1-8 p. 1998

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN (NTC). Microbiología de alimentos y alimentos para animales. Método horizontal para el recuento de bacterias mesofílicas de ácido láctico. Técnica de recuento de colonias a 30°C. NTC 4519.1ra ed. Bogotá D.C. El instituto. 1-7 p. 2009

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN (NTC). Microbiología. Guía general para el recuento de mohos y levaduras. Técnica de recuento de colonias 25°C NTC 4132. Bogotá D.C. El instituto. 1-7 p. 1997

LLANES, J., & PARISI, G. Substitution of a high percentage of fishmeal for silages of fishery by-products in extruded diets for *Clarias gariepinus*. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 55(2). (2021).

LLANES-IGLESIAS, J. E., & PARISI, G. Indicadores productivos y económicos de *Clarias gariepinus*, alimentadas con subproductos pesqueros ensilados con los ácidos sulfúrico y fórmico. *Pastos y Forrajes*, 43(3), 184-189. 2020.

LOPEZ, F., GOMEZ, G., ORTIZ, M., & PEREA, C. Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en alimentación de pollos de engorde. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 12(1), 106-114. (2014).

LUPATSCH, I. Formulación de alimentos y estrategias de alimentación. 2012. Citado en: <https://aquafeed.co/entrada/formulaci-n-de-alimentos-y-estrategias-de-alimentaci-n-20481/>. 20-11-2020

Martínez-Castillo, S. L., Quintero Pinto, L. G., & Peña-Osorio, L. J. (2018). Evaluación del desempeño zootécnico de alevinos de *Piaractus brachypomus* alimentados con dietas que aporten diferentes niveles de energía. *Orinoquia*, 22(2), 215-223.

MAYER, P., ESTRUCH, V., BLASCO, J. Y JOVER, M. Predecir el crecimiento de la dorada (*Sparus aurata* L.) criada en jaulas marinas en condiciones reales de producción utilizando modelos dependientes de la temperatura y el tiempo. *Investigación en acuicultura*, 39 (10), 1046-1052. (2008).

MÉNDEZ, Y. Y., PÉREZ, Y., TORRES, Y. Y., & REYES, J. J. Estado del arte del cultivo de tilapia roja en la mayor de las Antillas. *Biotecnia*, 20(2), 15-24. (2018).

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas, cadena de la avícola. Colombia. 2021. Citado en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/2019-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>. 28-02-2020

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas, cadena de la acuicultura. Colombia. 2021. Citado en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>. 28-02-2022

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL (MADR). Un campo para la equidad. Estrategia de Política para el Sector de Pesca y Acuicultura. Colombia. 2021. Citado en: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Documentos/6.%20Documento%20de%20Politica%20pesca%20y%20acuicultura%20Abril8de2019%2031%20Jul%202019.pdf>. 28-02-2022

MOHANTY, B., MOHANTY, U., PATTANAIK, S. S., PANDA, A., & JENA, A. K. Future prospects and trends for effective utilization of fish processing wastes in India. *Innovative Farming*, 3(1), 1-5. 2018

NOBRE, AM, VALENTE, LM, CONCEIÇÃO, L., SEVERINO, R., & LUPATSCH, I. Un modelo bioenergética y de flujo proteico para simular el crecimiento de peces en piscifactorías comerciales: Aplicación a la dorada. *Ingeniería Acuícola*, 84, 12-22. (2019).

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OCDE). Pesca y acuicultura en Colombia. Recuperado de: https://www.oecd.org/colombia/Fisheries_Colombia_SPA_rev.pdf. 20-11-2020

PALLARES, J. Comparación de los parámetros zootécnicos de la tilapia roja (*Oreochromis* spp), en la fase de pre cría bajo el sistema tradicional, con la aplicación de materia orgánica (porcinaza y bovinaza) en la granja experimental de la UFPSO (Doctoral dissertation). (2020).

PARRADO, Y. A. "Historia de la Acuicultura en Colombia." *Revista AquaTIC* 37. 2016.

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

PALLARES CARRASCAL, J. L. (2020). Comparación de los parámetros zootécnicos de la tilapia roja (*Oreochromis* spp), en la fase de pre cría bajo el sistema tradicional, con la aplicación de materia orgánica (porcinaza y bovinaza) en la granja experimental de la UFPSO (Doctoral dissertation).

PAZ, P., MARTINEZ, A., & CHÁVEZ, J. Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. *Ceiba* 0843: 1–6. 2019

PEREA C., HOYOS J., GARCÉS, Y., MUÑOZ, S., & GÓMEZ, J. Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal. *Ciencia en Desarrollo*, 8(2), 39-50. 2017

PEREA, C. & GARCÉS, Y. Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis* spp). Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros Agropecuarios. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuaria. (2011)

PEREA, C. Evaluación nutricional de ensilajes de residuos de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en la alimentación de tilapia roja *Oreochromis* spp. Tesis de Doctorado Universidad Nacional de Colombia. 2016. [en línea]. [Citado el 2 de diciembre del 2019]. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/56016/1/Crispulo_Perea_Roman-2016.pdf

PEREA, C., CAICEDO, G., BRAVO, Y., CHAMORRO, M., CONCHA, H., & QUILA, N. Digestibilidad de hidrolizados enzimáticos de vísceras de origen

animal en *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 1-13. (2021).

PEREA, C., GARCÉS, Y., MUÑOZ, L., HOYOS, J. Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp*). *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, vol 9 (1), 60 – 68. 2011

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

PEREA, C., HOYOS, J., GARCÉS, Y., MUÑOZ, L., & GÓMEZ, J. Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal. *Ciencia En Desarrollo*, vol 8 (2), 12. 2017

PILLACA, R. Valor nutritivo del subproducto y harina de sangre avícola y efecto en la performance de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*). (2020).

PRIETO, O. A., BUITRÓN, V. K., PAZ, U. M., GALLARDO, A. I., DAZA, M. D. & BECERRA, R. L. Análisis comparativo del hidrolizado de vísceras blancas de pollo (*Gallus gallus domesticus*). 2020. Recuperado de: <https://www.doccity.com/es/articulo-hidrolizado-de-visceras-de-pollo/5391685/>. 01-12-2020.

QUINTERO, A. Génesis de la actividad piscícola en el Huila. *Revista Academia Huilense de Historia*, (70), 89-117. (2019).

ROLDAN, A. J. P., ESPINOSA, M. C. G., & GUERRERO, S. R. C. Sustitución total de la harina de pescado por subproductos avícolas suplementados con aminoácidos en dietas para juveniles de *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Orinoquia*, 18(2), 13-24. 2014

SAL, F., WICKI, G., MERINO, O. G., CANDARLE, P., & LUCHINI, L. Inclusión de ensilado ácido en dietas extruidas para el engorde de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) en jaulas en el nordeste argentino. *Natura Neotropicalis*, 46(2), 15. 2015

SANCHÉZ, J. A. M., MOYETONES, F., & CERDA, M. J. Crecimiento, aprovechamiento nutritivo y rendimiento de la canal del bagre yaque, *Leiarius marmoratus* (Gill 1870) en jaulas flotantes. *Revista AquaTIC*, (33). (2016).

SARY, C., PARIS, L. D. D., BERNARDI, D. M., LEWANDOWSKI, V., SIGNOR, A., & BOSCOLO, W. R. Tilapia by-product hydrolysate powder in diets for Nile tilapia larvae. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 39(1), 1-6. 2017

SOARES, M., REZENDE, P. C., CORRÊA, N. M., ROCHA, J. S., MARTINS, M. A., ANDRADE, T. C., DO NASCIMENTO VIEIRA, F. Protein hydrolysates from poultry by-product and swine liver as an alternative dietary protein source for the Pacific white shrimp. *Aquaculture Reports*, 17, 100344. doi: 10.1016/j.aqrep.2020.100344 (2020).

SOLLA. S.A. Mojarras 32%. (Composición nutricional del concentrado comercial). Recuperado de: <https://www.solla.com/productos/mojarras-32>.

SUAREZ, L. M., MONTES, J. R., & ZAPATA, J. E. Optimización del Contenido de Ácidos en Ensilados de Visceras de Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) con Análisis del Ciclo de Vida de los Alimentos Derivados. *Información tecnológica*, 29(6), 83-94. 2018

TERRONES ESPAÑA, S., & REYES AVALOS, W. Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en co-cultivo intensivo. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 167-176. (2019). (2018).

TOLEDO, J., LLANES, J. E., & ROMERO, C. Sustitución de la harina de pescado por harina de subproductos de aves en la alimentación de alevines de tilapias del Nilo (*Oreochromis niloticus*). (2014).

TORRES CASTILLO, H. H. Evaluación de la inclusión de fuentes proteicas vegetales a la harina de pescado y su efecto en parámetros de crecimiento y eficiencia nutritiva de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*) (Doctoral dissertation).

VALCÁRCEL, H. Diseño de un plan de negocios para la creación de una empresa productora y comercializadora de pescado en el municipio de Puerto Rondón, Arauca. (2019).

VÁSQUEZ, W. Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces. *Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia*, 2004.

VILCHEZ CLEMENTE, G. T. (2019). Evaluación de tres niveles de inclusión de harina de subproducto avícola en dietas de acabado para peces paco (*Piaractus brachypomus*).

ZAPATA, J. I. H., & CASTAÑEDA, C. A. G. (Hidrolizados de pescado-producción, beneficios y nuevos avances en la industria. -Una revisión. *Acta Agronómica*, 66(3), 311-322. 2017

ZUONAN, C., WENJIE, L., KANGSEN, M., WEI, X., YANJIAO, Z., QINGHUI, A. Efectos de los hidrolizados de pescado fraccionados por tamaño en la dieta sobre el crecimiento, las actividades de las enzimas digestivas y las aminotransferasas y la expresión de algunos genes relacionados con el metabolismo de las proteínas en larvas de corvina amarilla grande (*Larimichthys crocea*). (2015).

YANCE, B. A. (2020). Evaluación de harina de subproducto avícola en reemplazo de harina de pescado para dietas de inicio de paiche (*Arapaima gigas*).

RAMOS E. L., & RODRÍGUEZ, A. J. (2020). Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de plumas hidrolizada en la ración balanceada para "trucha arcoíris" *Oncorhynchus mykiss* en fase juvenil criadas en estanques rústicos. Lanchepampa-Morropón-Piura, 2018

PANDURO, P. L., & CÁRDENAS, Z. M. Efecto de la harina de vísceras de pollo en el crecimiento de alevinos de gamitana *Colossoma macropomum* cuvier, 1818 (pisces-Serrasalmodidae), cultivados en corrales-piscigranja Quistococha UNAP. *SUNEDU*.

CORRÊA, C.F., OLIVEIRA, T.D.S., LEONARDO, A.F., REIS, R.V., & ENKE, D.B.S., (2020). Ensilaje ácido de pescado en la dieta de pacu y tambacu criados a temperatura fría subóptima. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* , 55 .

ANEXOS

Anexo A. Protocolo para la medición de oxígeno disuelto (OD), (Test: 0- 82)

1. Abrir un tubo de ensayo, lavarlo con el agua que se va analizar.
2. Llenarlo suavemente sin que se produzca burbujas, llenando hasta el borde del mismo.
3. Adicionar 2 gotas de R1 seguido de 2 gotas de R2.
4. Tapar y agitar.
5. Después de agitar, esperar 2 minutos para que se fije la muestra.
6. Adicionar 5 gotas de R3 (se observa un color naranja y se forman flóculos que se precipitan).
7. Se agita hasta diluir el precipitado.
8. Secar el exterior del tubo de ensayo.
9. Por último, medir y anotar el resultado.

Anexo B. Protocolo para la medición de demanda química de oxígeno (DQO),
Met: 26 (Test: 0-26).

1. Abrir un tubo de ensayo.
2. Medir en una pipeta 2 ml de muestra y verter el agua analizar suavemente en el tubo de ensayo.
3. Tapar, marcar y guardar por 2 horas.
4. Una vez en el laboratorio, incubar por 2 horas a temperatura de 148 °C en la placa calefactora.
5. Retirar el tubo y reposar por 10 minutos.
6. Posteriormente, agitar y enfriar a temperatura ambiente para realizar la medición.
7. Tomar la medición y registrar los datos.

Anexo C. Protocolo para la medición de alcalinidad de carbonatos (CaCO_3), MEt: 151 (Test: 0-15).

1. Abrir un tubo de ensayo.
2. Medir en una pipeta 4 ml de la muestra y verter suavemente en el tubo de ensayo.
3. Cerrar el tubo de ensayo y agitar.
4. Posteriormente adicionar una pastilla de R2.
5. Agitar hasta diluir, secar y limpiar el tubo de ensayo.
6. Dejar fijar la muestra durante 2 minutos
7. Realizar la medición y tomar el resultado.

Anexo D. Protocolo para la medición de potencial de hidrógeno, Met: 72 (Test: 72).

1. Llenar 2 tubos de ensayo con 10 ml de agua, tomar un tubo como blanco y el otro como muestra analizar.
2. Agregar una pastilla R1 a la muestra.
3. Agitar hasta que la pastilla se disuelva.
4. Secar el tubo y esperar 3 minutos.
5. Realizar la medición y registrar los datos.

Anexo E. Protocolo para la medición de demanda biológica de oxígeno (DBO₅),
Met: 822.

1. tomar 500 ml de muestra de la represa procurando que no se generen burbujas
2. Verificar que el PH se encuentre entre 6 y 8.
3. Refrigerar la muestra entre 0 – 4°C (solo en caso de demorarse la realización de la prueba, sino seguir pasos 2, 5 y siguientes).
4. Dejar la muestra hasta que se coloque a temperatura ambiente.
5. Llenar el tubo de ensayo sin que se forme burbujas y llenar un blanco.
6. Incubar la muestra a 20°C más o menos 1°C por 5 días.
7. Después de 5 días, añadir 5 gotas de R1 y 2 gotas de R2.
8. Tapar el tubo sin que se generen burbujas de aire y mezclar el contenido.
9. Reposar por 2 minutos la muestra y adicionar 5 gotas de R3.
10. Limpiar, secar, realizar la medición y registrar los datos.

NOTA: si la muestra de agua presenta mucho precipitado y algas, se debe filtrar para homogenizar la muestra.

Anexo F. Protocolo para la medición de amonio ($\text{NH}_4\text{-N}$), Met: 0041 (Test; 0-04).

1. Abrir un tubo de ensayo.
2. Medir en una pipeta 1 ml de muestra y verterlo suavemente en el tubo de ensayo.
3. En primer lugar, verificar que el PH se encuentre entre 1-13.
4. Posteriormente, adicionar 1 pastilla NANOFIX R2 (amonio).
5. Agitar, limpiar y dejar reposar durante 15 minutos.
6. Realizar la medición y registrar el resultado.

Anexo G. Protocolos para la medición de nitritos (NO₂-N), Met: 691 (Test:0-069).

1. Abrir un tubo de ensayo.
2. Medir en un micro pipeta 0,2 ml de la muestra y verter suavemente en el tubo de ensayo.
3. Verificar primero que el PH se encuentre entre 4-13.
4. Posteriormente, adicionar y reposar durante 15 minutos.
5. Agitar, limpiar y reposar durante 15 minutos.
6. Realizar la medición y registrar el resultado.

Anexo H. Protocolos para la medición de nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$), Met: 641 (Test:0-64).

1. Abrir un tubo de ensayo.
2. Medir en una micro pipeta 0,5 ml de muestra y verter suavemente en el tubo de ensayo.
3. Verificar que el PH se encuentre entre 1-13
4. Posteriormente, adicionar 0,5 de solución R2 (NO_3/N).
5. Agitar durante 3 minutos.
6. Limpiar y reposar durante 10 minutos.
7. Realizar la medición y registrar el resultado.

Anexo I. Registro de temperatura del agua.

PROYECTO ID										
REGISTRO DE TEMPERATURA DE PECES										
# PECES INICIAL:					ESPECIE:					
FECHA DE INICIO:					PESO PROMEDIO INICIAL:					
FECHA	JORNADA	T0R1	T0R2	T0R3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m.									
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m.									
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m.									
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m.									

Anexo J. Registro de alimentación

PROYECTO ID										
REGISTRO DE ALIMENTACIÓN										
# PECES INICIAL:				ESPECIE:						
FECHA DE INICIO:				PESO PROMEDIO INICIAL:						
FECHA	JORNADA	T0R1	T0R2	T0R3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m									
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m									
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m									
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m									
	8:00 a. m.									
	12:00 M									
	4:00 p. m									

Anexo K. Registro de mortalidad

PROYECTO ID									
REGISTRO DE MORTALIDAD									
NUMERO INICIAL DE PECES				ESPECIE					
FECHA DE INICIO				PESO PROMEDIO INICIAL					
Fecha	T0R1	T0R2	T0R3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3

Anexo L. Registro de biometría.

PROYECTO ID										
REGISTRO DE BIOMETRIA										
NUMERO DE PECES		ESPECIE			EDAD					
FECHA DE BIOMETRIA			PESO PROMEDIO INICIAL							
#	Fecha	T0R1	T0R2	T0R3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

