

**EFFECTO DE LA PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA EN LA
RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE ALEVINOS DE
*Oreochromis spp***



**Universidad
del Cauca**

PAOLA ANDREA RODRÍGUEZ MUÑOZ

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

**EFFECTO DE LA PROTEÍNA HIDROLIZADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA EN LA
RESPUESTA PRODUCTIVA Y ECONÓMICA DE ALEVINOS DE
*Oreochromis spp***



**Universidad
del Cauca**

PAOLA ANDREA RODRÍGUEZ MUÑOZ

**Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar por el título de
Ingeniera agropecuaria**

Directores:

**Ph.D. CRÍSPULO PEREA ROMÁN
Ph.D. JOSÉ LUIS HOYOS CONCHA**

Asesores:

**Ph.D. NELSON JOSÉ VIVAS QUILA
MSc. YENY JUDITH GARCÉS CAICEDO**

Grupos de investigación

**APROVECHAMIENTO DE SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES
(ASUBAGROIN) Y NUTRICIÓN AGROPECUARIA (NUTRIFACA)**

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

NOTA DE ACEPTACIÓN

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



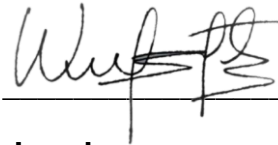
Ph.D Crispulo Perea Román

Director



Jurado

Fabian Gerardo Muñoz García



Jurado

Wilmer Rene Sanguino Ortiz

Fecha de aceptación

06/06/2023

DEDICATORIA

*Al pasar por esta etapa transitoria pero muy importante en mi vida, la universitaria, y sobre todo hacer parte de la Facultad de Ciencias Agrarias de la universidad del Cauca a través de la carrera de Ingeniería Agropecuaria, me ha llevado a un conocimiento multidisciplinario del saber, pero sobre todo el propio, donde encontré que hay muchas cosas para las que soy buena, destrezas y habilidades que jamás pensé, que se desarrollasen en mí y que son necesarias para seguir caminando hacia mi futuro como profesional y como futura portadora de semilla de conocimientos “ pues me siento como una semilla que ha sido llevada por el viento, que está viva, pero en periodo de latencia y que cada experiencia ha sido como una gota de agua que rompe poco a poco su periodo de imbibición, y que estará lista para germinar y dar frutos cuando encuentre las condiciones favorables adecuadas”. Esta grandeza que hoy siento se la debo a los cientos de personas, presentes y pasadas, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos y apoyo. A ustedes dedico esta gota de agua (Trabajo de investigación denominado efecto de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha en la respuesta productiva y económica de alevinos de *Oreochromis spp*).*

Paola Andrea Rodríguez Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco al universo y a la vida por haberme encaminado hacia mi carrera profesional y a tomar cada uno de sus obstáculos como pruebas de confianza, seguridad y convicción propia, superadas también gracias al acompañamiento de personas únicas e inigualables, entre ellas;

Mis padres, quienes me dieron la vida y a través de su coaccionar continuo de esfuerzo y de dedicación entre familia la llenaron de comodidades, amor y sabiduría para que fuese llevadera y plena.

Mis hermanas y sobrina por sus palabras y demostraciones de apoyo incondicional que me hicieron sentir acompañada, elogiada y motivada en todo momento de mi desarrollo profesional.

Mi pareja Cristian Meneses que ha sido fuente de inspiración a través de su crecimiento personal y profesional, además de ser eje de motivación al creer en mí y en las capacidades que tengo.

También quisiera hacer parte de mi agradecimiento a la Universidad del Cauca, por haberme acogido y darme la oportunidad de formarme como profesional, a su grupo de docentes de la facultad de Ciencias Agrarias, en especial del programa de Ingeniería Agropecuaria por sus enseñanzas y guía, que con su ayuda fue posible la culminación de mi carrera profesional.

Asimismo, quiero expresar mi agradecimiento a los PhD. Crispulo Perea Román y PhD José Luis Hoyos Concha quienes con su respaldo e interés y a copiosos conocimientos en las diferentes etapas hicieron posible la realización de este estudio.

A mis compañeros de estudio y a todas las personas que estuvieron presentes a lo largo de este proyecto como etapa culminatoria de mi carrera profesional.

RESUMEN

El sector piscícola en Colombia en las últimas décadas se ha posicionado como una de las líneas productivas más importantes para el desarrollo económico, social y cultural del país. Sin embargo, su avance y consolidación se han visto limitados por la baja disponibilidad de materias proteicas y energéticas de alto valor biológico y bajo costo, para la elaboración de concentrados. Razón que ha llevado a la implementación de esta investigación, la cual busca generar una alternativa alimentaria a través de la evaluación del efecto de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica (PHCVT), en la respuesta productiva y económica de alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis spp*).

Se evaluó el efecto nutricional del hidrolizado enzimático de vísceras de trucha en la alimentación de 180 alevinos reversaos de Tilapia roja con un peso promedio de $12 \pm 2,0$ gramos, los cuales se distribuyeron bajo un diseño completamente al azar, con 5 tratamientos y 3 réplicas por cada uno, fueron alimentados con una dieta de referencia con 100% harina de pescado (T1) y cuatro dietas experimentales; T2 (75% harina de pescado + 25% PHCVT), T3 (50% harina de pescado + 50% PHCVT), T4 (25% harina de pescado + 75% PHCVT) y T5 (100% PHCVT). Los parámetros productivos y económicos de respuesta analizados fueron; parámetros de crecimiento, aprovechamiento productivo y económicos.

El análisis estadístico de los datos recolectados se realizó a partir del programa SAS (Statistical Analysis System) versión 9,4. El cual permitió determinar por medio de la prueba de ANOVA que se presentaron diferencias estadísticas entre las medias de los resultados y Tukey que el tratamiento T4 (25% harina de pescado + 75% PHCVT) es el de mejor comportamiento frente al crecimiento, aprovechamiento nutritivo y rentabilidad económica. Resultados que verifican la biofuncionalidad y la calidad de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha al sustituirla por harina de pescado hasta en un 75% en la dieta de alevines de Tilapia roja.

Palabras clave: Vísceras de trucha, alternativa alimenticia, valor biológico, Tilapia roja.

ABSTRACT

The aquaculture sector in Colombia in recent decades has positioned itself as one of the most important production lines for the economic, social and cultural development of the country. However, its progress and consolidation have been limited by the low availability of protein and energy materials of high biological value and low cost, for the production of concentrates. Reason that has led to the implementation of this research, which seeks to generate a food alternative through the evaluation of the effect of hydrolyzed protein from trout viscera concentrated by mechanical separation (PHCVT), on the productive and economic response of fingerlings from Red tilapia (*Oreochromis* spp).

The nutritional effect of the enzymatic hydrolyzate of trout viscera was evaluated in the feeding of 180 red Tilapia reverse fingerlings with an average weight of 12 ± 2.0 grams, which were distributed under a completely randomized design, with 5 treatments and 3 replicates for each one, and were fed with a reference diet with 100% fishmeal (T1) and four experimental diets; T2 (75% fishmeal + 25% PHCVT), T3 (50% fishmeal + 50% PHCVT), T4 (25% fishmeal + 75% PHCVT) and T5 (100% PHCVT). The productive and economic response parameters analyzed were; parameters of growth, productive and economic use.

Statistical analysis of the collected data was performed using the SAS (Statistical Analysis System) program version 9.4. Which allowed to determine by means of the Tukey test that there were statistical differences between the means of the results, being the T4 treatment (25% fishmeal + 75% PHCVT) the one with the best behavior against growth, nutritional use and profitability economic. Results that verify the biofunctionality and quality of the concentrated hydrolyzed protein from trout viscera when replacing it with fishmeal up to 75% in the diet of red Tilapia fingerlings.

Keywords: Trout viscera, food alternative, biological value, Red Tilapia.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS.....	17
1.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2. MARCO REFERENCIAL	18
2.1. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1.1. Panorama del sector piscícola.	18
2.1.1.1. <i>Estado a nivel mundial</i>	18
2.1.1.2. <i>Estado a nivel nacional.</i>	18
2.1.1.3. <i>Estado a nivel local.</i>	18
2.1.2. Descripción general de la Tilapia roja	18
2.1.2.1. <i>Clasificación taxonómica</i>	19
2.1.2.2. <i>Morfología externa e interna de la Tilapia roja.</i>	19
2.1.3. Biología, distribución y hábitos alimenticios de la Tilapia roja	20
2.1.4. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja.	20
2.1.5. Condiciones ambientales para la producción y crecimiento adecuado de la Tilapia roja.	21
2.1.6. Hidrolizado de residuos piscícolas como alternativa nutricional en Tilapia roja	21

2.2. MARCO HISTÓRICO	22
2.2.1. Antecedentes	22
3. METODOLOGÍA.....	26
3.1. LOCALIZACIÓN	26
3.2. MATERIAL BIOLÓGICO	26
3.2.1. Obtención de proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	26
3.2.2. Obtención de alevinos de Tilapia roja (<i>Oreochromis spp</i>).....	29
3.3. FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS	29
3.4. PLAN DE MANEJO	33
3.5. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS	34
3.6. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ECONÓMICOS.....	36
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	36
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA	38
4.2. PARÁMETROS PRODUCTIVOS	39
4.2.1. Parámetros de crecimiento obtenidos en alevinos de Tilapia roja alimentados con dietas a partir de la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.	39
4.2.1.1. Incremento de peso (IP) y talla (IT).....	39
4.2.1.2. Tasa de crecimiento diaria (TCD) e instantáneo (TCI).....	42

4.2.1.3. Coeficiente térmico de crecimiento (CTC)	45
4.2.2. Parámetros de aprovechamiento nutritivo obtenidos en alevinos de Tilapia roja alimentados con dietas a partir de la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha	46
4.2.2.1. Consumo de alimento (CA), índice de conversión alimenticia (ICA) y tasa de alimentación diaria (TAD)	47
4.2.2.2. Tasa de eficiencia proteica (TEP)	50
4.2.2.3. Tasa de eficiencia energética (TEE)	52
4.3. PARÁMETROS ECONÓMICOS	54
4.3.1. Parámetros económicos obtenidos en alevinos de Tilapia roja alimentados con dietas a partir de la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha	54
4.3.1.1. Precio de la dieta (PD)	55
4.3.1.2. Índice de conversión económico (ICE), índice rentabilidad económica (IRE) y beneficio neto (BN)	56
4.3.1.3. Incremento del beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM)	59
5. CONCLUSIONES	63
6. RECOMENDACIONES	64
7. BIBLIOGRAFÍA	65
8. ANEXOS	79

FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Morfología externa e interna de la Tilapia roja.	19
Figura 2. Elaboración de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).	27
Figura 3. Concentración de la proteína mediante procesos de separación mecánica.	28
Figura 4. Preparación de las dietas.	31
Figura 5. Selección y transporte de alevinos de Tilapia roja (<i>Oreochromis spp</i>).	34
Figura 6. Biometría realizada a los alevinos de Tilapia roja.	35
Figura 7. Incremento de peso (IP).	40
Figura 8. Incremento de talla (IT).	41
Figura 9. Tasa de crecimiento diaria (TCD).	43
Figura 10. Tasa de crecimiento instantáneo (TCI) (%/día).	43
Figura 11. Coeficiente térmico de crecimiento (CTC).	45
Figura 12. Consumo de alimento (CA).	48
Figura 13. Índice de conversión alimenticia (ICA).	48
Figura 14. Tasa de alimentación diaria (TAD).	49
Figura 15. Tasa de eficiencia proteica (TEP).	51
Figura 16. Tasa de eficiencia energética (TEE).	53
Figura 17. Precio de la dieta (PD).	55
Figura 18. Índice de conversión económico (ICE).	57
Figura 19. Índice de rentabilidad económica (IRE).	58

Figura 20. Beneficio neto (BN).	58
Figura 21. Incremento del beneficio neto (IBN).	60
Figura 22. Tasa de retorno marginal (TRM).	61

CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja.	21
Cuadro 2. Balance nutricional de dietas experimentales (g/kg de peso seco).	30
Cuadro 3. Composición nutricional de dietas experimentales (%).	31
Cuadro 4. Tratamiento y variables de respuesta para la evaluación de parámetros productivos y económicos en alevinos de Tilapia roja.	36
Cuadro 5. Composición química y microbiológica de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.	38
Cuadro 6. Valores medios obtenidos para los parámetros de crecimiento.	39
Cuadro 7. Valores medios obtenidos para los parámetros de aprovechamiento nutritivos.	46
Cuadro 8. Valores medios obtenidos para los parámetros económicos.	54

ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formato registro de alimentación de los peces.	79
Anexo B. Formato registro de temperatura del agua.	80
Anexo C. Formato registro de biometrías.	81
Anexo D. Formato registro de mortalidad.	82

INTRODUCCIÓN

La producción mundial acuícola representada por la pesca de captura y la acuicultura, posiciona al sector pesquero como uno de los mayores contribuidores en el mantenimiento de la soberanía y seguridad alimentaria de la población mundial (FAO, 2022), debido a que presenta un crecimiento sostenible del 0,2% (400 mil toneladas/anuales), aporta nutrientes esenciales en cantidad y calidad apropiada para la dieta de una población que cada día demanda mayor disponibilidad de alimentos (MADR, 2021); además, permitir un mayor crecimiento económico para los países en vía en desarrollo, como Colombia, el cual posee condiciones ambientales e hidrobiológicas adecuadas para la producción de especies acuáticas (AUNAP, 2014).

Las diferentes especies de peces son altamente apreciadas e importantes para la suplementación de dietas alimentarias humanas y de animales, puesto que proporcionan altos contenido de proteínas y aminoácidos esenciales, además ácidos grasos poliinsaturados y micronutrientes (MINSALUD, 2015), aportes nutricionales que los han convertido en un alimento que proporciona el 17% de proteína de origen animal y el 7% de todas las proteínas consumidas en el mundo (FEDEACUA, 2018). En relación a lo anterior se ha demostrado que mientras la población mundial crece a una tasa media anual de 1,6% el consumo per cápita de pescado crece a una tasa del 2,6%, prácticamente el doble; lo que permite evidenciar que el sector piscícola puede contribuir a solventar las necesidades proteicas de la población en las próximas décadas (FAO, 2022).

El incremento de consumo per cápita ha creado una relación estrecha entre demanda y oferta del producto, llevando al sector a ser más competitivo en el mercado y a mejorar sus técnicas de producción para cumplir con el desafío de suplir la demanda de proteína de alta calidad (INFOPECA, 2019); necesidad que se ha ido garantizando paulatinamente gracias al crecimiento sostenido de la acuicultura continental, marina y costera, la cual representa una producción mundial de 57,4 millones de toneladas de pescado; sin embargo, a medida que se incrementa la producción se genera mayor requerimiento de harina y aceite de pescado para la elaboración de alimentos. En la actualidad se resalta que, de los 177,8 millones de toneladas producidas de la pesca y la acuicultura 20,4 millones son para usos no alimentarios, principalmente para la elaboración de harina y aceite de pescado materias proteicas y energéticas altamente usadas en dietas para peces (FAO, 2022).

Dentro de la acuicultura el sector que mayor presenta demanda harina de pescado es la producción de peces continentales, las cuales actualmente a nivel mundial se

producen 54,4 millones de toneladas (FAO, 2022); en las que Colombia participa con 179.351 toneladas, correspondientes al 0,3% de la producción mundial, con un aporte del 0,3% al PIB nacional y 3,3% al PIB agropecuario, contribución que se ha originado a partir de la producción de tres especies, tilapia, cachama y trucha. La tilapia representó el 58% (104.023 toneladas) del renglón piscícola nacional (MADR, 2021). Este panorama muestra que el país tiene gran potencial para obtener un mayor progreso del sector acuícola, sin embargo, su avance se ve limitado por los altos costos en la alimentación que no permiten mejorar la rentabilidad de las unidades productivas (INFOPECA, 2019).

Al intensificar los sistemas de producción piscícola se genera una mayor dependencia de alimentos de alta calidad, elaborados con materias proteicas de alto valor biológico y baja disponibilidad en el mercado, lo que ocasiona que la alimentación represente hasta un 70% de los costos de producción en las unidades piscícolas, situación que no permite al piscicultor obtener un margen de rentabilidad óptimo (Nurdiani *et al.*, 2016; Sanches *et al.*, 2019). Escenario, que conlleva a la búsqueda y desarrollo de nuevas alternativas proteicas locales que puedan sustituir parcial o totalmente las materias primas convencionales (Perea *et al.*, 2018).

El aprovechamiento de los subproductos del proceso de eviscerado de los animales mediante técnicas de bioconversión ha representado una alternativa de alto valor nutricional y económico, con la cual se puede sustituir la harina de pescado como materia proteica y lipídica para mejorar la producción y rentabilidad de los sistemas productivos piscícolas (López *et al.*, 2015; Hoyos *et al.*, 2018); por ello, se realizó esta investigación con el fin de evaluar el efecto de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en la respuesta productiva y económica de alevinos de *Oreochromis* spp como alternativa nutricional y económica.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en la respuesta productiva y económica de alevinos de *Oreochromis* spp como alternativa nutricional.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el efecto de la utilización de dietas extruidas con la sustitución de la harina de pescado por proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica, en el crecimiento y aprovechamiento nutritivo de alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis* spp) como alternativa alimenticia.
- Estimar la respuesta económica de la sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica, en dietas extruidas para alevinos de *Oreochromis* spp como alternativa proteica.

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Panorama del sector piscícola. La producción de pescado representa un gran potencial para el desarrollo económico y social de las naciones, pues genera alimentos de alto valor nutricional debido a su alto aporte proteico y energético, siendo muy apetecidos en el mercado; situación que origina un incremento en la demanda y la oferta del producto, llevando a las piscifactorías a incrementar su capacidad para cumplir con la creciente demanda (Beltran *et al.*, 2017).

2.1.1.1. Estado a nivel mundial. La producción piscícola mundial alcanzó un total de 57,4 millones de toneladas en el año 2022; valor que fue generado por la cría de animales acuáticos en zonas continentales como marinas, dominadas por la obtención de peces aleta, como la carpa, la tilapia, el salmón y la trucha, entre otras (FAO, 2022).

2.1.1.2. Estado a nivel nacional. En Colombia la acuicultura está representada principalmente por la producción de peces. Eslabón que genera 179.351 toneladas de pescado al año; cantidad que es obtenida por la actividad acuícola desarrollada en los 32 departamentos del país, entre los cuales se destacan en su orden, Huila con una participación del 39% (69.946t), Meta 11% (19.728 t), Tolima 10% (17.935 t), Cundinamarca-Boyacá 6% (10761 t), Antioquia 4% (7174 t) y Córdoba 3% (5.380 t); territorios que se dedican a la cría semi-intensiva e intensiva de tilapias las cuales aportan el 58% (104.023 t), cachamas 19% (34.076 t) y trucha 16% (28.696 t) de la producción nacional (MADR, 2021).

2.1.1.3. Estado a nivel local. El Cauca se encuentra entre los 13 departamentos de mayor producción acuícola a nivel nacional, aportando 2.686 toneladas anuales de trucha y tilapia principalmente. Dicha producción, es desarrollada principalmente por pequeños y medianos productores de diversas etnias (afros, indígenas y campesinos) que se han agremiado en diversas asociaciones y microempresas, contribuyendo a la transformación y comercialización del producto (Perea *et al.*, 2018; MADR, 2021).

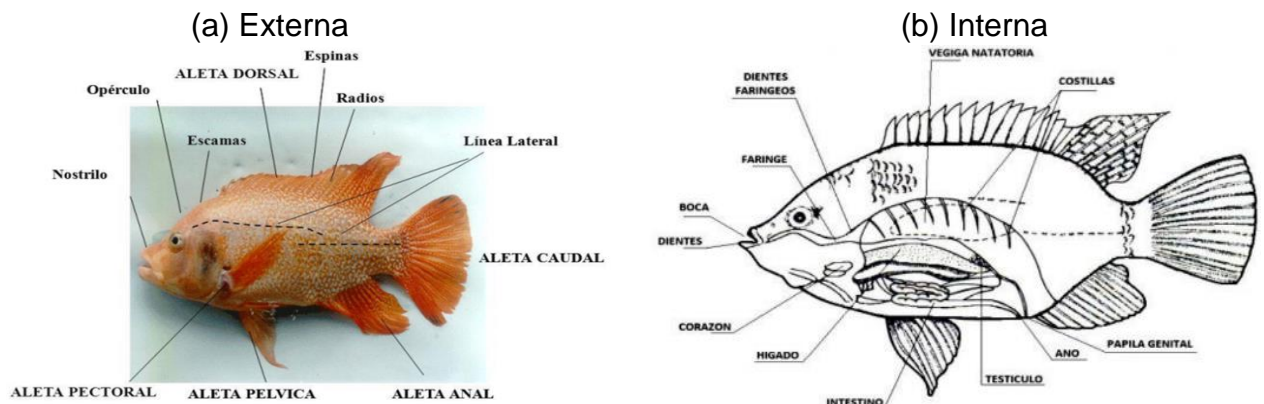
2.1.2. Descripción general de la Tilapia roja. La Tilapia roja es la especie de mayor producción en Colombia, debido a su fácil manejo, resistencia a enfermedades y a variaciones ambientales; además, de su eficiente conversión alimenticia tanto de piensos artificiales y fuentes naturales. Características que

permiten la evaluación e incorporación de alternativas nutricionales en su alimentación (Camero *et al.*, 2018).

2.1.2.1. Clasificación taxonómica. La Tilapia roja es un pez teleósteo del orden perciforme, perteneciente a la familia Cichlidae, originario de África y del Cercano Oriente. Se dice que es un tetrahíbrido resultante del cruce de las cuatro especies más representativas del género *Oreochromis*: *aureus*, *niloticus*, *mossamhicus* y *hormorum*; sin embargo, hoy en día se pueden obtener ejemplares con el cruce entre dos o tres especies de las citadas, por lo que es difícil establecer el origen exacto de los ejemplares a estudiar. Corresponde al reino animalia, filo chordata, clase actinopterygii y subfamilia pseudocrenilabrinae (Méndez *et al.*, 2018).

2.1.2.2. Morfología externa e interna de la Tilapia roja. La Tilapia roja normalmente tiene el cuerpo comprimido y de forma discoidal, presenta un solo orificio nasal a cada lado de la cabeza, la boca es protráctil con mandíbulas que contienen dientes cónicos y en algunas ocasiones incisivos. Poseen aletas pares e impares para su locomoción. La diferenciación de los machos y las hembras se basa en el dimorfismo sexual, igualmente los machos presentan dos orificios ventrales (anal y urogenital), mientras que la hembra posee tres (anal, genital y urinario) (Rodríguez *et al.*, 2018). El sistema digestivo se inicia en la boca seguido por el esófago hasta el estómago (donde se realiza la digestión ácida), luego se encuentra el intestino (en el que se realiza la digestión básica) el cual por ser de una especie omnívora presenta un gran tamaño (llegando a representar entre cuatro a siete veces la longitud del pez), unido a este hay dos glándulas, el hígado y el páncreas, en las que antes se disponen los ciegos pilóricos (Fattah, 2019). El sistema circulatorio está compuesto por el corazón, ubicado en la base de la garganta; la respiración es branquial y posee una vejiga natatoria, que ayuda al pez a flotar en diferentes profundidades. El sistema excretor se constituye de un riñón y unos uréteres que se encuentran en la vejiga y descargan en la cloaca (López *et al.*, 2019). En la Figura 1, se ilustra la morfología externa e interna de la Tilapia roja.

Figura 1. Morfología externa e interna de la Tilapia roja.



Fuente: Fattah, 2019.

2.1.3. Biología, distribución y hábitos alimenticios de la Tilapia roja. Los machos de Tilapia roja alcanzan mayor tamaño que las hembras, regularmente pueden llegar a pesar entre 1000 g y 3000 g. La madurez sexual se logra a la edad de 4 a 6 meses en machos y de 3 a 5 meses en hembras. Las hembras pueden desovar en promedio de 5 a 8 veces/año a temperaturas de 25 a 31°C, generando una producción promedio de hasta 1500 huevos en cada desove, los cuales tienen un tiempo de incubación bucal de 3 a 6 días y su longevidad reproductiva es de 2 a 3 años (Alvarado, 2015).

Las tilapias son originarias de África, de donde se distribuyeron de forma acelerada a zonas tropicales y subtropicales del mundo, produciéndose en 85 países (Terrones *et al.*, 2018; Jácome *et al.*, 2019). En el ámbito internacional la primera especie comercial de tilapia fue *Oreochromis mossambicus*, la cual se introdujo directamente al Instituto Nacional de Piscicultura Tropical en la ciudad de Buga-Colombia en 1957. Posteriormente, se volvieron a introducir ejemplares en 1959 desde México, para la subsistencia de pequeños piscicultores rurales, los cuales no hicieron un buen manejo técnico al sistema, ocasionando que la especie escapara a los ríos principales, perdiendo su potencial productivo y convirtiéndose en antagonista de especies ícticas nativas (FAO, 2021).

Todas las especies del género *Oreochromis* son por definición omnívoros, pero tienen una tendencia hacia una dieta vegetariana. Las larvas se alimentan de zooplancton mediante filtración, los individuos adultos se alimentan de zooplancton, fitoplancton e insectos en el medio natural (Mauricio *et al.*, 2021). En sistemas productivos, toleran muy bien la alimentación artificial, lo que proporciona una buena conversión alimenticia, consiguiendo altos rendimientos de carne en un corto plazo (Sanchez *et al.*, 2019). Sin embargo, para obtener buenos resultados productivos, se debe considerar que la cantidad y la calidad de la dieta cambian según la fase de desarrollo del pez; además, el manejo de la temperatura y el suministro del alimento puede afectar de forma directa la tasa de crecimiento y el factor de conversión alimenticia (Gutierrez *et al.*, 2018).

2.1.4. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja. En los sistemas intensivos de tilapia, el alimento es proporcionado en forma de pellets, los cuales son elaborados teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales óptimos para cada fase fisiológica establecida según el peso del pez (Perea *et al.*, 2018). A continuación, en el Cuadro 1, se presentan los requerimientos nutricionales de la Tilapia roja.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales de la Tilapia roja.

Requerimientos	Alevinaje (3-15 g)	Levante (15-100 g)	Engorde (100 g hasta sacrificio)
Proteína Cruda (%)	35-38	32	24-26
Lípidos (%)	5-7	8-10	6-12
Energía digestible (Kcal/Kg)	3000	3000-3200	2500-3400
Carbohidratos digeribles	25	25	25
Fibra cruda (%)	3-5	3-5	4-8
Calcio (%)	0,7-1,5	1,5-2	1,2-2
Fósforo (%)	0,75-1,1	1-1,5	0,9-1,5
Lisina (%)	2,2	2	1,5
Metionina (%)	1	1,5	0,75

Fuente: Perea *et al.*, 2018; Mirabent *et al.*, 2019.

2.1.5. Condiciones ambientales para la producción y crecimiento adecuado de la Tilapia roja. El crecimiento de los peces está determinado fundamentalmente por la cantidad de alimento ingerido (energía y nutrientes) y por las condiciones ambientales y fisicoquímicas del agua adecuadas para un buen desarrollo (Valenzuela *et al.*, 2018; Fernandez *et al.*, 2015). La temperatura del agua debe estar entre 25 a 30°C, el oxígeno disuelto de 4 a 5 mg/l, el pH de 6,5 a 8,5; DQO y DBO₅ de 4 a 6 mg/l, la dureza máxima de 75 mg/l, alcalinidad de 20 a 200 mg/l, nitritos 0,1 mg/l, amonio < 1 mg/l y salinidad de 10 a 15 ppm (Perea *et al.*, 2018; García, 2018; Valenzuela *et al.*, 2018). En cuanto a la cantidad de alimento, el crecimiento será máximo con una alimentación "a saciedad", aunque el índice de conversión puede aumentar, por lo que la tasa de alimentación óptima debe venir determinada por la eficiencia económica, considerando tanto el coste del alimento como el valor de la biomasa de los peces (Valenzuela *et al.*, 2018).

2.1.6. Hidrolizado de residuos piscícolas como alternativa nutricional en Tilapia roja. El proceso de hidrólisis se define como la descomposición (grado de hidrólisis) de proteínas en péptidos de varios tamaños (Hoyos *et al.*, 2018). Esta bioconversión puede lograrse a partir de la acción enzimática en medios ácidos o básicos, en los que habitualmente se adicionan ácidos orgánicos (fórmico, acético, láctico y propiónico), que generan un producto pastoso, semilíquido y estable a nivel nutricional, que puede ser obtenido de pescado entero o partes del mismo (Ribeiro *et al.*, 2017; Handayani *et al.*, 2017).

De acuerdo a lo anterior, el hidrolizado proteico de subproductos obtenidos del faenamiento animal es una alternativa nutricional proteica, que puede presentar

contenidos de proteína superiores al 60%, lípidos entre 20 a 30%, y bajos contenidos de cenizas (menores al 20%), nutrientes altamente atractivos y palatables que son fácilmente digestibles y absorbibles por el sistema metabólico del animal (Ortega *et al.*, 2015). El reemplazo de la harina de pescado por proteína hidrolizada de subproductos del faenamiento de peces, ha mostrado efectos positivos en la productividad y el estado inmunológico en varias especies de peces, principalmente en las fases tempranas de su desarrollo (Da Silva *et al.*, 2017).

2.2. MARCO HISTÓRICO

2.2.1. Antecedentes. Las investigaciones citadas a continuación revelan la utilización a nivel nacional e internacional de hidrolizados de subproductos de origen animal en dietas para peces como alternativa nutricional.

En Sudáfrica, se realizó un estudio donde se determinó el potencial de tres hidrolizados de proteína de pescado (FPH); un ensilaje de vísceras de Trucha arcoíris preparado artesanalmente y dos productos comerciales FPH a partir de camarones y subproductos marinos mixtos como ingredientes dietéticos para la tilapia Mozambique (*Oreochromis mossambicus*). Para ello, se incluyó cada ingrediente en dos niveles dietéticos; un nivel bajo donde la proteína hidrolizada contribuyó con 20 g kg⁻¹ de proteína a la dieta y un nivel alto donde el aporte proteico fue 40 g kg⁻¹. Los resultados demostraron que los tres productos FPH mantuvieron altas tasas de crecimiento específico por encima del 2,5% del peso corporal por día en ambos niveles de inclusión y que no hubo impactos negativos en el rendimiento de la producción, la salud animal o la morfología bruta intestinal en comparación con el control (Goosen *et al.*, 2015).

En Cauca-Colombia, se valoró económicamente la utilización de ensilaje químico de vísceras de trucha en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*); para lo cual, se prepararon cuatro dietas balanceadas con la inclusión del 0%, 10%, 20% y 30% del ensilaje en base seca. Se evaluaron los índices de conversión y de rentabilidad económica, al igual que análisis de presupuestos parciales. Los resultados demostraron que con la inclusión del 20% de ensilaje en la dieta, se logra mayor retribución económica asociada al costo de la alimentación por kilogramo de carne de pescado producido (Perea *et al.*, 2018).

En Australia, se evaluó el efecto de la inclusión de hidrolizado de atún en dietas balanceadas para juveniles de barramundi (*Lates calcarifer*), sobre el crecimiento, respuesta inmune innata, salud intestinal y resistencia a la infección por

Streptococcus iniae. Para ello, se prepararon cinco dietas experimentales isonitrogenadas e isoenergéticas con hidrolizado de atún, reemplazando la harina de pescado a niveles de 0% (control) 5%, 10%, 15% y 20%. Los resultados mostraron que los peces alimentados con dietas que contenían el 5% y 10% de hidrolizado de atún mejoraron el crecimiento, la respuesta inmune, salud intestinal y resistencia a enfermedades en el barramundi (Siddik *et al.*, 2018).

En Cauca-Colombia, se evaluaron las condiciones de rendimiento y caracterización química de la harina de proteína hidrolizada obtenida del ensilaje químico de subproductos de trucha. Los subproductos mostraron un nivel de lípidos y proteínas cercano al 90% en materia seca. El grado de hidrólisis obtenido fue cercano al 62%, condición que facilitó la extracción de la fracción lipídica y la obtención de una harina de proteína hidrolizada libre de grasa, lo que permite su uso como aditivo en la formulación de dietas para animales. Además, se realizó una prueba de digestibilidad con pepsina que mostró una digestibilidad superior en comparación con la harina de pescado comercial, lo que crea una ventaja en relación con la absorción y aprovechamiento nutricional (Hoyos *et al.*, 2018).

En Ecuador, se desarrolló la producción por vía enzimática de hidrolizados proteicos obtenidos a partir de vísceras de pescado. Los resultados revelaron que el hidrolizado contiene nueve aminoácidos esenciales y seis no esenciales, lo cual demuestra que tienen potencial para ser utilizados en alimentación de animales; de acuerdo con lo anterior, este producto representan una alternativa más sustentable que la producción de harina de pescado, sumado a su fácil producción, bajos requerimientos de infraestructura y equipamiento, facilitando su aplicación en pequeñas comunidades pesqueras (Osorio *et al.*, 2018).

En Guatemala, se evaluó un ensilado químico de residuos de tilapia en dietas de pollo de engorde, utilizando como tratamiento control un alimento comercial y tres dietas, constituidas, una por la mezcla del 50% alimento comercial con 50% ensilado de pescado, la segunda compuesta por 50% maíz y 50% ensilado de pescado y la tercera fue una dieta exclusiva de maíz. Los resultados demostraron que el tratamiento control fue el que presentó el mayor crecimiento y mayor tasa marginal de retorno con un 90.64%, el tratamiento de 50% alimento comercial con 50% ensilado de pescado presentó el segundo mejor resultado en crecimiento, pero una tasa marginal de retorno baja con un 14.22%, los demás tratamientos presentaron un crecimiento bajo y nula rentabilidad (González *et al.*, 2018).

En Brasil, se evaluó el coeficiente de digestibilidad aparente (CDA), el rendimiento productivo y crecimiento de las fibras musculares del hidrolizado de proteína de

pescado, elaborado a partir de subproductos de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y sardinas enteras (*Cetengraulis edentulus*) para postlarvas de Tilapia del Nilo. La producción de hidrolizado consistió en 80% de residuos del fileteado de Tilapia del Nilo y 20% sardina. Los análisis demostraron que los valores de CDA encontrados fueron: 98,29% para materia seca; 99,28% para la proteína cruda; y 99,13% para energía bruta. La mejor respuesta zootécnica para el desempeño productivo fue resultante del tratamiento con la inclusión de hidrolizado de pescado al 4,75%. A partir de los resultados se concluye que el hidrolizado de subproductos se puede utilizar de forma eficiente hasta un 4,75% en dietas para post-larvaria de Tilapia del Nilo (Da Silva *et al.*, 2017).

En Tolima-Colombia, se determinó el contenido de proteína, humedad, grasa y cenizas, de un aislamiento de proteína obtenido de vísceras de tilapia (*Oreochromis* spp), el cual fue hidrolizado con enzimas gastrointestinales (pepsina, pancreatina y la mezcla entre las dos), los resultados demostraron que la proteína de vísceras estuvo cerca del 28% (base seca). Los grados de hidrólisis alcanzados con pepsina, pancreatina fueron 5,25, 22,22 y 23,83% respectivamente. Los datos obtenidos permitieron concluir que la pancreatina y la combinación de esta con la pepsina presentan mayor grado de hidrólisis, lo cual indica que subproductos viscerales de tilapia con grado de hidrólisis adecuado pueden convertirse en una excelente alternativa alimentaria para animales (Ramírez *et al.*, 2016).

En la India, se evaluó la eficiencia de una proteína animal fermentada que contenía sangre de matadero (SHB) y despojos de pescado (FO) como sustituto de la harina de pescado (FM) en la dieta de alevines de (*Labeo rohita*). Para ello se prepararon cinco alimentos isoproteicos (30%), isolipídicos (8%) e isoenergéticos ($15,00 \text{ kJ g}^{-1}$) reemplazando 0%, 25%, 50%, 75% y 100% la harina de pescado por la proteína animal. Los resultados demostraron que los peces alimentados con hasta el 75 % del nivel de reemplazo no mostraron ninguna diferencia significativa en ganancia de peso, tasa de crecimiento específico, índice de conversión alimenticia, índice de eficiencia proteica y utilización neta aparente de proteína entre los grupos dietéticos. Sin embargo, el índice de conversión alimenticia aumentó y otros parámetros de crecimiento se redujeron significativamente en el grupo de reemplazo del 100 % (Samaddar *et al.*, 2015).

En Tailandia, se estudiaron los efectos del hidrolizado de vísceras de atún obtenido a partir de la acción de diferentes enzimas, en el rendimiento del crecimiento de lubina asiática como alternativa suplementaria de la harina de pescado. La proteína hidrolizada de vísceras fue incluida en seis dietas con niveles de sustitución del (40% y 60%, respectivamente), e igualmente se utilizó cuatro dietas de referencia en las que se incluyó una dieta a base de subproductos de aves de corral y otra de harina de pescado. Al analizar los resultados se concluyó que los peces alimentados

con dietas suplementadas con hidrolizados de vísceras mejoraron su ingesta en un 25,4% a 41,0%, lo que aumentó significativamente el rendimiento del crecimiento, permitiendo obtener beneficios en el rendimiento al disminuir la tasa de inclusión de harina de pescado (Chotikachinda *et al.*, 2018).

3. METODOLOGÍA

La metodología que se implementó para la evaluación del efecto de la proteína hidrolizada de vísceras de trucha concentrada por separación mecánica en la respuesta productiva y económica de alevinos de *Oreochromis* spp como alternativa nutricional, se describe a continuación.

3.1. LOCALIZACIÓN

La investigación se efectuó en el Laboratorio de Biotecnología y caseta de bioensayo para peces de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca (vereda Las Guacas municipio de Popayán-Colombia), localizado a 2°45'08,91 Latitud Norte y 76°31'28,84 Longitud Oeste, con una altura de 1.733 msnm, temperatura media de 19°C y precipitación de 1.800 mm anuales.

3.2. MATERIAL BIOLÓGICO

En la investigación se utilizaron subproductos viscerales de Trucha arcoíris para la obtención de proteína hidrolizada concentrada y alevinos de Tilapia roja.

3.2.1. Obtención de proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (*Oncorhynchus mykiss*): Para ello, primero se elaboró el hidrolizado a partir de residuos viscerales, que fueron proporcionados por la asociación APROPESCA (Asociación productora y comercializadora de productos acuícolas y agrícolas del municipio de Silvia), los cuales se mezclaron con 2,5% de ácido fórmico al 85% masa/volumen, 0,25% de benzoato de sodio como antifúngico, 0,1% de Butil-Hidroxi-Tolueno como antioxidante, hasta lograr una mezcla homogénea (Hoyos *et al.*, 2018), seguidamente el hidrolizado se almacenó en recipientes plásticos cerrados de 40 kg, con un espacio de cabeza del 30%, a temperatura ambiente hasta el séptimo día, en el cual se logró un grado de hidrólisis proteica de $50,67 \pm 2,57\%$ con un pH 3,64. Alcanzado estos parámetros, se tamizó el hidrolizado para eliminar el exceso de desechos viscerales y se detuvo el grado de hidrólisis mediante secado en horno a temperatura de 60°C durante 12 horas (Perea *et al.*, 2018; Auwal *et al.*, 2019). Proceso que se detalla a continuación en la Figura 2.

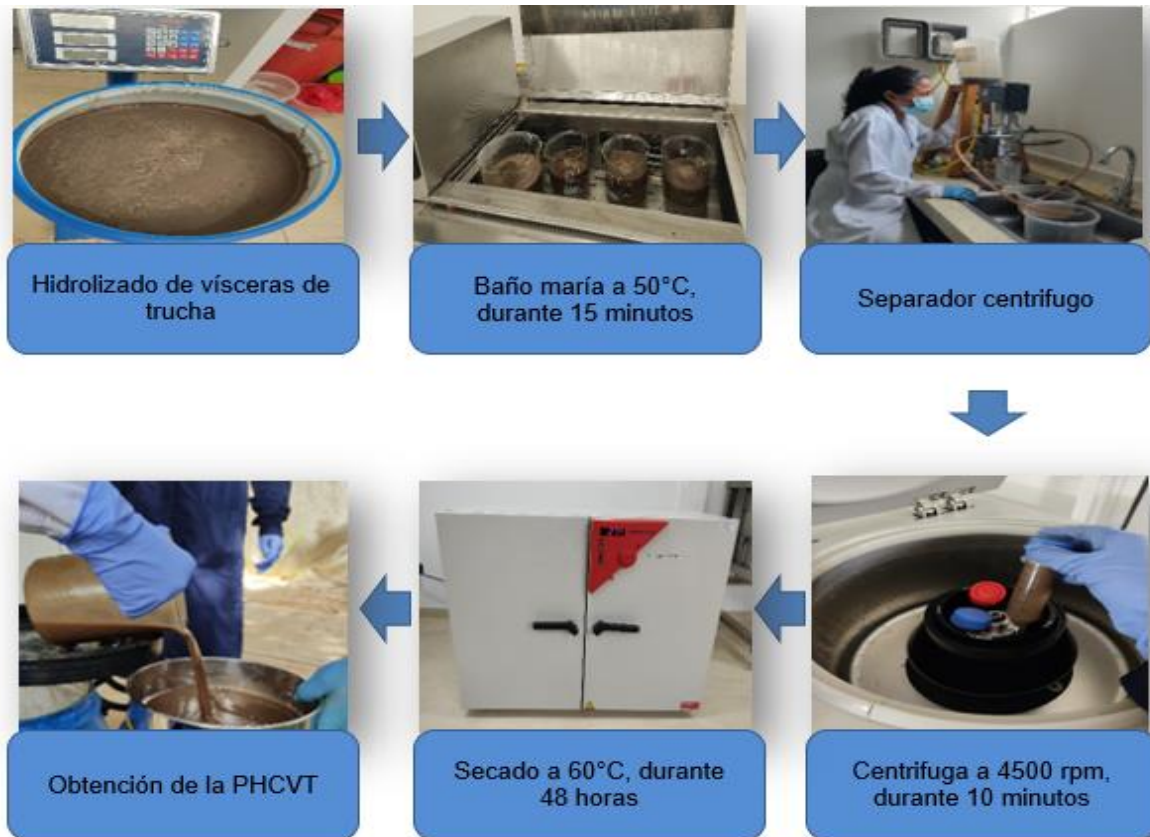
Figura 2. Elaboración de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).



Fuente: Este estudio, 2023.
*BHT: Butil-Hidrox-Tolueno

Después de la estabilización del hidrolizado de acuerdo al grado de hidrólisis, se procedió a la concentración de la proteína mediante procesos de separación mecánica. Para lo cual, inicialmente el producto se introdujo a baño maría a 50°C por 15 minutos, con el propósito de incrementar la temperatura y bajar su densidad. Posteriormente se ingresó por el separador centrífugo, permitiendo la separación de líquidos inmiscibles de diferentes densidades (sólido-líquido y aceites). Así finalmente, la estructura más densa (sólido-líquido) se pasó a centrifugar a 4500 rpm por 10 minutos separando la mayor cantidad de sólidos del agua y aceite sobrante (Zapata *et al.*, 2015). Los sólidos se llevaron al horno de conversión forzada a 60°C durante 48 horas, obteniendo así la proteína hidrolizada concentrada con una humedad entre el 8 y 10% (Rúales *et al.*, 2018). Proceso que se detalla en la Figura 3.

Figura 3. Concentración de la proteína mediante procesos de separación mecánica.



Fuente: Este estudio, 2023.

*PHCVT: Proteína hidrolizada de vísceras de trucha

Obtenida la proteína concentrada se envió muestras al laboratorio para realizar análisis químico y bromatológico, donde se determinó el perfil de materia seca, según (AOAC 934,01; AOAC, 1990), Cenizas (AOAC 942,05; AOAC, 1990), Proteína Cruda (Kjeldahl,1883), Extracto Etéreo (AOAC 920.39; AOAC, 1990), Fibra Cruda (AOAC 962,09; AOAC,1990), Energía Bruta con bomba calorimétrica de chaqueta CAL2k® (Carmona et al., 2009), Calcio (AOAC 985,35; AOAC, 2005) y Fósforo (AOAC 995,11; 2012). También se determinó la digestibilidad in vitro de la proteína, Para lo cual, se pesaron $\pm 0,5$ g de la muestra, a la que se le agregaron 25 ml de solución tampón fosfato y 10 ml de HCl hasta ajustar el pH a 2,0. Posteriormente, se le adiciono 1 ml de pepsina y 0,5 ml de la solución chloramphenicol. Se colocó en baño maría a 39°C durante dos horas bajo agitación suave y constante. Luego se filtró usando crisoles filtrantes, el residuo se lavó con 10 ml de etanol al 96% y 10 ml de acetona 99,5%. Finalmente se secó el residuo en horno a 60°C hasta peso constante. Los resultados se evidencian en el Cuadro 5, análisis de resultados.

Para la caracterización microbiológica, se realizó recuento de aerobios mesófilos utilizando Agar plate count, incubando las muestras a 35°C por 48 horas (NTC 4519; NTC, 2009); método de número más probable (NMP) para coliformes totales, sembrando en tubos de fermentación en caldo brilla e incubando a 35°C, por un periodo de 24 a 48 horas (NTC 4516; NTC 1998) y potato dextrosa agar (PDA) para mohos y levaduras, que se mantuvo a una temperatura de 25°C hasta el tercer y quinto día (NTC 4132; NTC 1997). Los resultados se evidencian en el Cuadro 5, análisis de resultados.

3.2.2. Obtención de alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis spp*). La proteína hidrolizada concentrada se evaluó en la dietas de 180 alevinos reservados de Tilapia roja con un peso promedio inicial de 12±2 g, estos peces fueron adquiridos en la organización piscícola PROPISCOL (Productora Piscícola de Colombia) localizada en el municipio de Santander de Quilichao departamento del Cauca; se distribuyeron 12 peces/tanque de 250 litros, para un total de 15 tanques, conectados a un sistema de recirculación cerrado, donde se evaluarán cinco dietas por un periodo de 42 días con 15 días de adaptación.

3.3. FORMULACIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS DIETAS

Una vez obtenida la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT) y su composición de nutrientes, se dispuso a formular (Cuadro 2) y mezclar todos los ingredientes necesarios para la preparación de cinco dietas isoproteicas e isoenergéticas de acuerdo a los requerimientos nutricionales de la especie en la fase de alevinaje (Figura 4). Cada dieta fue preparada con materias primas como harina de pescado, torta de soya, harina de maíz, harina de yuca, mogolla de trigo, harina de trigo, premezcla de vitaminas y minerales, entre otras; variando en proporciones la harina de pescado, la cual es la que se propuso sustituir por la proteína hidrolizada. Para ello, las dietas fueron dispuestas de la siguiente forma; T1 (100% harina de pescado), T2 (75% harina de pescado + 25% PHCVT), T3 (50% harina de pescado + 50% PHCVT), T4 (25% harina de pescado + 75% PHCVT) y T5 (100% PHCVT) (Cuadro 2). Todas las harinas se pulverizaron a un diámetro de 425 µm, se pesaron y posteriormente se mezclaron en una mezcladora SINMAG SM-401 durante 20 minutos, para luego añadir la proteína hidrolizada, la premezcla de vitaminas y minerales (Biomix), aminoácidos y sal. Seguido de un nuevo mezclado durante 30 minutos y secado bajo sol. La extrusión se realizó a una temperatura de 123°C en un extrusor doble tornillo marca Hake PolyLab, que permitió obtener pellets con un tamaño inferior a los 2 mm de longitud, los cuales se secaron en un horno BINDER a 50°C durante 4 horas hasta alcanzar una humedad final del 8% (Perea *et al.*, 2018; Yamamoto *et al.*, 2020).

Cuadro 2. Balance nutricional de dietas experimentales (g/kg de peso seco).

Materia prima	T1	T2	T3	T4	T5
	Control	75% HP + 25% PHCVT*	50% HP + 50% PHCVT	25% HP + 75% PHCVT	0% HP + 100%PHCVT
Harina de pescado	320,00	240,00	160,00	80,00	0,00
Harina trigo	39,00	29,98	1,50	6,50	1,00
Aceite vegetal	20,00	20,00	26,31	33,28	42,11
Fosfato Bicálcico	8,90	6,00	6,00	5,00	10,24
DL-metionina	5,70	3,50	3,47	4,00	3,45
Premix **	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Triptófano	2,60	2,20	2,90	4,07	25,30
Salvado de maíz	20,00	36,58	1,51	1,00	1,00
Torta de soya	360,00	360,00	360,00	340,69	298,32
Harina de maíz amarillo	101,80	61,51	10,00	10,00	1,00
Mogolla de trigo	42,00	17,10	20,00	20,00	1,00
Harina de yuca	30,00	86,47	187,20	186,29	227,95
Carbonato de calcio	0,00	6,65	11,11	19,16	18,63
Bentonita	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Proteína hidrolizada PHCVT	0,00	80,00	160,00	240,00	320,00
Sal	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Cr ₂ O ₃	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
TOTAL	1000	1000	1000	1000	1000

Fuente: Este estudio, 2023.

*PHCVT: Proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

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

Figura 4. Preparación de las dietas.



Fuente: Este estudio, 2023.

*PHCV: Proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha

Una vez obtenidos los pellets de las dietas con la humedad adecuada, se almacenan en recipientes plásticos cerrados para evitar la humedad y posibles daños por acción de microorganismos. La composición nutricional se cita en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición nutricional de dietas experimentales (%).

Nutriente	T1	T2	T3	T4	T5
	Control	75% HP + 25% PHCVT*	50% HP + 50% PHCVT	25% HP + 75% PHCVT	0% HP + 100%PHCVT
Proteína cruda	38,58	38,58	38,58	38,58	38,58
Extracto etéreo	5,41	5,391	5,52	6,24	7
Carbohidratos	34,38	36,34	38,00	38,85	39,95
Fibra cruda	1,44	1,35	1,23	1,21	1,04
Cenizas	14,02	12,14	10,28	8,241	6,05

Energía digestible (kcal/kg)	3102,12	3102,12	3102,12	3102,12	3102,12
Calcio	2,01	2,00	2,00	2,10	2,00
Fósforo	1,27	1,30	1,37	1,43	1,60
Metionina	1,50	1,30	1,30	1,40	1,30
Lisina	2,12	2,30	2,42	2,73	3,00
Triptófano	0,57	0,40	0,40	0,45	0,45
Treonina	0,95	1,17	1,38	1,60	1,83

Fuente: Este estudio, 2023.

*PHCVT: Proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

Las proteínas hidrolizadas, obtenidas por catálisis enzimática de subproductos viscerales, se han venido agregando como materia proteica en las dietas para diferentes especies de peces, debido a su alto valor biológico, dado a sus propiedades químicas (alto grado de hidrólisis, concentración de proteína soluble y aminoácidos) funcionales (quimioattractantes, palatabilidad y mejora del sistema inmunológico) y de valor nutritivo (digestibilidad) que conllevan a mejorar la eficiencia productiva, económica y ambiental de los sistemas piscícolas (Velazquez, 2020; Osiris *et al.*, 2018).

El análisis nutricional efectuado en cada una de las dietas, permite evidenciar que al ir sustituyendo paulatinamente la PHCVT, hay un incremento progresivo del contenido de algunos aminoácidos, como es el caso de la lisina y la treonina. Y al mismo tiempo también se presenta la disminución de metionina y triptófano (Cuadro 4), contraste que no afecta su utilización, pues sus niveles están por encima de los valores requeridos por la Tilapia roja para dicha fase. Además, de que al comparar los resultados con la investigación de Miticanoy & Vega (2021) con un hidrolizado enzimático de vísceras de pollo en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis* spp), sus valores son similares, obteniendo un contenido de lisina de 2,97%, metionina 1,45% y triptófano 0,48%. Igualmente, es importante resaltar que según Bringas *et al.*, (2018) y Villamil *et al.*, (2017), la limitación del triptófano y metionina en dietas con inclusión de proteína hidrolizada es aludida a que, es obtenida a través de un proceso de hidrólisis ácida, en el que se generan fuertes reacciones químicas necesarias, pero que causan la pérdida completa o parcial de algunos nutrientes requeridos en la alimentación de los peces (que pueden ser agregados sintéticamente en niveles exactos sin causar algún efecto secundario), lo que depende de la calidad de la materia prima o dieta experimental.

Anexado a lo anterior, la caracterización nutricional también demuestra que las dietas contienen; proteína en un 38,58%, extracto etéreo en un porcentaje máximo

del 7%, fibra cruda 1,44%, cenizas 12%, calcio 2,10% fósforo 1,60% y energía digestible de 3102,1 kcal/kg. Estos resultados son similares a los presentados por Khieokhajokhet & Surapon, (2020) y Terrones & Reyes, (2018) con hidrolizados de pescado y moluscos, incluidos en las dietas de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), en los evaluaron porcentajes de proteína alrededor del 32%, lípidos entre 7% y 14%, fibra cruda entre 0,91% y 2,17% y cenizas entre 10% y 12%.

3.4. PLAN DE MANEJO

Antes de la llegada de los peces (Figura 5), se realizó una adecuación y desinfección de las instalaciones, equipos y jaulas a utilizar, con hipoclorito de sodio y yodo a razón 100 ppm (OIE, 2019), igualmente se efectuó un tratamiento profiláctico con azul de metileno a una concentración de 1 gr/20 litros, para prevenir el brote de enfermedades causadas por el estrés del transporte (Vásquez *et al.*, 2018). El recambio del agua se realizó a razón de 80% al día y los parámetros fisicoquímicos se monitorearon tres veces durante el periodo de estudio, a través del método NANOCOLOR® con el PHOTOMETER PF-11, el cual permitió verificar; oxígeno disuelto, pH, alcalinidad de carbonatos, demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, amonio, nitritos y nitratos, según los requerimientos de la especie; la temperatura se tomó con un termómetro digital (Valenzuela *et al.*, 2018). Las dietas fueron suministradas hasta la saciedad aparente distribuida en 3 comidas (8:00, 12:00 y 16:00 h) al día (Yang *et al.*, 2019). Durante el proceso de evaluación se llevó registro de mortalidad, parámetros fisicoquímicos del agua, consumo de alimento y biometría.

Figura 5. Selección y transporte de alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis spp*).



Fuente: Este estudio, 2023.

3.5. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PRODUCTIVOS

Para evaluar los parámetros productivos se determinaron índices de crecimiento y de aprovechamiento nutritivo. En el crecimiento se evaluó el incremento de peso (IP), incremento de talla (IT), tasa de crecimiento diaria (TCD), tasa de crecimiento instantánea (TCI) y el coeficiente térmico de crecimiento (CTC), de acuerdo a las ecuaciones 1, 2, 3, 4 y 5 (Torres, 2019). Para el aprovechamiento nutritivo fueron analizados el consumo de alimento (CA), índice de Conversión alimenticia (ICA), tasa de alimentación diaria (TAD), tasa de eficiencia de la proteína (TEP) y tasa de la eficiencia energética (TEE), con relación a lo planteado a las ecuaciones 6, 7, 8, 9 y 10 (Carvalho *et al.*, 2017; Gutiérrez *et al.*, 2019). La mayoría de los parámetros calculados se encuentra en función al peso, para lo cual se realizó dos biometrías al inicio y al final del ensayo (Figura 6) práctica en la que los peces se anestesiaron con aceite de clavo a razón de 40 ppm y se pesaron en balanza digital con precisión a 0,1 g (Perea *et al.*, 2018; Castro, 2018).

Figura 6. Biometría realizada a los alevinos de Tilapia roja.



Fuente: Este estudio, 2023.

$$IP (g) = PF \text{ Peso final (g)} - PI \text{ Peso inicial (g)}. \quad (\text{Ec. 1})$$

$$IT (cm) = TF \text{ Talla final (cm)} - TI \text{ Talla inicial (cm)} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$TCD (g/día) = \frac{\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}}{\text{Días experimentales}} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$TCI (\%/día) = 100 * \frac{\ln \text{ Peso final (g)} - \ln \text{ Peso inicial (g)}}{\text{Días experimentales}} \quad (\text{Ec. 4})$$

$$CTC = 100 * \frac{\text{Peso final}^{\frac{1}{3}} - \text{Peso inicial}^{\frac{1}{3}}}{\sum \text{Temperatura día en } ^\circ\text{C}} \quad (\text{Ec. 5})$$

$$CA (g) = \text{Alimento Ofrecido (g)} - \text{Alimento rechazado (g)}. \quad (\text{Ec. 6})$$

$$ICA = \frac{\text{Ingesta total de alimentación (g)}}{\text{Incremento de peso (g)}} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$TAD (\%/día) = 100 * \frac{\text{Ingesta total de alimentación (g)}}{\text{Biomasa media (g)} * \text{días de evaluación}} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$TEP = \frac{\text{Incremento de biomasa (g)}}{\text{Proteína consumida (g)}} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$TEE = \frac{\text{Incremento de biomasa (g)}}{\text{Energía consumida (g)}} \quad (\text{Ec. 10})$$

3.6. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS ECONÓMICOS

Para valorar la respuesta económica de la utilización de proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en dietas para alevinos de Tilapia roja, se determinará el precio de la dieta (PD), índice de conversión económico (ICE), índice de rentabilidad económica (IRE), beneficio neto (BN), incremento del beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM) de acuerdo a las ecuaciones 11, 12, 13, 14, 15 y 16 (Perea *et al.*, 2018). Lo cual se realizó al finalizar el periodo de alimentación.

$$PD (\$) = (\text{Ingrediente en la dieta} * \text{Precio de compra}) + \text{costo de la extrusión} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$ICE (\$) = ICA * \text{Precio de la venta} \quad (\text{Ec. 12})$$

$$IRE (\$) = (\text{Peso final} * \text{Precio de venta}) - (ICE * IP) \quad (\text{Ec. 13})$$

$$BN (\$) = \text{Ingresos por Venta} - \text{Costo de la Alimentación}.. \quad (\text{Ec. 14})$$

$$IBN (\$) = \text{BN Dieta con proteína hidrolizada} - \text{BN Dieta control}.. \quad (\text{Ec.15})$$

$$TRM (\$) = \frac{\text{Incremento del beneficio neto}}{\text{Costo total de la alimentación}} * 100 .. \quad (\text{Ec. 16})$$

3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La evaluación de la respuesta productiva y económica de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en la alimentación de la Tilapia roja fase de alevinaje, se realizó a través de un diseño completamente al azar (DCA), valorando cinco tratamientos y tres réplicas en cada uno. Las variables respuesta se analizaron a través de un análisis de varianza ($P < 0,05$) unidireccional, se utilizará la prueba Post hoc Tukey ($\alpha < 0,05$) para la comparación de las medias. Utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 9,4. En el Cuadro 4 se presentan los tratamientos y variables respuestas a evaluar.

Cuadro 4. Tratamiento y variables de respuesta para la evaluación de parámetros productivos y económicos en alevinos de Tilapia roja.

Tratamiento	Variables de respuesta
Dieta control (T1) 100% harina de pescado	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento: - IP: Incremento de peso
T2 (75% harina de pescado + 25% PHCVT)	

T3 (50% harina de pescado + 50% PHCVT)	<ul style="list-style-type: none"> - IT: Incremento de talla - TCD: Tasa de crecimiento diaria • Aprovechamiento nutritivo: <ul style="list-style-type: none"> - CA: Consumo de alimento - ICA: Índice de conversión alimenticia - TEP: Tasa de eficiencia de la proteína - TEE: Tasa de la eficiencia energética - TAD: Tasa de alimentación diaria • Económicos: <ul style="list-style-type: none"> - PD: Precio de la dieta - ICE: Índice de conversión económico - IRE: Índice de rentabilidad económica - BN: Beneficio neto - IBN: Incremento del beneficio neto - TRM: Tasa de retorno marginal.
T4 (25% harina de pescado + 75% PHCVT)	
T5 (100% PHCVT)	

Fuente: Este estudio, 2023.

*PHCVT: Proteína hidrolizada de vísceras de trucha.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las condiciones fisicoquímicas del agua durante la evaluación se mantuvieron en un rango óptimo para el crecimiento de alevinos de Tilapia roja (Saldaña, 2022); la temperatura promedio registrada fue $26,1 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$, pH $6,5 \pm 0,5$, oxígeno disuelto de $5 \pm 0,0$ mg/L, demanda química de oxígeno y biológica (DQO y DBO₅) de $1,5 \pm 0,0$ mg/L y $3,98 \pm 0,1$ mg/L respectivamente, amoníaco $1,2 \pm 0,2$ mg/L, nitratos $0,6 \pm 0,0$ mg/L y $0,1 \pm 0,0$ mg/L nitritos, parámetros que permitieron obtener un porcentaje de supervivencia del 98,25%, lo que ilustra que las dietas experimentales no afectan la salud y el desempeño productivo de los peces (Miticanoy & Vega, 2018; Perea *et al.*, 2018).

4.1. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA PROTEÍNA HIDROLIZADA CONCENTRADA DE VÍSCERAS DE TRUCHA

Cuadro 5. Composición química y microbiológica de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

Elemento	Proporción
Materia seca (%)	$27,29 \pm 0,35$
Proteína bruta (%)	$67,66 \pm 0,84$
Extracto etéreo (%)	$7,21 \pm 0,25$
Proteína soluble en KOH (%)	$96,02 \pm 1,07$
Nitrógeno total volátil (%)	No detectado
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (%)	$90,71 \pm 0,56$
Mesófilos aerobios (UFC/g)	0,00
Mohos y levaduras (UFC/g)	0,00
Coliformes totales (NMP/g)	0,00

Fuente: Este estudio, 2023.

El resultado de la caracterización química de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (Cuadro 5), permite evidenciar que presenta valores nutricionales similares a los encontrados por Hoyos *et al.*, (2018) quienes reportan contenidos de proteína superiores al 60%, lípidos alrededor del 6% y digestibilidad del 80,17%, a partir del ensilaje de subproductos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*); y son superiores a los presentados por Vázquez, (2020) con un hidrolizado de vísceras de Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del que obtuvo 63,18% de proteína y 4,98% de lípidos; además de ser inferiores a los encontrados por Álvarez *et al.*, (2018) quienes reportaron valores del 80% de proteína con un hidrolizado de pescado. Lo que indica que es una materia prima alternativa promisoriosa para la

alimentación de peces, debido a su inocuidad, sanidad y alto contenido de nutrientes, en particular el de la proteína y energía, que son fundamentales para el metabolismo de los peces y la rentabilidad de los sistemas piscícolas.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos durante el periodo de evaluación de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en la respuesta productiva y económica de alevinos de *Oreochromis* spp.

4.2. PARÁMETROS PRODUCTIVOS

4.2.1. Parámetros de crecimiento obtenidos en alevinos de Tilapia roja alimentados con dietas a partir de la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

En el Cuadro 6 se presenta los resultados de los parámetros; incremento de peso y talla (IP y IT), tasa de crecimiento diaria e instantánea (TCD y TCI) y coeficiente térmico de crecimiento (CTC), obtenidos en alevinos de Tilapia roja a partir de la sustitución de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en la dieta.

Cuadro 6. Valores medios obtenidos para los parámetros de crecimiento.

VARIABLES	T1	T2	T3	T4	T5	ANOVA Pr >F
	CONTROL	(75% HP + 25% PHCVT)	T3 (50% HP + 50% PHCVT)	(25% HP + 75% PHCVT)	(0% HP + 100%PHCVT)	
IP (g)	42,46 ± 0,36 ^c	45,48 ± 1,13 ^b	46,51 ± 0,38 ^b	49,58 ± 0,45 ^a	37,97 ± 0,26 ^d	0,0001
IT (cm)	5,71 ± 0,36 ^d	6,93 ± 0,03 ^c	7,48 ± 0,11 ^b	8,72 ± 0,24 ^a	4,62 ± 0,26 ^e	0,0001
TCD (g/día)	1,01 ± 0,01 ^c	1,08 ± 0,03 ^b	1,11 ± 0,01 ^b	1,18 ± 0,01 ^a	0,90 ± 0,01 ^d	0,0001
TCI (%/día)	3,84 ± 0,09 ^c	3,96 ± 0,09 ^{bc}	4,06 ± 0,03 ^{ba}	4,15 ± 0,04 ^a	3,62 ± 0,06 ^d	0,0001
CTC	1,40 ± 0,01 ^d	1,46 ± 0,02 ^c	1,52 ± 0,03 ^b	1,61 ± 0,01 ^a	1,31 ± 0,01 ^e	0,0001

Fuente: Este estudio, 2023.

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

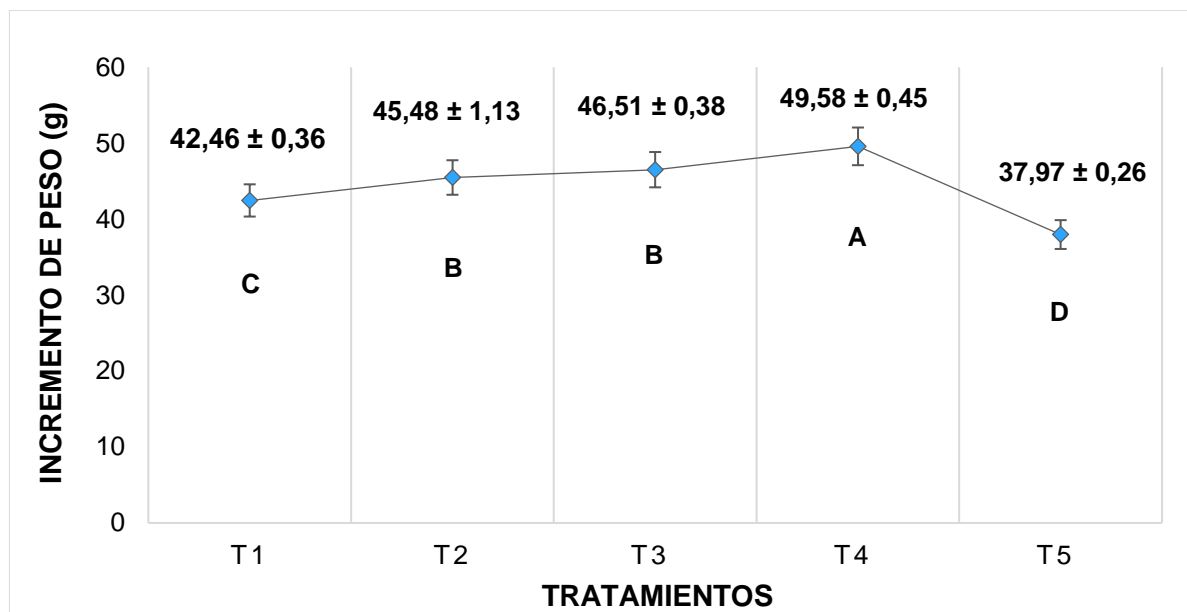
*PHCVT: Proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

*IP: Incremento de peso, *IT: Incremento de talla, *TCD: Tasa de crecimiento diaria, *TCI: Tasa de crecimiento instantánea, *CTC: Coeficiente térmico de crecimiento.

4.2.1.1. Incremento de peso (IP) y talla (IT): A partir del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,0001$) tanto para el incremento de peso como para el de talla, entre los tratamientos evaluados de acuerdo al nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cuatro grupos diferenciales para el incremento de peso y talla, donde en el grupo A se encuentra el tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) con el mejor comportamiento en ganancia de peso y talla, seguido del grupo B con los tratamientos T3 (50% HP + 50% PHCVT) y T2 (75% HP + 25% PHCVT), los cuales no presentan diferencias significativas entre ellos. Posteriormente, se encuentra el grupo C tratamiento T1 (control), y finalmente, se ubica el grupo D tratamiento T5 (0% HP + 100%PHCVT), resultados que se pueden evidenciar en (Cuadro 6, Figura 7 y Figura 8).

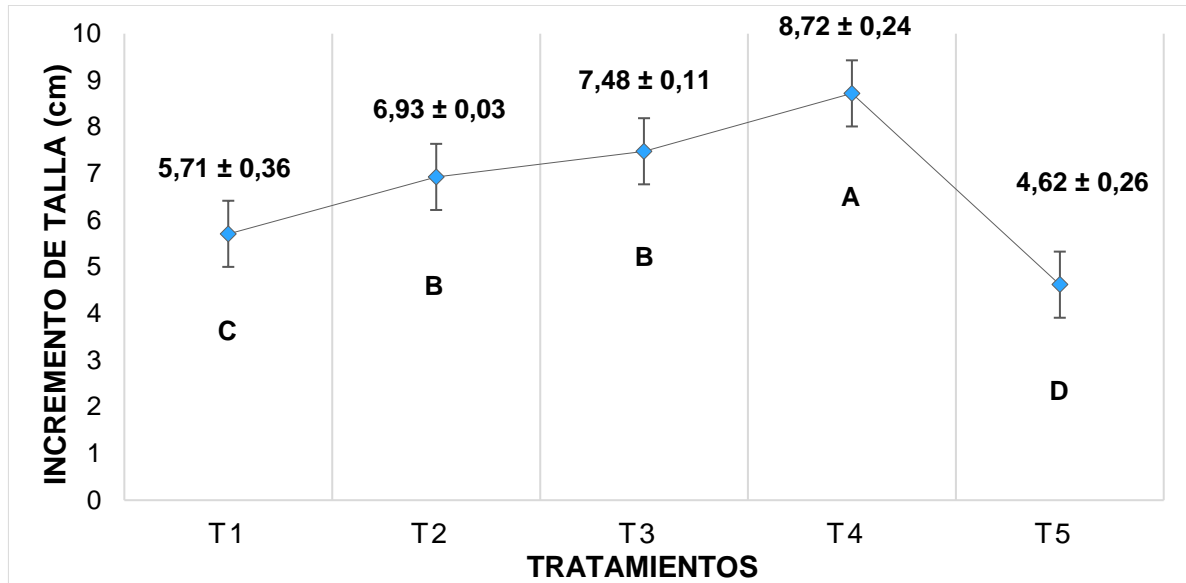
Figura 7. Incremento de peso (IP).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Figura 8. Incremento de talla (IT).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

El incremento de peso y talla de los alevinos de Tilapia roja durante el periodo evaluado no se vieron afectados al sustituir la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha hasta un 75% en la dieta, y sus valores fueron superiores a la dieta control. Lo que indica que se puede sustituir la harina de pescado por PHCVT hasta un 75% sin afectar el crecimiento. Este efecto positivo de la proteína hidrolizada según Da Silva *et al.*, (2017) está asociado a factores como; la palatabilidad (atractividad a partir del aroma, sabor y textura) explicada por la presencia de aminoácidos libres (ácido glutámico, ácido aspártico, glicina, arginina, alanina, prolina, leucina e isoleucina) y algunos nucleótidos, compuestos solubles de alta sensibilidad en el sistema gustativo de los peces. Sin embargo, al incrementar la PHCVT en valores superiores al 75%, puede generar una disminución de la ingesta de alimento, lo que se debe probablemente a un cambio en la palatabilidad del hidrolizado debido a una mayor cantidad de péptidos de sabor amargo o compuestos lipídicos, situación que pudo afectar el tratamiento T5 con una sustitución del 100% de PHCVT (Alves *et al.*, 2019; Quinto *et al.*, 2018; Kumar *et al.*, 2017). Además, el resultado favorable se debe posiblemente a que el hidrolizado tienen propiedades de textura, viscosidad y tamaño de partícula reducido que al agregarlo a las dietas promueven la optimización de absorción de nutrientes, a partir del aumento de la actividad enzimática y la capacidad de absorción intestinal, lo que resulta en mejores índices de digestibilidad y, en consecuencia, canaliza los nutrientes para la producción de biomasa (Acosta *et al.*, 2023., Ha *et al.*, 2019; Leduc *et al.*, 2018).

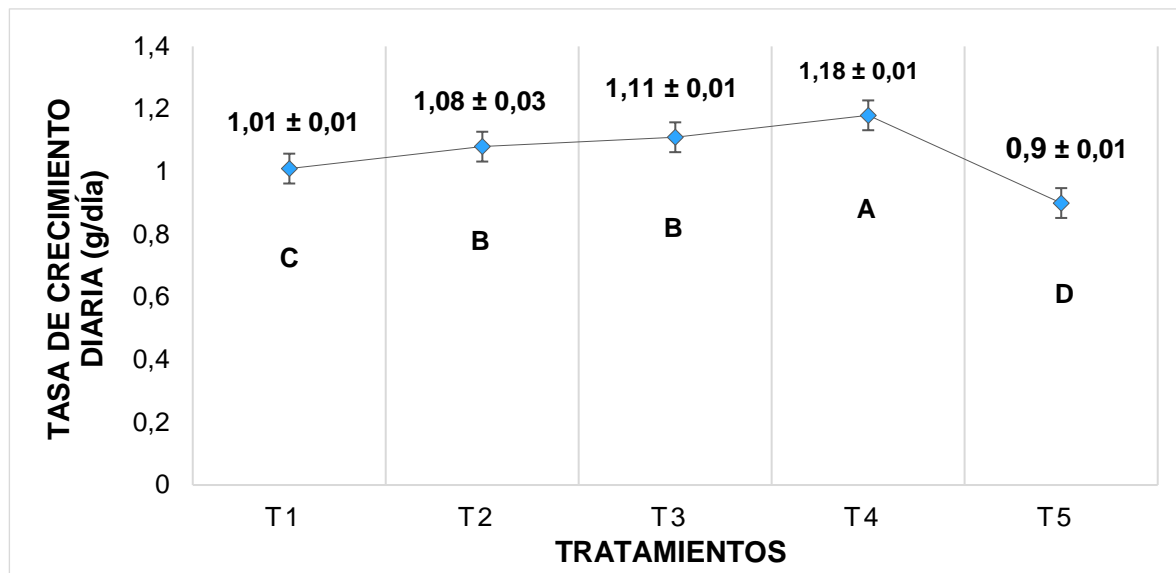
Los resultados en esta investigación son similares a los descritos por Correa *et al.*, (2020) quienes evaluaron dietas para Pacu y Tambacu con un ensilado de residuos de pescado (50 g/kg), obteniendo una ganancia de peso de 41,98 g y una talla de 4,08 cm para Pacu; y 31,17 g y 3,14 cm para Tambacu. Y también a los descritos por Goosen *et al.*, (2015) quienes evaluaron un ensilado de Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en la dieta de Tilapia de Mozambique (*Oreochromis mossambicus*), obteniendo un incremento de peso 45,41 g. E inferiores a los reportados por Siddik *et al.*, (2018) con la inclusión del 5%, 10%, 15% y 20% de hidrolizado de atún, en dietas para juveniles de Barramundi (*Lates calcarifer*), presentando un incremento de peso de 85,35 g.

4.2.1.2. Tasa de crecimiento diaria (TCD) e instantáneo (TCI): A partir del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,001$) para la tasa de crecimiento diaria e instantáneo entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cuatro grupos para la tasa de crecimiento diaria, en los que el mejor comportamiento se presentó con el grupo A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT), seguido del grupo B con los tratamientos T3 (50% HP + 50% PHCVT) y T2 (75% HP + 25% PHCVT), los cuales no presentan diferencias significativas entre ellos. Posteriormente se encuentra el grupo C tratamiento T1 (control), y finalmente se ubica el tratamiento T5 (0% HP + 100%PHCVT), resultados que se pueden evidenciar en (Cuadro 6 y Figura 9).

El análisis estadístico también demostró que para la tasa de crecimiento instantánea se presentaron cuatro grupos, en los que se destacó los grupos, A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) y AB tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), los cuales no presentan diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, el grupo AB también presentó un comportamiento similar al grupo BC tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT), el cual al mismo tiempo exhibió un comportamiento similar al grupo C tratamiento T1 (CONTROL), y finalmente se ubicó el grupo D tratamiento T5 (0% HP + 100%PHCVT) siendo el de menor comportamiento frente a la variable evaluada (Cuadro 6 y Figura 10).

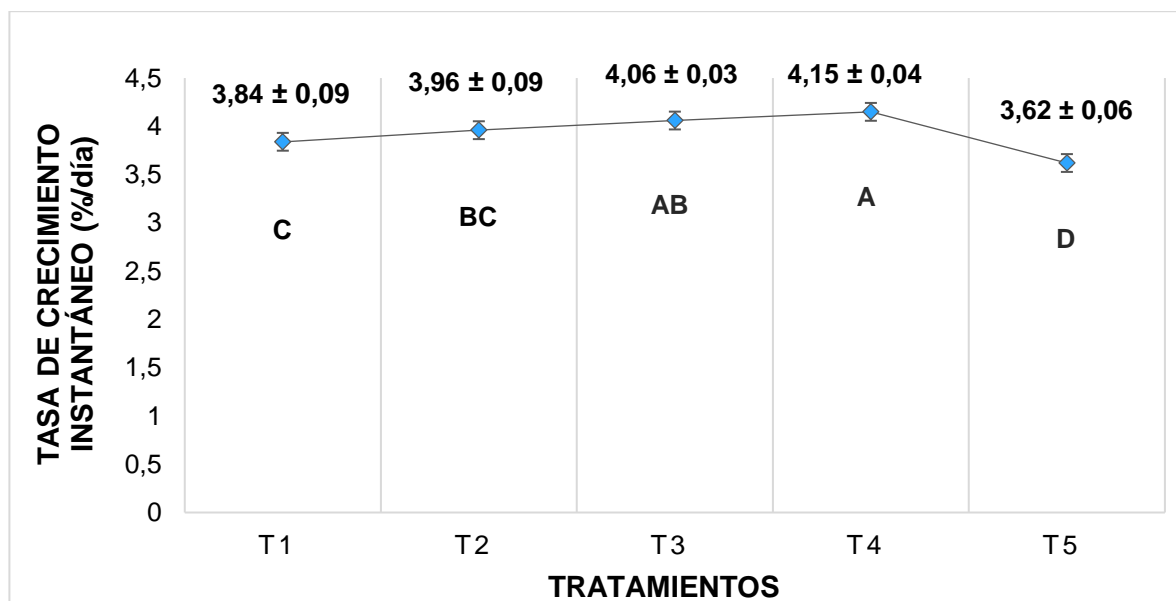
Figura 9. Tasa de crecimiento diaria (TCD).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Figura 10. Tasa de crecimiento instantáneo (TCI) (%/día).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Los parámetros tasa de crecimiento diaria e instantánea, permitieron evidenciar que existe una relación proporcional entre el crecimiento de los alevinos Tilapia roja y la sustitución de la harina de pescado, puesto que, a medida que se incrementa su nivel existe una mayor tasa de crecimiento. Sin embargo, se tiene que hasta el 75% de sustitución no se presentan efectos negativos sobre el crecimiento. Estos resultados son atribuidos a los compuestos (aminoácidos libres y fracciones peptídicas) producidos mediante la hidrólisis enzimática, que por su tamaño y estructura son fáciles de absorber y asimilar por el sistema digestivo de los peces (Yucra, 2022). Aunque, altos niveles de aminoácidos libres y péptidos de bajo peso molecular, provocan un desequilibrio en su absorción, pues saturan el sistema de transporte y posterior asimilación, lo que pudo generar que el tratamiento T5 (0% HP + 100%PHCVT) presentará una menor respuesta (Siddik *et al.*, 2020).

Es importante resaltar también que, el intestino de la Tilapia por su gran tamaño y forma estructural juega un papel indispensable en la digestión química total, donde intervienen enzimas proteolíticas entre ellas proteasas, peptidasas, lipasas y glucosidasas, y absorción de nutrientes, debido a su sensibilidad con las dietas que al pasar por sus áreas de superficie de absorción tanto distal (captura dipéptidos y tripéptidos) como proximal (captura aminoácidos libres, dipéptidos y tripéptidos, lípidos) que incluyen enterocitos, vellosidades, microvellosidades y células calciformes, que le permiten ser eficiente en los procesos fisiológicos de transformación del alimento (Narikimelli *et al.*, 2019). Es por ello, que una buena salud intestinal es vital para lograr las tasas de crecimiento objetivo y la eficiencia alimenticia (Zhang *et al.*, 2017). Y su mantenimiento, depende en gran medida de la cantidad y calidad adecuada de alimento que ingiere el pez (Leduc, *et al.*, 2017). Pues se ha demostrado que alimentos no balanceados de acuerdo a los requerimientos nutricionales del animal presentan alteraciones histopatológicas hepáticas (esteatosis) e intestinales (disminución de células calciformes y tamaño de microvellosidades) que afectan el aprovechamiento nutritivo de los alimentos (Sidikk *et al.*, 2018).

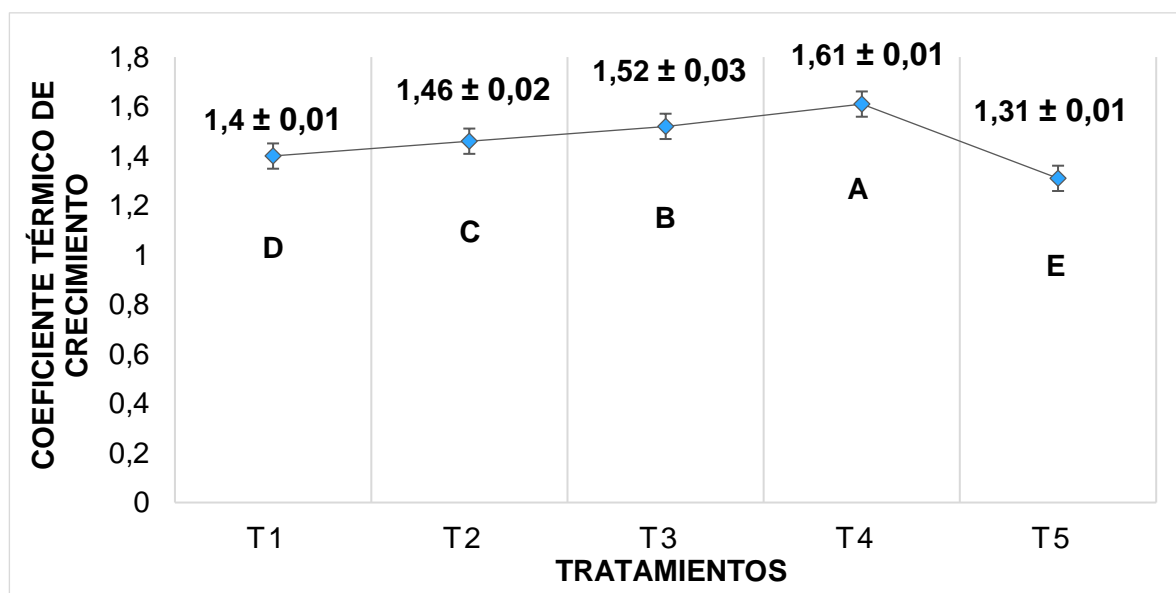
Los resultados obtenidos en este estudio para tasa de crecimiento instantáneo fueron similares a los reportados por Montoya *et al.*, (2018) a partir de la inclusión de un hidrolizado de subproductos de tilapia (*O.niloticus*) en juveniles de la misma especie, presentado una tasa de crecimiento instantánea de $4,8 \pm 0,1$ %/día. Y al descrito por Goosen & Swanepoel (2018) en su investigación con un hidrolizado de proteína de pescado incluido en un 5 %, 10%, 15% y 20% en dietas para juveniles de Bagre africano (*Clarias gariepinus*), reportando un crecimiento instantáneo entre 4,72 a 5,09 %/día. Además, fueron superiores a los citados por Goosen *et al.*, (2014) en el que evaluaron la sustitución parcial de harina de pescado por tres productos de proteína hidrolizada, uno de vísceras de trucha arcoíris (autopreparado) y dos comerciales de residuos marinos mixtos y de camarón, en alevines de Tilapia del

Nilo (*Oreochromis niloticus*), los cuales mantuvieron tasas superiores al 2,5 kg de aumento en peso corporal por día.

4.2.1.3. Coeficiente térmico de crecimiento (CTC): A partir del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,001$) para el coeficiente térmico de crecimiento entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cinco grupos para el coeficiente térmico de crecimiento, donde el mejor comportamiento estándar frente a la variable lo presenta el grupo A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT), seguido del grupo B con el tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), C tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT), D tratamiento T1 (control), y finalmente el grupo E tratamiento T5 (0% HP + 100%PHCVT), que presentó el menor resultado para la variable evaluada (Cuadro 6, Figura 11).

Figura 11. Coeficiente térmico de crecimiento (CTC).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

En el presente estudio, se estimó el coeficiente térmico de crecimiento CTC, modelo propuesto por Iwama y Tautz (1981) y desarrollado por Cho y Bureau (1998), el cual

permite estimar y describir la evolución de la distribución del crecimiento a lo largo de todo un ciclo productivo en función de variables de tipo fisiológico, genético, nutricional, conductual y ambiental (Días & Vargas, 2018). La temperatura ambiental es uno de los factores abióticos más importantes para la producción piscícola, debido a que los peces son poiquiloterms (incapaces de regular su temperatura corporal), por ello un rango óptimo de este parámetro es un factor regulador de la tasa metabólica que implica la ingestión y digestión del alimento, dando como resultado una eficiente tasa de conversión alimenticia (García, 2016). Es por ello, que este parámetro tiene en cuenta esta variable en su ecuación, para que haya una acorde predicción de su crecimiento y se pueda hacer comparaciones y correcciones al manejo productivo, sobre todo en la tasa de alimentación, donde más se incurre en costos (Estruch *et al.*, 2017). Teniendo en cuenta lo anterior, los resultados del presente estudio no muestran diferencias significativas en el coeficiente térmico de crecimiento que va desde un rango de $1,31 \pm 0,01$ a $1,61 \pm 0,01$, lo cual implica que la temperatura se encuentra en un margen óptimo y las mínimas variaciones pueden ser debido al nivel de inclusión y solubilidad de la proteína hidrolizada (Garcés *et al.*, 2021). Además, al cotejarlos con el CTC de $1,33 \pm 0,62$ obtenido por Gutiérrez *et al.*, (2020) en Tilapia de Nilo, se encuentran dentro del mismo margen, y lo mismo ocurre con los registrados por Omasaki *et al.*, (2017) en la misma especie, quienes obtuvieron 1,30 de CTC durante la fase de levante.

4.2.2. Parámetros de aprovechamiento nutritivo obtenidos en alevinos de Tilapia roja alimentados con dietas a partir de la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

En el Cuadro 7, se presenta los resultados de los parámetros; consumo de alimento (CA), índice de conversión alimenticia (ICA), tasa de alimentación diaria (TAD), tasa de eficiencia proteica (TEP) y tasa de la eficiencia energética (TEE), obtenidos en alevinos de Tilapia roja a partir de la sustitución de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en la dieta.

Cuadro 7. Valores medios obtenidos para los parámetros de aprovechamiento nutritivos.

VARIABLES	T1	T2	T3	T4	T5	ANOVA Pr >F
	CONTROL	(75% HP + 25% PHCVT*)	T3 (50% HP + 50% PHCVT)	(25% HP + 75% PHCVT)	(0% HP + 100%PHCVT)	
CA (g)	$54,7 \pm 0,42^c$	$57,96 \pm 1,57^{ba}$	$57,54 \pm 0,27^b$	$59,22 \pm 0,88^a$	$50,37 \pm 0,30^d$	0,0001
ICA	$1,29 \pm 0,01^d$	$1,27 \pm 0,01^c$	$1,24 \pm 0,01^b$	$1,19 \pm 0,01^a$	$1,33 \pm 0,01^e$	0,0001
TAD (%/dia)	$4,29 \pm 0,02^d$	$4,25 \pm 0,02^c$	$4,12 \pm 0,02^b$	$3,98 \pm 0,02^a$	$4,42 \pm 0,01^e$	0,0001
TEP	$2,01 \pm 0,01^d$	$2,03 \pm 0,01^c$	$2,10 \pm 0,01^b$	$2,17 \pm 0,01^a$	$1,98 \pm 0,01^e$	0,0001
TEE	$0,25 \pm 0,00^c$	$0,25 \pm 0,00^c$	$0,26 \pm 0,00^b$	$0,27 \pm 0,00^a$	$0,24 \pm 0,00^d$	0,0001

Fuente: Este estudio, 2023.

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

*PHCVT: Proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

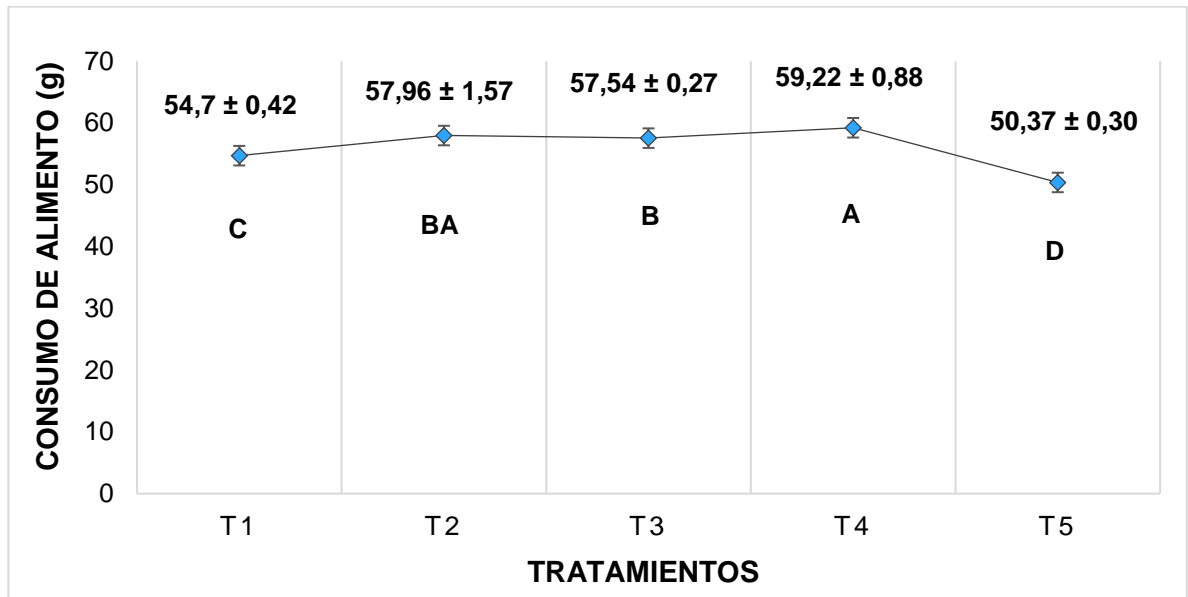
*CA: Consumo de alimento, *ICA: Índice de conversión alimenticia, *TAD: Tasa de alimentación diaria, *TEP: Tasa de eficiencia proteica, *TEE: Tasa de eficiencia energética.

4.2.2.1. Consumo de alimento (CA), índice de conversión alimenticia (ICA) y tasa de alimentación diaria (TAD): A través del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,001$) para los parámetros consumo de alimento, índice de conversión alimenticia y tasa de alimentación diaria entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cuatro grupos diferenciales para el consumo de alimento donde el mejor comportamiento frente a la variable se obtuvo con los grupos; A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) y BA tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT), los cuales no presentan diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, también el grupo BA exhibe un comportamiento similar al grupo B tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), seguido del grupo C tratamiento T1 (control), y finalmente el grupo D tratamiento T5 (0% HP + 100%PHCVT) que muestra el menor comportamiento frente a la variable (Cuadro 7 y Figura 12).

Así mismo se presentaron cinco grupos para el índice de conversión alimenticia y tasa de alimentación diaria, donde se destacó el grupo A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT), seguido de los grupos; B tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT) C tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT), D tratamiento T1 (control), y finalmente el grupo E tratamiento T5 (100% PHCVT) que presentó el menor resultado frente a las variables evaluadas (Cuadro 7, Figura 13 y 14).

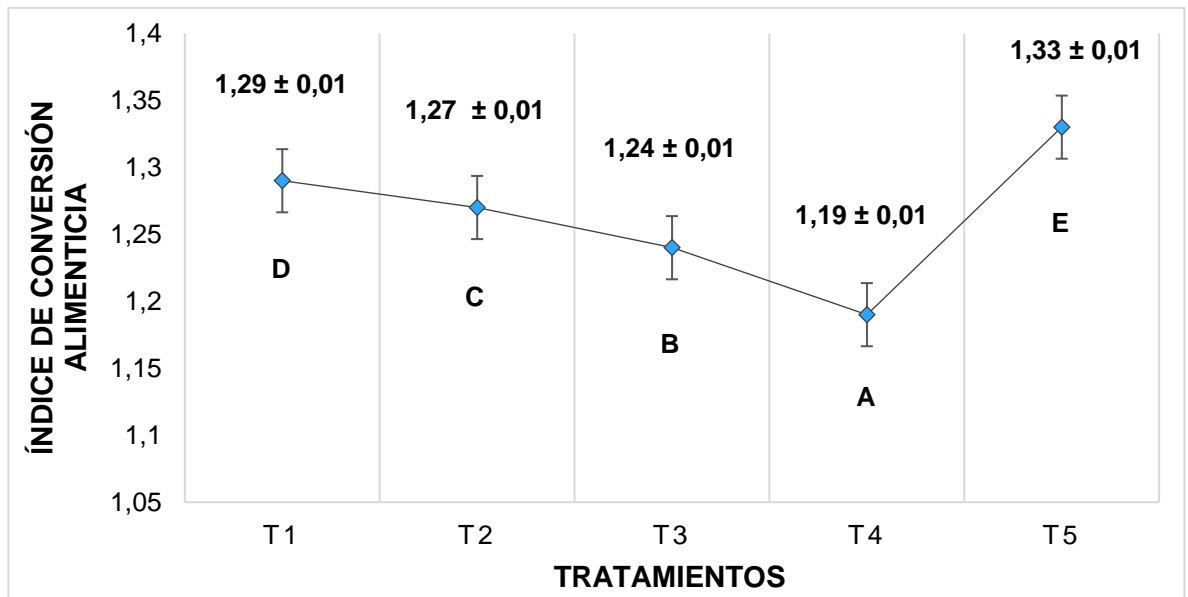
Figura 12. Consumo de alimento (CA).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

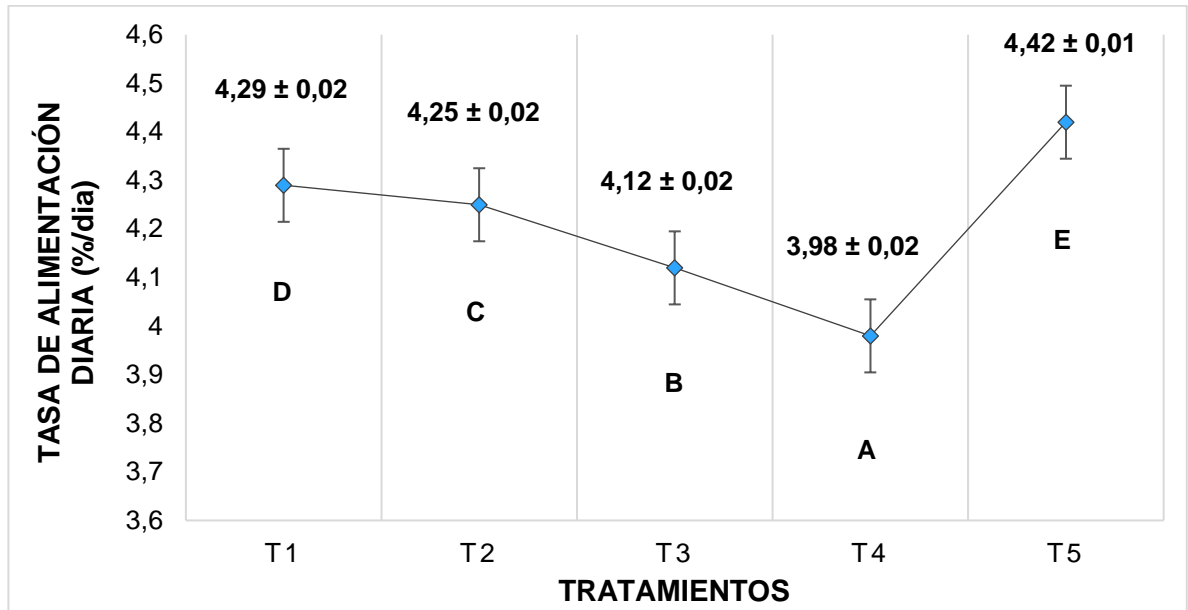
Figura 13. Índice de conversión alimenticia (ICA).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Figura 14. Tasa de alimentación diaria (TAD).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Los análisis estadísticos del presente estudio, demuestran que el consumo de alimento por parte de los alevinos de Tilapia roja fue mayor hasta con un 75% de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en la dieta y menor al no adicionarla (Cuadro 7 y Figura 12). Lo que indica que el alimento alternativo hasta con un 75% de PHCVT es lo suficientemente atrayente, palatable y nutritivo para satisfacer el crecimiento y el mantenimiento fisiológico de los alevinos de Tilapia roja (Da Silva *et al.*, 2017; Cardoza *et al.*, 2021); propiedades dadas por la calidad del alimento, influenciado por la materia prima y las condiciones del proceso de fabricación que permiten que tenga una estructura física (textura, dureza, olor, color y tamaño acorde a la fisiología y exigencia del pez) y química, donde la materia seca proporciona un adecuado contenido de energía, lípidos y proteínas solubles de bajo peso molecular altamente quimioattractantes por el sistema gustativo de los peces, el cual es bastante sensible a las sustancias solubles disueltas en el agua (Montero, 2020). Además, de su disposición, de forma manual, a saciedad y en raciones que permite incrementar el apetito y su digestibilidad, manejo, directamente articulado a unas condiciones ambientales propicias, entre ellas la temperatura, pues es un factor que si aumenta también lo hace consecuentemente la temperatura corporal del animal (por presentar condiciones ectotérmicas) y la tasa de respiración, disminuyendo la afinidad entre la hemoglobina y el oxígeno y haciendo más difícil la transferencia de este elemento en la sangre por lo que el gasto metabólico aumenta, al igual que el consumo de energía a través de una mayor ingesta de alimento, situación que

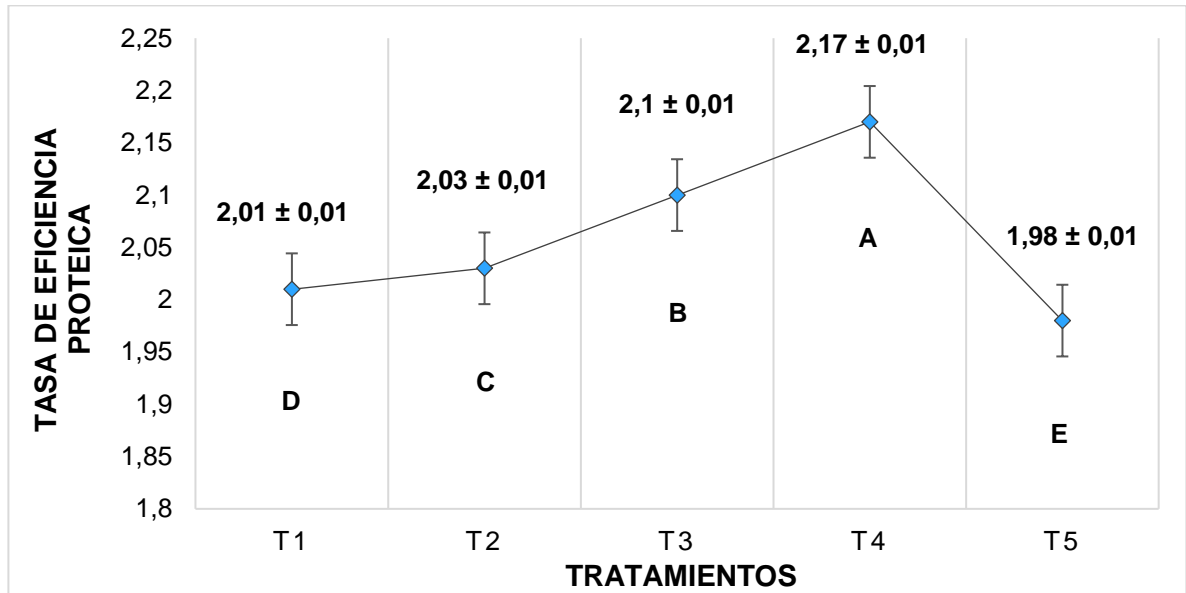
puede ser beneficiosa si se cumple con los requerimientos nutricionales exigidos (Velazco & Gutiérrez, 2019).

Relacionado a lo anterior, los resultados de la conversión alimenticia y tasa de alimentación diaria (Cuadro 7, Figura 13 y 14) verifican que el mejor comportamiento se obtuvo con el tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) frente al control y demás tratamientos, esto teniendo en cuenta que entre menor sea la conversión alimenticia, mayor será la eficiencia al convertir cada unidad de entrada de alimento consumida en biomasa, es decir entonces, que de los $59,22 \pm 0,88$ g consumidos por pez ofrecidos en una tasa diaria mínima de $3,98 \pm 0,02$ %/día, presentan una conversión alimentaria de $1,19 \pm 0,01$ reflejada en un crecimiento instantáneo de $4,15 \pm 0,04$ %/día. Este resultado positivo se debe a que esta dieta alternativa cumple a cabalidad los requerimientos bioenergéticos necesarios para el correcto funcionamiento metabólico (digestión, absorción, formación de productos de desechos) y estructural (crecimiento) de los alevinos de Tilapia roja, los cuales son mayores puesto que todos sus tejidos se encuentran en un apogeo celular (hiperplasia) y síntesis de proteína e incremento en el tamaño de las células (hipertrofia), procesos que permiten un crecimiento y consumo dinámico durante esta etapa (Arce, 2014). Y al cotejar también este análisis con la investigación de Terrones & Reyes (2018) en *Oreochromis niloticus* alimentada hasta con 50% de harina de ensilado en la dieta, sus valores de conversión alimenticia son superiores (1,91), e inferiores a los calculados por Mauricio *et al.*, (2021) en la misma especie con un hidrolizado de pollo (1,09).

4.2.2.2. Tasa de eficiencia proteica (TEP): A partir del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,001$) para la tasa de eficiencia proteica entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cinco grupos diferenciales para la tasa de eficiencia proteica al sustituir la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT) en la dieta de alevinos de Tilapia roja, demostrando que, con el grupo A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) se presenta el mejor comportamiento frente a la variable, seguido del grupo B tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), grupo C tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT), grupo D tratamiento T1 (control) respectivamente, y finalmente el grupo E tratamiento T5 (100% PHCVT) que fue el de menor respuesta frente a la eficiencia de la proteína (Cuadro 7, Figura 15).

Figura 15 Tasa de eficiencia proteica (TEP).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Los resultados del análisis estadístico permiten demostrar que, la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha y su eficiencia en los alevines de Tilapia roja tienen una relación directamente proporcional, ya que a medida que se incrementa el consumo de proteína hidrolizada, también se genera una mayor ganancia en peso del animal, hasta un tope de sustitución de un 75% de PHCVT, niveles superiores tienden a ejercer una relación inversamente proporcional. Esto se atribuye al tipo y proceso de hidrólisis enzimático, que mejora las propiedades físicas, químicas y funcionales de los residuos viscerales a partir de una proteólisis más selectiva y controlada, gracias a factores intrínsecos (los tipos de enzimas altamente especializadas) y los extrínsecos (pH, temperatura del medio y componentes no proteicos), los cuales permiten cambiar las propiedades de las proteínas, disminuyendo su peso molecular (ruptura de enlaces peptídicos de la proteína, generando moléculas más pequeñas como péptidos y aminoácidos), aumentando el número de grupos ionizables (ácido aspártico, ácido glutámico, cisteína, histidina, arginina y lisina, involucrados en la unión y catálisis) y provocando la exposición de grupos hidrofóbicos e hidrofílicos (permiten la orientación tanto en las interfases aceite-agua para generar emulsiones como en las interfaces aire-agua para espuma), elementos que conducen a una cinética de difusión y absorción intestinal más efectivas (Montero, 2021; Abdelhedi & Nasri, 2019; Nasri, 2017). Sin embargo, además de obtener diferentes tipos de proteínas, los subproductos de origen animal también contienen componentes que podrían afectar la interacción de la proteína con la enzima, ya que además de contener agua

estos productos contienen un porcentaje alto de lípidos que pueden formar complejos proteína-lípidos que impiden la acción catalítica de las enzimas sobre las proteínas, o interactuar directamente con la enzima, afectando así el desarrollo de la reacción de hidrólisis y la posibilidad de obtención de péptidos (Sampedro *et al.*, 2019; Villamil *et al.*, 2017; Gómez & Zapata, 2017).

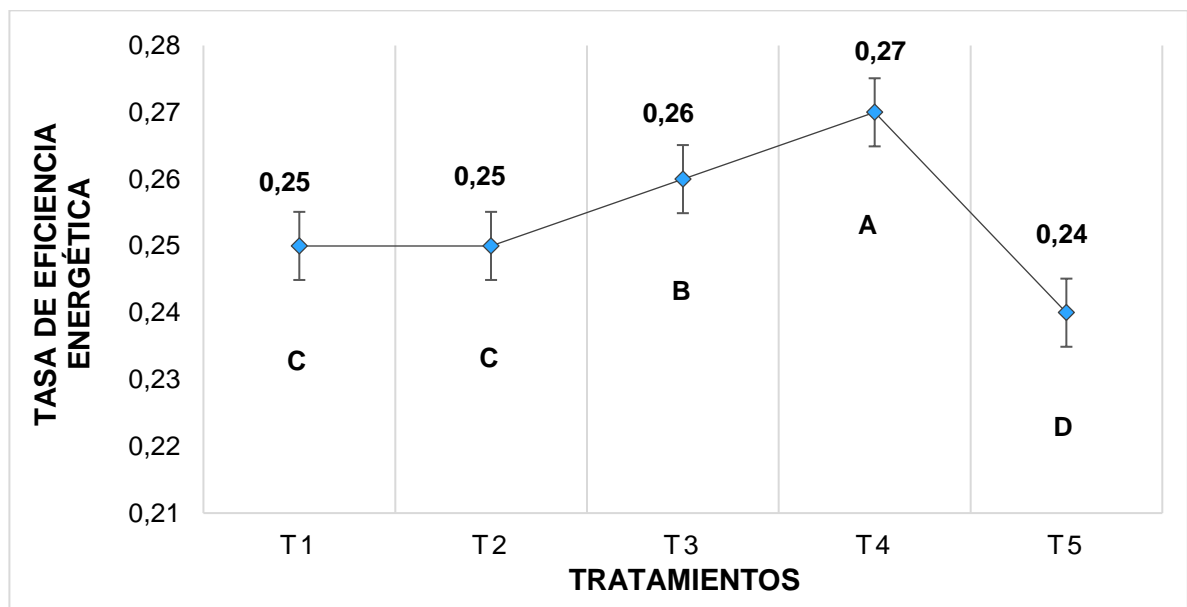
Lo descrito anteriormente, puede ser una explicación al declive en la tasa de eficiencia proteica observada con el tratamiento T5 (100% PHCVT), por el ligero incremento de contenido de lípidos (Cuadro 3) en comparación con los otros tratamientos. Sin embargo, su contenido se encuentra dentro de la tasa estándar de los requerimientos nutricionales para la fase de alevinaje en Tilapia roja, y al compararlos con los resultados obtenidos por Hoyos *et al.*, (2018) en su investigación sobre el análisis químico de harina proteica hidrolizada obtenida a partir del ensilado químico de subproductos de trucha, son similares, pues su contenido de lípidos es de $6,81 \pm 0,02\%$. Además, son inferiores a los obtenidos por Yucra (2022) y Goosen *et al.*, (2018) a partir de la inclusión de hidrolizados de subproductos de origen animal en dietas para peces, con los cuales presentaron hasta 5,7% de lípidos respectivamente. Estas comparaciones indican que el contenido de lípidos en el producto debe estar por debajo de 6,4% para que haya una eficiente digestibilidad de proteína y de energía, el cual se logra en esta investigación gracias a los mecanismos de separación (separador y centrifuga) utilizados.

Al comparar los resultados obtenidos con los presentados por Montoya *et al.*, (2017) en la que evalúan un ensilado de subproductos pesqueros de Tilapia del Nilo (*O.niloticus*) en la dieta de juveniles de la misma especie, sus resultados son inferiores, presentando una eficiencia proteica del 1,9% con la sustitución del 75% de harina de pescado por el ensilado. Así mismo, al contrastar la investigación de Khieokhajokhet & Surapon, (2022) en el que determinaron el efecto de la suplementación del hidrolizado de proteína de pescado en la dieta de juveniles de Tilapia del Nilo, sus resultados son superiores, obteniendo un alimento isonitrogenado (32% de proteína cruda) e isolípido (7% de grasa cruda) con una eficiencia proteica del 5,51%. Igualmente, sucede con el citado por Mauricio *et al.*, (2021) a partir de un hidrolizado de vísceras de pollo, que al incluirlo en dietas para alevines de tilapia presentaron una tasa de eficiencia de la proteína de 2,91%.

4.2.2.3. Tasa de eficiencia energética (TEE): A través del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,001$) para la tasa de eficiencia energética entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cuatro grupos diferenciales para la tasa de eficiencia energética, donde el grupo A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) presentó el mejor comportamiento frente a la variable, seguido del grupo B tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), continuando con el grupo C, en el que se encuentran los tratamientos T2 (75% HP + 25% PHCVT) y T1 (control), y finalmente se ubica el grupo D tratamiento T5 (100% PHCVT siendo el de menor respuesta en la tasa de eficiencia energética (Cuadro 7, Figura 16).

Figura 16. Tasa de eficiencia energética (TEE).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

En las condiciones experimentales del presente estudio, donde se suministra dietas isoproteicas e isoenergéticas que atienden plenamente los requerimientos nutricionales de los alevines de Tilapia roja, se evidencia su óptimo aprovechamiento nutritivo y productivo en su ganancia de peso, adquirida por un correcto uso de la proteína como compuesto de "alta energía" que impulsa los procesos endergónicos de biosíntesis de tejidos, y de lípidos como fuente no proteica de energía para mantenimiento y formación estructural (Martínez *et al.*, 2018). Funcionamiento adecuado, que además de evitar la acumulación excesiva de lípidos y glucógeno en los tejidos somáticos y el hígado; evita los desechos nitrogenados en el medio acuático, mejorando la calidad del agua y al mismo tiempo la calidad de vida de los productores (Miranda, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior y comparando los resultados estadísticos se evidencia que hay variaciones mínimas, pero que demuestran que el tratamiento T4 con 25% harina de pescado y 75% de proteína hidrolizada de vísceras de trucha presenta una mayor eficiencia en el consumo de energía para síntesis de tejidos y mantenimiento metabólico del animal. Con tendencia a disminuir conforme se sustituye la harina de pescado por PHCVT en niveles superiores o inferiores del 75% en la dieta. Resultados similares fueron encontrados por Martínez *et al.*, (2017) quienes evaluaron dietas isoproteicas (34%) e isonergéticas (3980 Kcal/kg) con inclusión de subproductos de origen animal en alevinos de *Piaractus brachyomus*, obteniendo una tasa de eficiencia energética de 0,36 como mínima para cubrir los requerimientos energéticos de la especie evaluada.

4.3. PARÁMETROS ECONÓMICOS

4.3.1. Parámetros económicos obtenidos en alevinos de Tilapia roja alimentados con dietas a partir de la sustitución de harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

En el Cuadro 8, se presenta los resultados de los parámetros; precio de la dieta (PD), índice de conversión económico (ICE), índice de rentabilidad económica (IRE), beneficio neto (BN), incremento del beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM), obtenidos en alevinos de Tilapia roja a partir de la sustitución de la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en la dieta.

Cuadro 8. Valores medios obtenidos para los parámetros económicos.

VARIABLES	T1	T2	T3	T4	T5	ANOVA Pr >F
	CONTROL	(75% HP + 25% PHCVT ^a)	T3 (50% HP + 50% PHCVT)	(25% HP + 75% PHCVT)	(0% HP + 100% PHCVT)	
PD (\$/kg)	3804,78 ± 0,00 ^b	3300,85 ± 0,00 ^c	3010,03 ± 0,00 ^d	2772,25 ± 0,00 ^e	5641,18 ± 0,00 ^a	0,0001
ICE (\$/kg)	4900,99 ± 18,03 ^b	4206,73 ± 15,89 ^c	3724,14 ± 20,99 ^d	3311,21 ± 19,76 ^e	7484,0 ± 12,51 ^a	0,0001
IRE (\$/kg)	587,65 ± 4,91 ^d	650,38 ± 8,36 ^c	679,59 ± 8,94 ^b	737,30 ± 5,45 ^a	444,81 ± 2,70 ^e	0,0001
BN (\$/kg)	587,65 ± 4,91 ^d	650,38 ± 8,36 ^c	679,59 ± 8,94 ^b	737,30 ± 5,45 ^a	444,81 ± 2,70 ^e	0,0001
IBN (\$)	-	64,48 ± 6,39 ^c	91,94 ± 8,94 ^b	149,65 ± 5,45 ^a	-205,57 ± 2,70 ^d	0,0001
TRM (%)	-	33,67 ± 2,63 ^c	53,07 ± 5,01 ^b	91,15 ± 2,62 ^a	-72,35 ± 0,73 ^d	0,0001

Fuente: Este estudio, 2023.

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

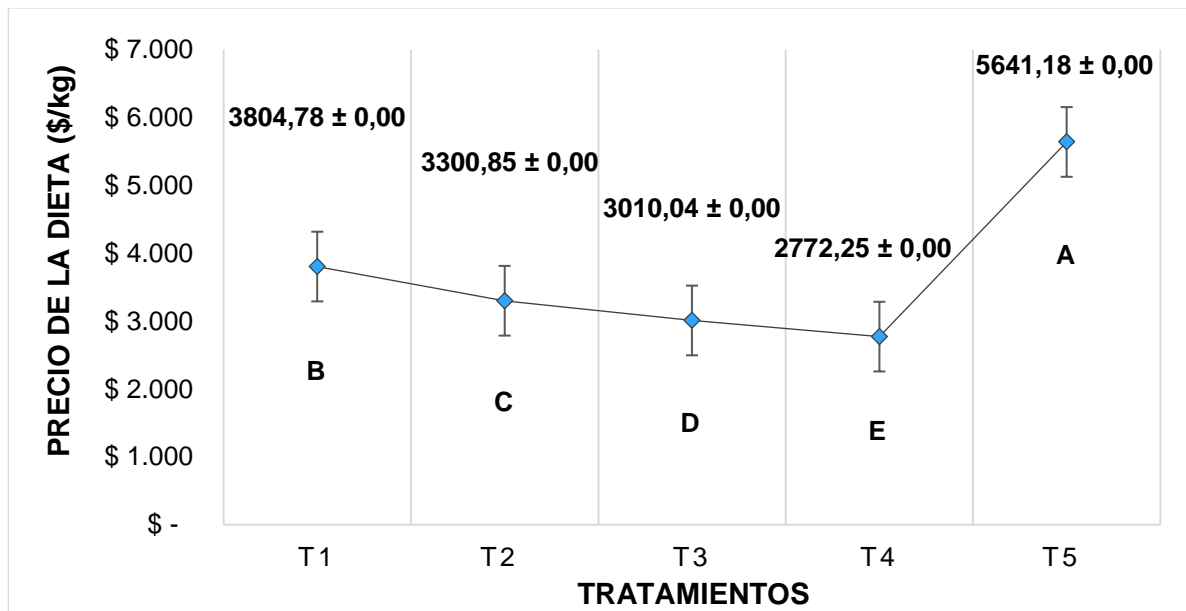
*PHCVT: Proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha.

*(PD) Precio de la dieta, *(ICE) Índice de conversión económico, *(IRE) Índice de rentabilidad económica, *(BN) Beneficio neto, *(IBN) Incremento del beneficio neto y *(TRM) Tasa de retorno marginal.

4.3.1.1. Precio de la dieta (PD): A través del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,001$) para el precio de la dieta entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cinco grupos diferenciales para el precio de la dieta, donde el mejor comportamiento estandar lo obtuvo el grupo E tratamiento T4 (25% HP + 75% PHCVT) siendo el de menor costo por kilogramo de alimento producido, seguido de los grupos D tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), C tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT) y B tratamiento T1 (control), y finalmente el grupo A tratamiento T5 (100% PHCVT) que presentó el menor comportamiento con el mayor costo de producción de alimento producido (Cuadro 8 y Figura 17).

Figura 17. Precio de la dieta (PD).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Los resultados estadísticos de la investigación demuestran que se presenta una relación inversamente proporcional del costo del alimento al sustituir paulatinamente la harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en las dietas de los alevines de Tilapia roja, donde desde el tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT) se genera una disminución progresiva del costo del alimento en un 13,24% (\$503,93), seguido del tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT) con el 20,87% (\$794,74) y finalmente el tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) con 25,14% (\$1032,53) que presenta el menor costo de producción por kilogramo producido de alimento respecto al costo del alimento comercial (\$3804,78). Sin embargo, el tratamiento T5 (0% HP + 100%PHCVT) con \$5641,18 supera el valor del alimento comercial y demás tratamientos. Su comportamiento se puede deber al incremento del contenido de triptófano en la dieta (Cuadro 2) aminoácido de síntesis química de alto valor económico que se debe añadir al perderse por la reacción acida generada en el proceso de hidrólisis enzimática (Perea *et al.*, 2021; Zapata & Gutiérrez, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, investigaciones realizadas por diferentes autores presentaron resultados similares entre ellas, la descrita por Alban & Fuelantala, (2022) con un hidrolizado enzimático de vísceras de pollo en dietas extruidas para la alimentación de Cachama blanca (*Piaractus brachypomus* Cuvier 1818), obteniendo un costo por Kg de \$ 2776,17 y una disminución del mismo del 13,11% frente a una dieta comercial; Llanes & Parisi, (2020) con un ensilado de subproductos pesqueros en dietas para *Clarias gariepinus*, del cual lograron un costo 2800 \$/kg de materia seca y una reducción del 53,68% con respecto de la dieta control; y Winnikes, (2020) con un hidrolizado de pollo en la dieta de la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) obteniendo un costo de producción de \$2755,14 con una disminución negativa frente al tratamiento control por la alta inversión inicial. Así también, investigadores presentan valores superiores respecto a la mejor dieta alternativa (T4), como es el caso presentado por Yance, (2020) con harina de pescado para dietas de inicio de Paiche (*Arapaima gigas*) de la cual obtuvo un costo por kilogramo producido de \$3593,65 con una disminución del 8,81% al reemplazarla en un 15% en la dieta.

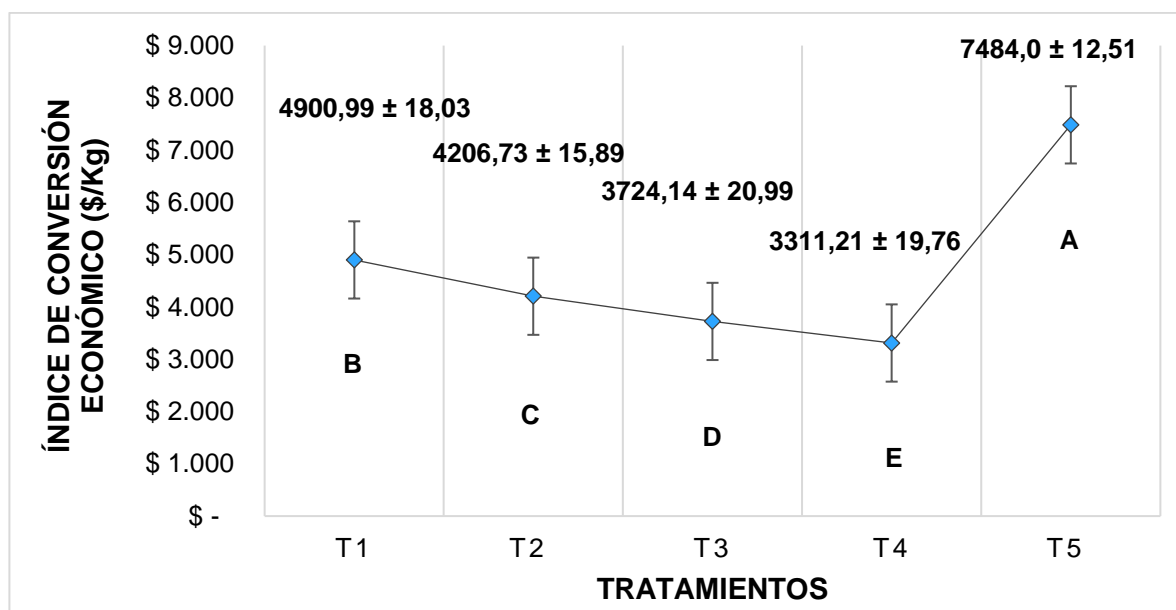
4.3.1.2. Índice de conversión económico (ICE), índice rentabilidad económica (IRE) y beneficio neto (BN): A partir del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,001$) para el índice de conversión económico, índice de rentabilidad económica y el beneficio neto entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cinco grupos diferenciales para el índice de conversión económico, donde el mejor

comportamiento lo obtuvo el grupo E tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) con $3311,21 \pm 19,76$ \$/kg que presentó el menor gasto en el costo del alimento para producir un kilogramo de carne, seguido de los grupos; B tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT) con $3724,14 \pm 20,99$ \$/kg, C tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT) con $4206,73 \pm 15,89$ \$/kg, D tratamiento T1 (CONTROL) con $4900,99 \pm 18,03$ \$/kg, y finalmente el grupo E tratamiento T5 (100% PHCVT) con $7484,0 \pm 12,51$ \$/kg que presentó el menor comportamiento con un mayor gasto en el costo del alimento (Cuadro 8, Figura 18).

Así mismo la prueba de promedios (TUKEY) demostró que se presentaron cinco grupos diferenciales para el índice de rentabilidad económica (IRE) y beneficio neto (BN), en los que se destacó el grupo A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) siendo la mayor ganancia neta por kilogramo producido, seguido de los grupos; B tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), C tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT), D tratamiento T1 (CONTROL), y finalmente el grupo E tratamiento T5 (100% PHCVT) que presentó la menor ganancia monetaria por kilogramo producido (Cuadro 8, Figura 19 y 20).

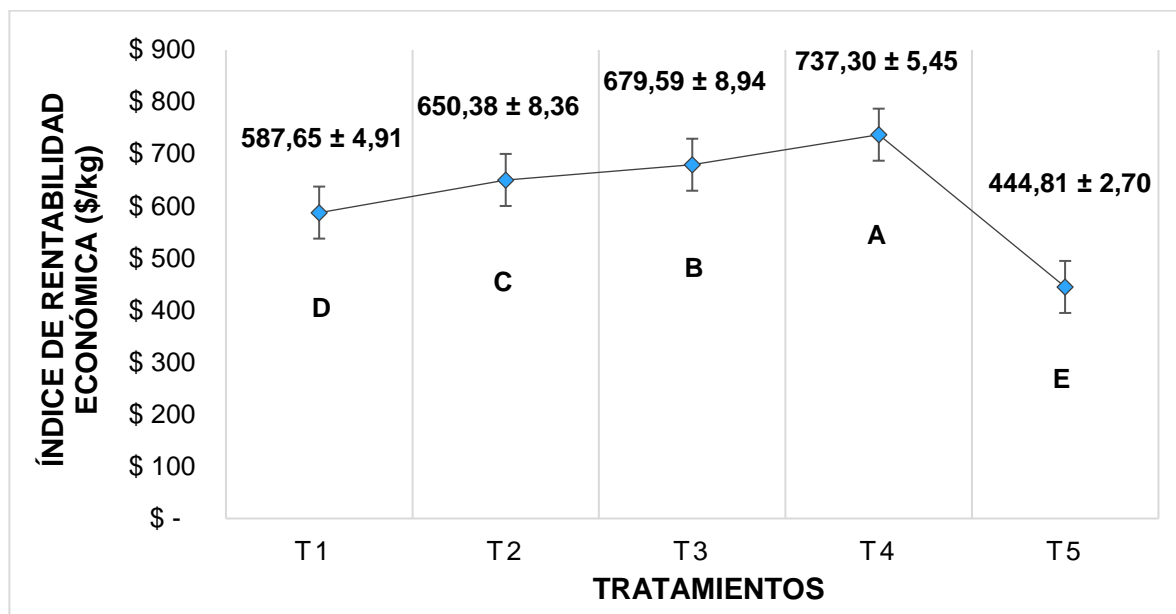
Figura 18. Índice de conversión económico (ICE).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

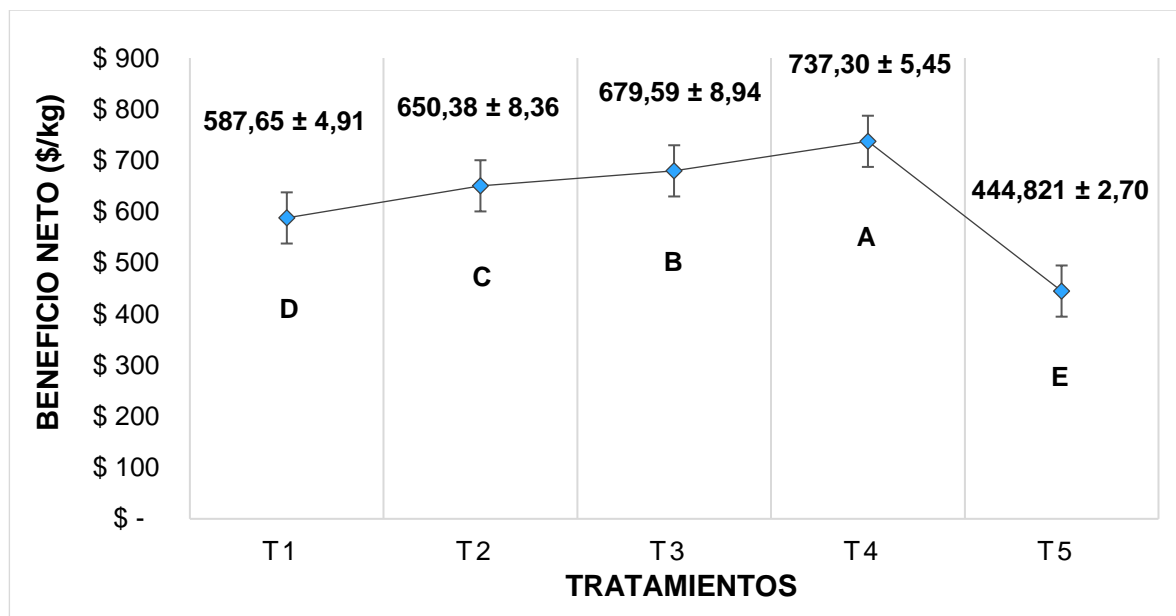
Figura 19. Índice de rentabilidad económica (IRE).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Figura 20. Beneficio neto (BN).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

El análisis estadístico del índice de conversión económico, índice de rentabilidad económica y beneficio neto, permiten evidenciar que al sustituir hasta en un 75% la harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, reduce en un 32,43% el gasto en el costo del alimento requerido para producir un kilogramo de carne y consecuentemente se origina una retribución económica del 25,47% por kilogramo de carne producido (Figura 18, 19 y 20) en comparación con la dieta control. Esta correlación positiva entre ganancia productiva y económica al sustituir la proteína hidrolizada es adquirida posiblemente a que el sistema digestivo idóneo del animal, toma y convierte fácilmente los nutrientes que aporta la proteína hidrolizada en masa muscular, la cual incrementa los ingresos por venta y por ende la rentabilidad económica (Zapata & Gutiérrez, 2017).

Escenario que ha sido verificado también por otros investigadores como es el caso de Estrada, (2022) el cual a través de un análisis técnico económico de residuos sólidos de trucha, obtuvo un beneficio económico de \$441,77 COP/kg; Perea *et al.*, (2018) quienes evaluaron económicamente la utilización de ensilaje químico de vísceras de trucha en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) y evidenciaron que al incluirlo en un 20% su dieta se logra una remuneración económica de \$1814,86 ± 111,94 asociada al costo de la alimentación por kilogramo de carne de pescado producido; y Moutinho *et al.*, (2017) donde evaluaron la sustitución parcial de la harina de pescado por harina de carne y huesos en dietas para juveniles de dorada (*Sparus aurata*) obteniendo un costo de alimentación de \$5610,14 e ingresos \$1836,05 por kilogramo de alimento ofrecido. Además, del presentado por Llanes *et al.*, (2017) en el que evaluaron la rentabilidad productiva y económica de la inclusión de harina de pescado en dietas para *Clarias gariepinus* Burchell, 1822, obteniendo un índice de rentabilidad de \$1011,52 por kilogramo de alimento consumido. Evidenciando que estos estudios presentan un comportamiento similar al sustituir algún material proteico, en las dietas de las especies evaluadas, reduciendo significativamente los costos del alimento comercial y aumentando el beneficio económico.

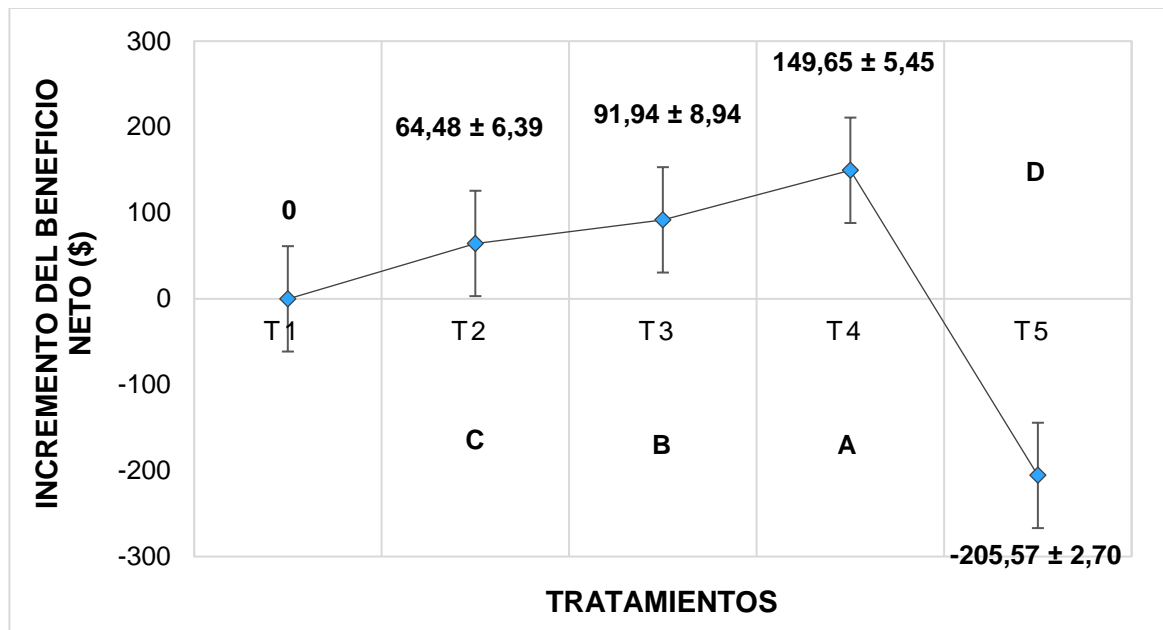
4.3.1.3. Incremento del beneficio neto (IBN) y tasa de retorno marginal (TRM): A través del análisis de varianza (ANOVA) se observaron diferencias estadísticas significativas ($Pr > F = 0,001$) para el incremento del beneficio neto y la tasa de retorno marginal entre los tratamientos evaluados, de acuerdo con el nivel de sustitución de la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha (PHCVT).

La prueba de promedios de (TUKEY) permitió observar que se presentaron cuatro grupos diferenciales para el incremento del beneficio neto, donde el mejor comportamiento frente a la variable se obtuvo con el grupo A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) que presentó el mayor incremento de beneficio neto por

kilogramo producido al agregar la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, seguido de los grupos; B tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), C tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT), y finalmente el grupo D tratamiento T5 (100% PHCVT) que mostró el menor comportamiento de incremento en el beneficio neto (Cuadro 8, Figura 21).

Por otro lado, los resultados arrojados por la prueba de promedios permitieron observar que se presentaron cuatro grupos diferenciales para la tasa de retorno marginal, en los que se destacó el grupo A tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) mostrando el mayor margen aceptable de ganancia al sustituir la harina de pescado por la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, seguido de los grupos; B tratamiento T3 (50% HP + 50% PHCVT), C tratamiento T2 (75% HP + 25% PHCVT), y finalmente el grupo D tratamiento T5 (100% PHCVT) siendo el de menor margen de ganancia marginal (Cuadro 8, Figura 22).

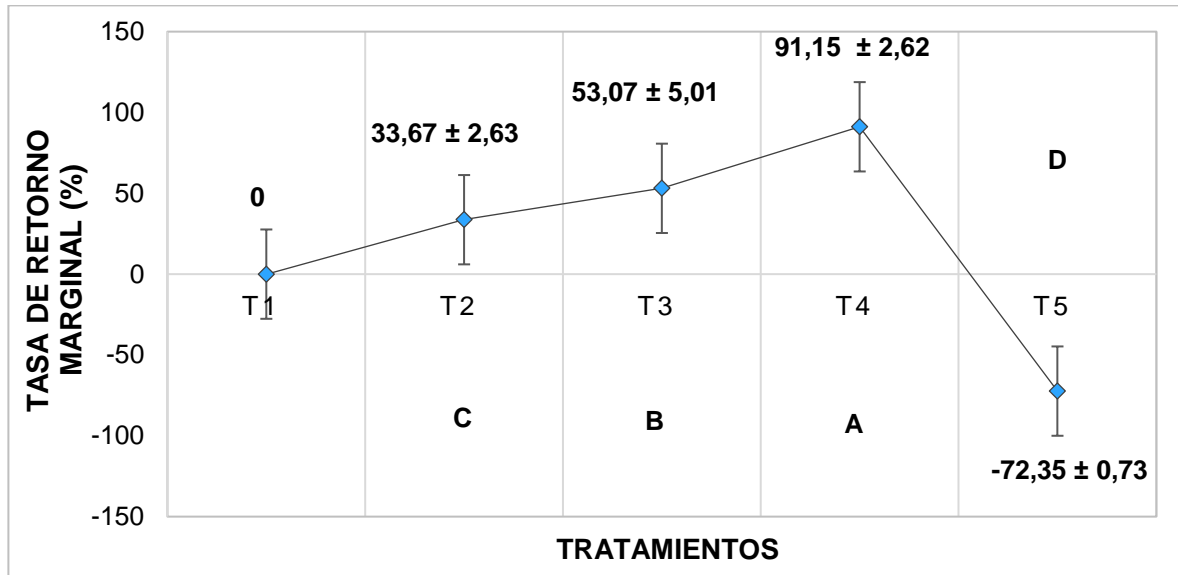
Figura 21. Incremento del beneficio neto (IBN).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

Figura 22. Tasa de retorno marginal (TRM).



Fuente: Este estudio, 2023.

*T1 (control), *T2 (75% HP + 25% PHCVT), *T3 (50% HP + 50% PHCVT), *T4 (25% HP + 75%PHCVT), *T5 (0% HP + 100%PHCVT).

El análisis estadístico del incremento en el beneficio neto (IBN) y la tasa de retorno marginal (TRM) indican que el tratamiento T4 (25% HP + 75%PHCVT) es la dieta económicamente factible, pues genera un incremento del beneficio neto de \$149,65 ± 5,45 con un margen de ganancia de 91,15 ± 2,62%, asociado a la sustitución de la harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha, la cual hace un considerable aporte de nutrientes de alta calidad fácilmente absorbibles por el sistema digestivo de los peces y transformable en masa muscular, que lleva a obtener mayores ingresos por venta y menores gastos en el costo del alimento, por ser una materia de bajo valor adquisitivo en el mercado (Winnikes, 2020). Resultados que, al compararse con la investigación de Gonzá

les, (2018) en la que evaluó un ensilado químico de residuos de tilapia en dietas de pollo de engorde, con el que obtuvo una tasa de retorno marginal del 14,22%, resultado inferior comparada con la previa investigación; sin embargo, es de resaltar que el autor menciona que la dieta control presentó el mayor crecimiento y mayor tasa de retorno marginal con un 90,64% dato similar al presente estudio; igualmente, al contrastarse con la investigación de Perea *et al.*, (2018) quienes evaluaron económicamente el uso de ensilaje químico de vísceras de trucha en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) y comprobaron que al incluir 20% de ensilaje en

la dieta se logra un incremento del beneficio neto de $249,28 \pm 111,94$ y una tasa de retorno marginal de $99,33 \pm 41,70$, valores superiores al previo estudio.

5. CONCLUSIONES

Los residuos obtenidos del faenado de trucha (vísceras blancas) al ser sometidos a procesos tecnológicos de bioconversión como, la hidrólisis enzimática y la concentración de la proteína, logran catalizar su máximo potencial nutritivo, convirtiéndose en proteína hidrolizada de alto valor biológico, que al sustituirse por la harina de pescado en las dietas experimentales isoproteicas e isoenergéticas, permiten un balance adecuado de aminoácidos esenciales que son altamente palatables por el sistema gustativo de los peces y absorbibles por las células del epitelio intestinal (enterocitos), favoreciendo su consumo y la eficiencia del mismo a nivel proteico y energético para obtener un crecimiento progresivo en los alevines de Tilapia roja.

La proteína hidrolizada de vísceras de trucha debido a su contenido de proteína, su alta digestibilidad e inocuidad, se establece como una materia proteica plausible para agregar en dietas convencionales de alevines de Tilapia roja (*Oreochromis* spp). Sin embargo, debe ser sustituida hasta un 75%, niveles superiores alteran la actividad enzimática, la flora intestinal, el transporte molecular, la acumulación de sustancias tóxicas y el aprovechamiento de la energía para los diferentes procesos metabólicos.

El proceso de conversión alimenticia que se generó al sustituir la harina de pescado por proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha hasta un 75% en las dietas de alevines de Tilapia roja, permitió que se redujera hasta en un 32,43% el costo del alimento, al ser una materia proteica altamente digestible y aprovechable por el metabolismo del animal para la formación de tejido o adquisición biomasa corporal, que a su vez provee mayores ingresos por venta y en consecuencia una retribución económica del 25,47%. Lo que demuestra que el hidrolizado es una alternativa tecnológica viable a nivel productivo, nutricional y económico.

Las vísceras de trucha son una fuente de proteína de alta calidad, pero también de alto impacto ambiental si no se les da un manejo adecuado. Al transformarlas en proteína hidrolizada se logra aprovechar su potencial nutricional y económico, al mismo tiempo que se reduce el riesgo de contaminación por su descomposición y proliferación de microorganismos patógenos. De esta manera, se contribuye a la preservación de los recursos naturales como el agua y el suelo, y se evita la generación de problemas de salud pública por la exposición a agentes infecciosos.

6. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados generados en la investigación se recomienda los residuos de vísceras de trucha como alternativa proteica nutricional en alevinos de Tilapia roja (*Oreochromis spp*); sin embargo, deben ser sometidas a procesos tecnológicos de bioconversión, como la hidrólisis enzimática con un grado del $50,67 \pm 2,57\%$ y separación mecánica de sus fases, sólida, líquida y aceite para que sean totalmente funcionales al agregarlas en las dietas.

Es recomendable utilizar equipos tecnológicos más eficientes (tricanter) para el proceso de separación de los estados de las materias, pues es una de las actividades que mayor repercute en mano de obra y por ende en los costos de producción al hacerse de forma convencional (separador y centrifuga).

Se recomienda realizar estudios sobre el comportamiento de la morfología intestinal, modulación de procesos energéticos, salud, composición corporal (cambios en la composición del músculo) y de aminoácidos al sustituir la proteína hidrolizada concentrada de vísceras de trucha en la dieta de los alevinos de Tilapia roja. Con veras de obtener un esquema de información completo de su accionar en el organismo del animal y tomar decisiones más integrales para su mejora.

Por último, se sugiere realizar la evaluación de las dietas en campo, para verificar si presentan un comportamiento similar o diferente al encontrado en un ambiente controlado. Así poderlas recomendar a los productores piscícolas.

7. BIBLIOGRAFÍA

ABDELHEDI, O., & NASRI, M. Basic and recent advances in marine antihypertensive peptides: Production, structure-activity relationship and bioavailability. *Trends in Food Science and Technology*, vol 88, pp. 543-557. 2019. doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.002

ACOSTA, M, L, C., & CAMACHO, L, I, C. Digestibilidad y palatabilidad de dietas con proteína hidrolizada de vísceras de trucha en alevines de (*Oreochromis* spp). Trabajo de grado para optar al título de ingenieras agropecuarias. 2023. Repositorio Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca.

ALBAN, M, D, E., & FUELANTALA, E, A, P. Evaluación de hidrolizado enzimático de vísceras de pollo en dietas extruidas para cachama blanca (*Piaractus brachypomus* Cuvier 1818). Trabajo de grado en la modalidad de investigación como requisito parcial para optar al título de Ingenieros Agropecuarios. 2022. Recuperado: Biblioteca, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca.

ALVARADO, R, C. Comparación del crecimiento de machos y hembras de la tilapia *Oreochromis Niloticus* cultivadas en jaulas. *Uniciencia*, vol 29 (1), pp. 1-15. 2015. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4945346.pdf>

ALVES, S, D, R., OLIVEIRA, R, S., LUCZINSKI, G, T., PINTO, P, G, I., BOSCOLO, R, W., BITTENCOURT, F., & SIGNOR, A. Palatabilidad de hidrolizados de proteína de subproductos industriales para juveniles de tilapia del Nilo. *Animals*, vol 9 (6). 2019. doi: 10.3390/ani9060311

ÁLVAREZ, T, S., CONTE, J, C, A., PIERUCCI, A, P., DE OLIVEIRA, G, V., & CORDEIRO, E, M. Acute effect of fish protein hydrolysate supplementation on vascular function in healthy individuals. *Journal of Functional Foods*, vol 46, pp. 250 - 255. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.04.066>

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis. 15th Ed., Arlington, Virginia, USA. Method 920.39, 934.01 y 942.05. 1990.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods

of Analysis. Method 985.35. Cp. 50, pp.15. 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official Methods of Analysis. Method 995.11 – “Phosphorus (Total) in Foods”, Colorimetric Method. Volume II. Editor: George W. Latimer, Jr. Cp 45 pp. 50-52. 2012.

AUTORIDAD NACIONAL DE ACUICULTURA Y PESCA (AUANAP). Plan Nacional para el Desarrollo de la Acuicultura Sostenible en Colombia - PlaNDAS. Bogotá D. C. 2014. Recuperado de: <https://fedeaqua.org/files/plan-nacional-para-el-desarrollo-de-la-acuicultura-sostenible-colombia.pdf>

AUWAL, S, M., ABIDIN, N, Z., ZAREI, M., TAN, C, P., & SAARI, N. Identification, structure-activity relationship and in silico molecular docking analyses of five novel angiotensin I-converting enzyme (ACE)-inhibitory peptides from stone fish (*Actinopyga lecanora*) hydrolysates. *Plos One*, vol 14 (5). 2019.

BELTRÁN MEZA, M. C. Innovación en el sector acuícola. *Revista Ra Ximhai*, vol 13 (3), pp. 351-364. 2017.

CALDERÓN QUISPE, V., CHURACUTIPA MAMANI, M., SALAS, A., BARRIGA SÁNCHEZ, M., & J. ARANÍBAR, M. Inclusión de ensilado de residuos de trucha en el alimento de Cerdos y su efecto en el rendimiento productivo y sabor de la carne. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, vol 28 (2), pp. 265-274. 2017.

CAMERO ESCOBAR, G., & CALDERÓN CALDERÓN, H. Vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva para la producción de Tilapia roja (*Oreochromis mossambicus*) en el departamento del Huila, Colombia. *Revista de investigación, desarrollo e innovación*, vol 9 (1), pp. 19-31. 2018.

CARDOZA, R, A, L., GUERRA E, M, F., & PALOMINO, R, R, A. Use of fish hydrolysate in aquaculture: a review of some beneficial results in aquafeeds. *Manglar*, vol 18 (2), pp. 215-222. 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2021.029>

CORREA, F, C., DA SILVA, T, C., LEONARDO, F, A., REIS, N, V, R., & SHOFFEN, E, B, D. Acid fish silage in the diet of pacu and tambacu reared at cold suboptimal

temperature. *Aquaculture*, bras. 55. 2020. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/pab/a/y8VdSd3Gj9hFZhr5gVdGS8J/?lang=en>

CHOTIKACHINDA, R., TANTIKITTI, C., BENJAKUL, S., & RUSTAD, T. Tuna viscera hydrolysate products prepared by different enzyme preparations. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, vol 40 (1), pp. 167-177. 2018. Código sanitario para los animales acuáticos (OIE). Desinfección de establecimientos y equipos de acuicultura. Cp 4.3, pp. 1-10. 2019. [Citado el 20 de agosto del 2020]. Recuperado de: https://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Health_standards/aahc/current/chapitre_di_sinfection.pdf.

CORNEJO, D, J, G. Respuesta morfométrica intestinal en Tilapia roja (*Oreochromis* spp.) alimentada con pellets enriquecidos con probióticos y prebióticos. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Agropecuarias. Palmira, Colombia. 2017. Recuperado de: https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59664/2017_Gibson_Jonny_Cornejo_Due%C3%B1as.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CROVATTO, V, G., SALARO, L, A., SAMPALO, Z, J, A., SOUZA, C, P, A., VASCONCELO, C, A, D., & SOLÍS, M, D, L. Desempeño del crecimiento y composición corporal de alevines gigantes de Trahira alimentados con dietas con diferentes niveles de proteína y energía. *Investigar agropec. bras., Brasilia*, vol 45 (9), p.1021-1027. 2010.

DA SILVA, T, C., MAURICIO ROCHA, J., MOREIRA, P., SIGNOR, A., & BOSCOLO, W. Fish protein hydrolysate in diets for Nile tilapia post-larvae. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, vol 52 (7), pp. 485-492. 2017.

DIAZ, L, H., & VARGAS, G, Y. Electronic module design for automatic fish breeding through multiparametric mathematical modeling that simulates necessary basic conditions for breeding in artificial ponds according to physico-chemical parameters. *Revista UIS Ingenierías*, vol 17 (2), pp. 253-268. 2018. Doi: <https://doi.org/10.18273/revuin.v17n2-2018022>

ESTRADA, L, J. Análisis técnico económico de alternativas para el procesamiento de los residuos sólidos de la truchicultura en Belmira, Antioquia, con énfasis en el ensilaje biológico. Tesis o trabajo de investigación presentado como requisito parcial

para optar al título de: Magister en agronegocios. Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Agrarias, Medellín, Colombia 2022.

ESTRUCH, V. D., MAYER, P., ROIG, B., & JOVER, M. Developing a new tool based on a quantile regression mixed-TGC model for optimizing gilthead sea bream (*Sparus aurata* L) farm management. *Aquaculture Research*, vol 48, pp. 5901-5912. 2017. DOI: 10.1111/are.13414.

FATTAH EL, SAYED, A. Tilapia culture. 2nd Edition. Editorial project manager, devlin person. pp 358. 2019.

FAWZYA, Y., NURSATYA, S., SUSILOWATI, R., & CHASANAH, E. Characteristics of Fish Protein Hydrolysate from Yellowstripe Scad (*Selaroides leptolepis*) Produced by a Local Microbial Protease. *E3S Web of Conferences*, vol 147 (1), 03017. 2020. DOI:10.1051/e3sconf/202014703017.

FEDERACIÓN COLOMBIANA DE ACUICULTORES (FEDEACUA). Informe de gestión Federación Colombiana de Acuicultores. Bogotá, Colombia. 2018. Recuperado de: <https://fedecua.org/wp-content/uploads/2019/11/FEDEACUA-INFORME-DE-GESTION-2018.pdf>.

FERNÁNDEZ, H, A. Ensilado químico y biológico. Una alternativa de aprovechamiento integral y sustentable de los residuos pesqueros argentinos. *Marine and Fishery Sciences*, vol 34 (2), pp. 235 - 262. 2021. DOI: <https://doi.org/10.47193/mafis.3422021010603>

GARCÍA, V, A R. Termotolerancia y campo de actividad metabólica del botete diana (*Sphoeroides annulatus*, Jenyns 1842) (Teleostei: Tetraodontidae). Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. Ensenada, Baja California, México 2016.

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

GÓMEZ, L. J., ZAPATA, J. E. efecto del nivel de grasa y velocidad de agitación en la hidrólisis enzimática de vísceras de Tilapia roja (*Oreochromis spp.*). *Información Tecnológica*, 28, 47-56. 2017. [http:// doi.org/10.4067/S0718-07642017000400007](http://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400007)

GONZÁLEZ, M, R, J. Evaluación del ensilado químico de residuos de tilapia en dietas de engorde de pollo. Trabajo de grado para otorgarle el título de Licenciado en Acuicultura. Guatemala. 2018. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/24_0254.pdf

GOOSEN, N., D. W., & J, F. G. Comparison of hydrolysed proteins from different raw materials in diets for Mozambique tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture International*, vol 23 (5), pp. 1165-1178. 2015. DOI: 10.1007/s10499-014-9873-4.

GOOSEN, N., FERDINAND GÖRGENS, J., & WET, L. D. Effects of formic acid in abalone diets that contain ingredients derived from fish processing by-products. *Aquaculture International*, vol 26, pp. 857–868, 2018.

GUTIÉRREZ ESPINOSA, M., & VELASCO-GARZÓN, J. Revisión: necesidades nutricionales de peces de la familia Pimelodidae en Sudamérica (Teleostei: Siluriformes). *Revista de biología tropical*, vol 67 (1), pp.146-163.2018. DOI: 10.15517/RBT.V67I1.33627.

HA, N., JESUS, G. F. A., GONÇALVES, A. F. N., DE OLIVEIRA, N. S., SUGAI, J. K., PESSATTI, M. L., MOURIÑO, J. L. P., & EL HADI PEREZ FABREGAT, T. Sardine (*Sardinella spp*) protein hydrolysate as growth promoter in South American catfish (*Rhamdia quelen*) feeding: Productive performance, digestive enzymes activity, morphometry and intestinal microbiology. *Aquaculture*, 500, 99-106. 2019.

HOU, Y., WU, Z., DAI, Z., WANG , G., & WU, G. Protein hydrolysates in animal nutrition: Industrial production, bioactive peptides, and functional significance. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, vol 8 (24). 2017. DOI: 10.1186/s40104-017-0153-9.

HOYOS CONCHA, J., VILLADA CASTILLO , H., FERNÁNDEZ QUINTERO, A., & BONILLA MÉNDEZ, J. Chemical Characterization of Hydrolyzed Protein Meal Obtained from Trout (*Oncorhynchus Mykiss*) By-Products Silage. *Indian Journal of Science and Technology*, vol 11 (16). 2018. DOI: 10.17485/ijst/2018/v11i16/118634, April 2018.

INFOPECA INTERNACIONAL N° 65. Las proteínas en los productos pesqueros. 2019. Recuperado de:
<https://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publilibreacceso/2631//INFOPECA%2065.pdf>

JÁCOME, J., QUEZADA ABAD, C., SÁNCHEZ ROMERO, O., PÉREZ, J. E., & NIRCHIO, M. Tilapia en Ecuador: paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Scielo Perú*, vol 26 (4), pp. 543-550, 1727-9933.

JIN, S., SEOK CHOI, J., & GYUN YIM, D. Hydrolysis Conditions of Porcine Blood Proteins and Antimicrobial Effects of Their Hydrolysates. *Food Science of Animal Resources*, vol 40 (2), pp. 172-182. 2020. Doi: 10.5851/kosfa.2020.e2.

KHIEOKHAJONKHET, A. Y SURAPON, K. - Efectos del hidrolizado de proteína de pescado sobre el rendimiento del crecimiento, la alimentación y la utilización de proteínas de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). vol 16(3), PP. 641-654. 2020. recuperado de: <http://www.ijat-aatsea.com> ISSN 2630-0192

KUMAR, P, A., MOSHIUR, R, M., MAHABUBUR, R, M., & SHAHANUL, I, M. Effects of Commercial Feeds on the Growth and Carcass Compositions of Monosex Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Fisheries and Aquatic Scienc*, vol 13 (1). 2018. DOI: 10.3923/jfas.2018.1.11

MADR-MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Dirección de cadenas pecuarias, pesqueras y acuícolas, Cadena de la acuicultura. pp. 21. 2021. Recuperado de: <https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

MARTÍNEZ, A, O., CHAMORRO, S., & BRENES, A. Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: A review. *Food Research International*, vol 73, pp. 204-212. 2015. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.04.005 CITATIONS.

MAURICIO, R, J, D., ROSSETTO, F, J., DA SILVA, C, T., FEIDEN, A., BITTENCOURT, F., BOSCOLO, R, W., & SIGNOR, A. Proteína hidrolisada de

frango em dietas para alevinos de tilapia. *Research, Society and Development*, vol, 10 (14). 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21796>

MÉNDEZ, M, Y., PÉREZ, T, Y., TORRES, N, Y., & REYES, P, J, J. Estado del arte del cultivo de Tilapia roja en la mayor de las Antillas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, vol 2, pp. 15-24. 2018.

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL DE COLOMBIA (MINSALUD). Estrategia nacional para la prevención y control de las deficiencias de micronutrientes en Colombia 2014-2021. 2015. Recuperado de: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SNA/Estrategia-nacional-prevencion-control-deficiencia-micronutrientes.pdf>.

MIRABENT, C, M., & TOLEDO, P, J, S. Dietas para reproductores de peces con potencial para el cultivo marino en Cuba. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*, vol. 35 (1), pp. 30-37.

MIRANDA, G, D, J. Digestibilidad de nutrientes y determinación del requerimiento energético de juveniles de paco (*Piaractus brachypomus*). Tesis para optar por el grado de maestro magister scientiae en nutrición. Lima-Perú. 2018.

MITICANOY, M, J, J. Efecto nutricional del hidrolizado enzimático de vísceras de pollo en la alimentación de tilapia roja (*Oreochromis spp*). Trabajo de grado en la modalidad de Investigación para optar por el título de Ingenieros agropecuarios. Universidad del Cauca facultad de ciencias agrarias programa de ingeniería agropecuaria. Popayán. 2021.

MONTERO, B, M. Protein hydrolyzed from byproducts of the fishery industry: Obtaining and functionality. *Agronomía Mesoamericana*, vol. 32, núm. 2, pp. 681-699. 2021. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.41437>

MONTOYA, M, M., GARCIA, U, M., HERNANDEZ, L, A., NOLASCO, S, RODRÍGUEZ, G, H. Digestibilidad, crecimiento, química sanguínea y actividad enzimática de juveniles *Oreochromis niloticus* alimentado con dietas isocalóricas que contienen subproductos animales y vegetales. *Revista Brasileira de Zootecnia Brazilian*, vol, 46 (12). 2017. Recuperado de: <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001200001>

MUDARRA, R. Funciones bioactivas de péptidos derivados de proteínas hidrolizadas de pescado: aplicación en la nutrición porcina funciones bioactivas de péptidos derivados de proteínas hidrolizadas de pescado: aplicación en la nutrición porcina. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, vol. 4 (2). 2022. Recuperado de: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/222/2223233010/>

NASRI, M. Protein hydrolysates and biopeptides: production, biological activities, and applications in foods and health benefits. A review. *Advances in food and nutrition research*, vol. 81, pp. 109-159. Academic Press. 2017. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.10.003>

LLANES, E, J., TOLEDO, J.; PORTALES, A. & SARDUY, L. Partial replacement of fishmeal by meat silage in extruded diets for *Clarias gariepinus*. *Cuban J. Agric. Sci*, vol 51 (1), pp.1-7. 2017. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193057227009>

LLANES, I, E, J., & PARASI, G. Productive and economic indicators of *Clarias gariepinus*, fed with fishery byproducts ensiled with sulfuric and formic acids. *Pastos y Forrajes*, vol 43 (3), pp. 184-189. 2020. <https://www.redalyc.org/journal/2691/269165823002/html/>

LÓPEZ, L, V., RODRÍGUEZ, M, A, G., GALAVÍZ, A, M., ROMÁN, R, C., HERNÁNDEZ, M, A, E., DABROWSKI, K., & HAWS C, M. Descripción histológica comparativa del desarrollo del sistema digestivo y visual de larvas de chame *Dormitator latifrons* (Pisces: Eleotridae). *Lat. Am. J. Aquat*, vol 43 (3), pp. 484-494. 2015. DOI: 10.3856/vol43-issue3-fulltext-10.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN (FAO). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Roma. 2022. Recuperado de: <http://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Visión general del sector acuícola nacional 2022. Recuperado de: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_elsalvador/es.

ORTEGA TORO, R., & HOYOS CONCHA, J. Residuos piscícolas a ensilaje biológico: Evaluación fisicoquímica. *UNAD*, vol 10. 2015.

OMASAKI, S. K., JANSSEN, K., BESSON, M., & KOMEN. Economic values of growth rate, feed intake, feed conversion ratio, mortality and uniformity for Nile tilapia. *Aquaculture*, vol 481, pp. 124132. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.04.013>

OSIRIS, E, C., VELÁSQUEZ, A, R., RIVAS, A, F. Análisis de la proteína hidrolizada extraída del tejido de la curvina y la tilapia en el alimento del camarón. *Revista Ciencia y Tecnología*, 22. 2018. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/189/1891191004/index.html>

OSORIO CEVALLOS, V., & LLERENA HIDALGO, A. Producción y caracterización bioquímica de hidrolizado bioquímica de hidrolizado enzimático elaborado a partir de los residuos de la pesca. *Dialnet*, vol 19 (2), pp. 97-106. 2018.

PAZ, A. M., MENESES, R. J., & LÓPEZ, M. J. Digestibility of diets with flour fish silage for the growing of arawana (*Osteoglossum bicirrhosum*). *MVZ Cordoba*, vol 21 (1), pp. 5177-5188. 2015.

PEREA, C., HOYOS, J. L., GARCÉS, Y. J., MUÑOZ, L. S., & PEÑARANDA, J. A. Valoración económica del uso de ensilaje de residuos piscícolas en la alimentación de *Oreochromis* spp. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol 16 (1), pp. 1692-3561. 2018.

PEREA, C., GARCÉS, Y. J., MORALES, B, J, Y. JIMÉNEZ, C, M, A., HOYOS, J. L., VIVAS, Q, J, N. Digestibility of enzymatic hydrolyzates from animal origin viscera in *Piaractus brachypomus*, Cuvier 1818. *Rev.Bio.Agro*, vol 20 (1). 2021. DOI: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1606>

PRIHANTO A, A., NURDIANI, R., BAGUS, A, D. Production and characteristics of fish protein hydrolysate from parrotfish (*Chlorurus sordidus*) head. 2019. *PeerJ*. Recuperado de: <https://peerj.com/articles/8297/>

QUINTO, B. P. T., ALBUQUERQUE, J. V., BEZERRA, R. S., PEIXOTO, S., & SOARES, R. Replacement of fishmeal by two types of fish protein hydrolysate in feed for postlarval shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Nutrition*, 24(2), 768- 776. 2018.

RAMIREZ, J., MORA, M., VAQUIRO, H., & SOLANILLA DUQUE, J. Enzymatic hydrolysis of fish viscera using pepsin and pancreatin. *Agronomía Colombiana*, vol 34 (1). S1013-S1015. 2016. 10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58030.

REAL, J, N. Diseño y análisis de modelos estacionales de regresión cuantil para la descripción del crecimiento de la Dorada (*Sparus aurata L.*) en condiciones de producción. Universidad politécnica de Valencia. Gandia. 2011.

REYES, S, L, D. Densidades idóneas para sistemas de policultivo de especies comerciales Tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y Carpa roja (*Ciprynus carpio*) en sistemas de confinamiento artesanal en lagos artificiales en Santiago de Cali (Valle del Cauca, Colombia). *IDESIA*, vol 36(1), pp. 73-82. 2018.

RIBEIRO, S., FONSECA, F., QUEIROZ NASCIMENTO, M., & URIBE GONÇALVES, L. Fish protein hydrolysate as an ingredient in diets for arapaima gigas. *Bol. Inst. Pesca, São Paulo*, vol 44, pp. 85-92. 2017.

RINCON, D, D., VELÁSQUEZ, A, H., DAVILA, J, M., SEMPRUN, M, A., MORALES, D, E., & HERNANDEZ, L, J. Substitution levels of fish meal by Arthrospira (=Spirulina) maxima meal in experimental diets for red tilapia fingerlings (*Oreochromis sp.*). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*,

RODRÍGUEZ, PULIDO1, J, A., MIRA, LÓPEZ, T, M., & CRUZ, CASALLAS, P, E. Determinación, diferenciación sexual y pubertad en peces. *Scielo*, vol 22 (1). 2018.

RUALES, C., BEDOYA MEJÍA, O., & MILLÁN CARDONA. Silo de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) como suplemento en alimentación de ovinos. *Producción + limpia*, vol 13 (2), pp. 29-36. 2018. DOI: 10.22507/pml.v13n2a4.

RUEDA-BARRIOS, G., BOHÓRQUEZ FARFÁN, L., REYES-FIGUEROA, J., & GÓMEZ DÍAZ, D. Diagnóstico de las unidades productivas en el sector piscícola de Santander (Colombia). *Revista Espacios*, vol 40 (28), pp. 25. 2019.

LEDUC, A., ZATYLN-YGAUDIN, C., ROBERT, M., CORRE, E., CORGUILLE, G. L., CASTEL, H., LEFEVRE-SCELLES, A., FOURNIER, V., GISBERT, E., ANDREE, K. B., & HENRY, J. Dietary aquaculture by-product hydrolysates: Impact on the transcriptomic response of the intestinal mucosa of European seabass

(*Dicentrarchus labrax*) fed low fish meal diets. *Genómica BMC*, vol 19 (1), 396. 2018. Recuperado de: <https://bmcbgenomics.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12864-018-4780-0>

LUCZINSKI, G, T. Proteína hidrolizada de frango em dietas para juvenis de Tilápia-do-Nilo. *Biblioteca responsável. BR68.1*. 2019. Recuperado de: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/vtt-212314#:~:text=Biblioteca%20respons%C3%A1vel%3A-,BR68.1,-RESUMO>

SALDAÑA, E, R., SÁNCHEZ, S, M., BARBOSA, R, L., HERNANDEZ, M, I., & SÁNCHEZ, A, N. Calidad del agua para el cultivo de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en etapa de alevinaje con tecnología biofloc. *Avances en investigación científica*, (1 ed, vol 3, pp. 289-301. Corporación Universitaria Autónoma de Nariño, Colombia. <https://doi.org/10.47666/avances.inv.3>

SALINAS, M, P, A. Niveles de energía y relación proteína a energía sobre el desempeño productivo y composición corporal del paco (*Piaractus brachypomus*). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima - Perú. 2018.

SAMADDAR, A., KAVIRAJ, A., & SAHA, S. Utilization of fermented animal by-product blend as fishmeal replacer in the diet of *Labeo rohita*. *Aquaculture Reports*, vol 1, pp. 28-36. 2015. DOI: 10.1016/j.aqrep.2015.03.004.

SAMPEDRO, G, J, L., GRIMALDOS, G, A, N., PEREAÑEZ, A, J., & MONTOYA, Z, E, J. Lipids as competitive inhibitors of subtilisin carlsberg in the enzymatic hydrolysis of proteins in red tilapia (*Oreochromis sp.*) viscera: insights from kinetic models and a molecular docking study. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 36, No. 02, pp. 647 - 655. 2019. [dx.doi.org/10.1590/0104-6632.20190362s20180346](https://doi.org/10.1590/0104-6632.20190362s20180346)

SANCHES ALVES, D., DE OLIVEIRA, S., LUCZINSKI , T., GUTERRES PINTO PAULO, I., BOSCOLO, W., & BITTENCOURT, F. Palatability of Protein Hydrolysates from Industrial. *Revista Animals*, vol 9 (6), pp. 311. 2019. [doi:10.3390/ani9060311](https://doi.org/10.3390/ani9060311).

SARY, C., DE PARIS, L., MIOTTO BERNARDI, D., LEWANDOWSKI, V., SIGNOR, A., & BOSCOLO, W. Tilapia by-product hydrolysate powder in diets for Nile Tilapia

larvae. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, vol 39 (1), pp 1-6. 2017. Doi: 10.4025/actascianimsci.v39i1.32805.

SIDDIK, M. A., HOWIESON, J., PARTRIDGE, G. J., FOTEDAR, R., & GHOLIPOURKANANI, H. Dietary tuna hydrolysate modulates growth performance, immune response, intestinal morphology and resistance to *Streptococcus iniae* in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. *Scientific Reports*, vol 8 (1), pp. 1-13. 2018.

SUAREZ, L, M., MONTES, J, R & ZAPATA, J, E. Optimización del contenido de ácidos en ensilados de vísceras de Tilapia roja con análisis del ciclo de vida de los alimentos. *Scielo*, vol 29 (6), pp. 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 cocultivo intensivo. *Scielo*, vol 9 (2), pp. 167-176. 2018.

TORREZ, E, S., & REYES, A, W. Efecto de dietas con ensilado biológico de residuos de molusco en el crecimiento del camarón *Cryphiops caementarius* y tilapia *Oreochromis niloticus* en cultivo intensivo. *Scientia Agropecuaria*, vol 9 (2), pp. 167-176. 2018.

VALENZUELA, R., MARTÍNEZ, P., & AREVALO, J. Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de Tilapia roja (*Oreochromis* spp). *Ingeniería y Región*, vol 18. 2018. DOI: 10.25054/22161325.1737.

VÁSQUEZ, GONZÁLEZ, A., ARREDONDO, FIGUEROA, J, L., MENDOZA, MARTÍNEZ, G, D., VIANA, CASTRILLÓN, M, T., & PLATA, PÉREZ, F, X. Efecto del nivel de proteína en el crecimiento de *Goodea atripinnis* (Pisces: Goodeidae). *Hidrobiológica*, vol 28 (1), pp. 121-127. 2018.

VÁZQUEZ, M, P. Obtención de hidrolizados de proteínas de vísceras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) con propiedades bioactivas y/o funcionales. Repositorio institucional Universidad de Antioquia. 2020. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/10495/19965>

VELASCO, G, S, J., & GUTIÉRREZ, E, C, M. Aspectos nutricionales de peces ornamentales de agua dulce. *Revista Politécnica*, vol 15 (30), pp. 82-93. 2019. DOI: <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a8>

VILLAMIL, O., VÁQUIRO, H., & SOLANILLA, J, F. Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. *Food Chemistry*, 224, 160-171. 2017. doi: 10.1016/j.foodchem.2016.12.057

WINNISKI, R, F. Análise de viabilidade econômica da utilização de proteína hidrolisada de frango (PHF) na alimentação da tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*). Trabajo de posgrados para la obtención del título de Maestría en Recursos Pesqueros e Ingeniería Pesquera. Programa de Posgrado en Recursos Pesqueros e Ingeniería Pesquera. Centro de Ingeniería y Ciencias Exactas de la Universidad Estadual del Oeste de Paraná. 2020.

YAMAMOTO, F, Y., DE CRUZ, C. R., WALDEMAR, R, J., & GATLIN, D, M, Nutritional value of dry-extruded blends of seafood processing waste and plant-protein feedstuffs in diets for juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*, L.). *Aquaculture Nutrition*, vol 26 (1), .pp 88-97.2020. DOI: 10.1111/anu.12969.

YANCE, F, A, B. Evaluación de harina de subproducto avícola en reemplazo de harina de pescado para dietas de inicio de Paiche (*Arapaima gigas*). Tesis para optar al título de ingeniero zootecnista. Lima, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4371>

YANG, H., LI, X., LIANG, G., XU, Z., & JUN LENG, X. Cork and guar gum supplementation enhanced the buoyancy of faeces, and protease supplementation alleviated the negative effects of dietary cork on growth and intestinal health of tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. *Aquaculture Nutrition*, vol 26, pp. 26-36. 2018.

YUCRA, Q, M, A. Alimentación de truchas *Oncorhynchus mykiss* con dietas de ensilados biológicos de vísceras de truchas. *Revista de Investigaciones*, Vol 11 (2), pp. 94-107. 2022. DOI: <https://doi.org/10.26788/ri.v11i2.3131>

ZAPATA, H. J., & GUTIÉRREZ CASTAÑEDA, C. A. Hidrolizados de pescado-producción, beneficios y nuevos avances en la industria. *Una revisión Agroindustria y Ciencia de los Alimentos*, vol 66 (3), pp. 311-322. 2017.

ZAPATA, J. E., MOYA, M., & FIGUEROA, O. A. Hidrólisis enzimática de la proteína de vísceras de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*): Efecto del tipo de enzima, temperatura, pH y velocidad de agitación. *Scielo*, vol 30 (6), pp 63-72. 2019.

8. ANEXOS

Anexo A. Formato registro de alimentación de los peces.

PROYECTO ID																
REGISTRO DE ALIMENTACIÓN																
N° PECES INICIAL: 180 (15/JAULA)			ESPECIE: Tilapia (<i>Oreochromis spp</i>)				EDAD PECES: ALEVINES				FECHA DE INICIO: 21/06/2022					
N° DE DÍAS DE EVALUACIÓN: 42 DÍAS				PESO PROMEDIO INICIAL: 20,287788						PESO PROMEDIO FINAL: 44,07866						
FECHA	JORNADA	T0R1	T0R2	T0R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	T5R1	T5R2	T5R3
21-jun-22	8:30 a. m.	BIOMETRIA (INICIO DE EVALUACIÓN)														
	12:00 M	3,03	3,13	3,08	8,55	7,26	7,905	7,5	6,78	7,14	7,07	7,22	7,145	4,29	4,73	4,51
	3:30 p. m	4,04	3,96	4	7,4	7,8	7,6	4,33	7,38	5,855	5,96	5,86	5,91	5,37	3,89	4,63
22-jun-22	8:30 a. m.	4,83	4,9	4,865	7,7	7,9	7,8	4,7	6,04	5,37	5,91	4,35	5,13	4,48	7,8	6,14
	12:00 M	5,13	4,28	4,705	6,81	5,57	6,19	7,69	4,23	5,96	6,38	4,92	5,65	5,13	5,32	5,225
	3:30 p. m	6,15	4,68	5,415	6,06	5,66	5,86	5,73	5,47	5,6	7,16	6,48	6,82	5,42	3,99	4,705
23-jun-22	8:30 a. m.	4,15	3,38	3,765	8,85	7,11	7,98	8,89	8,32	8,605	8,37	8,58	8,475	8,15	6,92	7,535
	12:00 M	4,15	3,45	3,8	8,25	8,2	8,225	7,76	8,89	8,325	8,16	8,37	8,265	7,56	6,42	6,99
	3:30 p. m	5,01	3,95	4,48	8,75	7,95	8,35	7,04	8,32	7,68	6,81	6,86	6,835	5,04	6,37	5,705
24-jun-22	8:30 a. m.	5,52	5,57	5,545	8,8	7,26	8,03	6,98	6,57	6,775	6,7	7,17	6,935	6,13	7,51	6,82
	12:00 M	4,54	3,46	4	8	7,56	7,78	6	5,9	5,95	7,64	5,97	6,805	5,19	6,27	5,73
	3:30 p. m	5,18	5,97	5,575	8,7	7,71	8,205	6,62	6,41	6,515	8,16	7,74	7,95	6,72	7,31	7,015
25-jun-22	8:30 a. m.	3,36	3,77	3,565	7,215	7,611	7,413	7,659	6,731	7,195	7,1768	7,33	7,2534	6,13	5,83	5,98
	12:00 M	4,09	1,51	2,8	7,41	7,4	7,405	5,64	6,83	6,235	6,84	7,07	6,955	5,04	5,78	5,41
	3:30 p. m	5,42	6,49	5,955	8,85	8,95	8,9	7,55	8,79	8,17	8,42	8,77	8,595	6,82	6,32	6,57
26-jun-22	8:30 a. m.	3,99	4,04	4,015	8,6	6,07	7,335	5,85	6,06	5,955	6,6	7,38	6,99	6,03	6,13	6,08
	12:00 M	3,4	4,42	3,91	7,8	6,71	7,255	4,39	6,04	5,215	6,43	5,44	5,935	3,94	7,66	5,8
	3:30 p. m	4,01	4,8	4,405	9	8,95	8,975	8,27	8,64	8,455	8,89	8,73	8,81	7,71	7,07	7,39

Anexo B. Formato registro de temperatura del agua.

PROYECTO ID																
REGISTRO DE TEMPERATURA DE PECES																
N° PECES INICIAL: 180 (15/JAULA)			ESPECIE: Tilapia (<i>Oreochromis spp</i>)				EDAD PECES: ALEVINES				FECHA DE INICIO: 21/06/2022					
N° DE DÍAS DE EVALUACIÓN: 42 DÍAS			PESO PROMEDIO INICIAL: 20,28779				PESO PROMEDIO FINAL: 44,07866									
FECHA	JORNADA	T0R1	T0R2	T0R3	T1R1	T1R2	T1R3	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3
INICIO DE LA EVALUACIÓN																
21/06/2022	8:30:00 a. m.	25,90	27,3	26,6	24,50	25,5	25,0	24,60	25,3	24,95	22,8	23,7	23,25	25,8	24,5	25,15
	12:00 M	25,60	25,3	25,45	26,60	28,1	27,4	27,00	26,8	26,9	27,2	25,6	26,40	26,5	26,8	26,65
	3:30 p. m	25,80	26,9	26,35	25,60	27,5	26,6	25,70	26,5	26,1	25,9	26,1	26,00	25,8	25,6	25,7
PROMEDIO POR DÍA		25,77	26,50	26,13	25,57	27,03	26,30	25,77	26,20	25,98	25,30	25,13	25,22	26,03	25,63	25,83
22/06/2022	8:30:00 a. m.	26,00	27,5	26,75	26,10	26,8	26,5	27,10	26,7	26,9	27,3	27,5	27,40	26,1	27,4	26,75
	12:00 M	25,20	26,2	25,7	25,40	28,1	26,8	25,30	25,4	25,35	26,6	26,2	26,40	25,4	26,1	25,75
	3:30 p. m	25,20	27,5	26,35	25,10	27,5	26,3	25,80	25,4	25,6	26,1	26,1	26,10	25,6	25,9	25,75
PROMEDIO POR DÍA		25,47	27,07	26,27	25,53	27,47	26,50	26,07	25,83	25,95	26,67	26,60	26,63	25,70	26,47	26,08
23/06/2022	8:30:00 a. m.	25,90	26,2	26,05	27,10	26,8	27,0	26,10	26,5	26,3	21,6	26,8	24,20	26,3	27,3	26,8
	12:00 M	25,50	25,7	25,6	26,40	28,1	27,3	26,70	26,8	26,75	27,8	27,2	27,50	27,1	27,3	27,2
	3:30 p. m	26,40	27,5	26,95	26,20	27,5	26,9	26,60	26,6	26,6	27,3	26,8	27,05	26,5	26,8	26,65
PROMEDIO POR DÍA		25,82	26,62	26,22	26,31	27,47	26,89	26,37	26,43	26,40	25,84	26,85	26,35	26,40	26,97	26,68
24/06/2022	8:30:00 a. m.	26,80	25	25,9	26,50	26,8	26,7	25,90		12,95	26,9	26,5	26,70	25,5	26,7	26,1
	12:00 M	25,90	27,6	26,75	26,20	26,6	26,4	26,30	26,2	26,25	26,8	26,7	26,75	26,3	27,1	26,7
	3:30 p. m	27,10	28,3	27,7	25,70	26,3	26,0	26,10	26,6	26,35	26,8	26,3	26,55	26,1	26,4	26,25
PROMEDIO POR DÍA		26,60	26,97	26,7833	26,13	26,57	26,4	26,10	26,40	26,25	26,83	26,50	26,67	25,97	26,73	26,35
25/06/2022	8:30:00 a. m.	27,10	25,7	26,4	26,50	26,6	26,6	26,50	26,4	26,45	25,1	26,5	25,80	26,4	27,1	26,75
	12:00 M	26,10	27,6	26,85	26,50	26,6	26,6	26,20	26,3	26,25	25,8	27,1	26,45	26,1	26,8	26,45
	3:30 p. m	26,80	28,3	27,55	25,20	26	25,6	25,60	25,9	25,75	25,5	25,9	25,70	25,6	26,3	25,95
PROMEDIO POR DÍA		26,67	27,20	26,93	26,07	26,40	26,23	26,10	26,20	26,15	25,47	26,50	25,98	26,03	26,73	26,38
26/06/2022	8:30:00 a. m.	27,30	25,8	26,55	26,00	25,8	25,9	27,50	26,8	27,15	26,3	26,2	26,25	26,8	26,7	26,75
	12:00 M	25,90	27,3	26,6	27	26,9	27,0	26,50	26,1	26,3	16,5	27,1	21,80	26,2	27,1	26,65
	3:30 p. m	28,80	29,3	29,05	25,3	25,7	25,5	25,90	25,7	25,8	26	25,6	25,80	25,9	26,8	26,35
PROMEDIO POR DÍA		27,33	27,47	27,40	26,10	26,13	26,12	26,63	26,20	26,42	22,93	26,30	24,62	26,30	26,87	26,58
27/06/2022	8:30:00 a. m.	26,40	26,1	26,25	27,4	25,1	26,3	25,70	25,8	25,75	26,6	26,5	26,55	26,3	25,9	26,1
	12:00 M	25,80	26,9	26,35	25,5	26,5	26,0	25,9	26,5	26,2	25,9	26,6	26,25	26,3	26,6	26,45
	3:30 p. m	25,80	27,7	26,75	27,1	26,3	26,7	26	26,1	26,05	26,6	26,3	26,45	26,3	26,4	26,35
PROMEDIO POR DÍA		26,00	26,90	26,45	26,67	25,97	26,3	25,87	26,13	26	26,37	26,47	26,42	26,30	26,30	26,3

Anexo C. Formato registro de biometrías.

Biometría inicial

REGISTRO DE BIOMETRÍA DE PECES																														
N° PECES INICIAL:		180 (15/JAULA)										ESPECIE: Tilapia (<i>Oreochromis</i> spp)										N° DE DÍAS DE EVALUACIÓN: 42 DÍAS								
FECHA DE BIOMETRÍA: 7/06/2022						PESO PROMEDIO INICIAL: 20,29										EDAD PECES: ALEVINES														
N°	TOR1		TOR2		TOR3		T1R1		T1R2		T1R3		T2R1		T2R2		T2R3		T3R1		T3R2		T3R3		T4R1		T4R2		T4R3	
	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla
1	12,5	9	12	9	9	8	33,5	12,5	40	11,5	40,5	12,5	31	11,5	38	12,6	44	13,5	29,5	12,3	29,5	12,2	36,5	12	36,5	11,5	36,5	11,6	36	13,5
2	8,8	8,8	12,5	9	9,5	8,2	26,5	11,5	35,5	12,5	24,5	11,3	37,5	12,6	35,5	11	41,5	13,1	39	13	30	12	32	11,6	33	12,5	28,5	11,5	34	10,8
3	9,5	8,8	13,5	9,3	9,5	8,2	40,5	12,5	30	12	38	12,7	38	13	26	10,4	25,5	10,6	21,5	10,4	42	11,8	35	12,5	19	10,5	40,5	13,4	32,5	12,8
4	10	8,2	10	8,7	11	8,5	30	12	32,5	12,2	34,5	12,8	28	11,5	34	12,5	34	12,5	41	12,8	26	10,5	19,5	10,6	37,5	13,1	20,5	10,8	36	12,8
5	13	8,6	12,5	8	10	8,5	35,5	13	28,5	11,7	30	11,8	29,5	11,5	33	12,4	30	10,7	31	11,5	31	12	28	11,6	36,5	11,5	38,5	12	36	13
6	8,5	8,5	16	9,5	9	7,9	37	13	27,5	11,5	28	12,1	35,5	12,4	43	13	31	12,5	29	11,5	36,5	11,2	36	12,5	30,5	12	39,5	13	44,5	13,8
7	9,5	8	9,5	8,5	11	8,5	38,5	13	31,5	11,5	30,5	12,5	36	11,5	38,5	13	40	12,8	36,5	11,5	40	13	41,5	13,7	33	12,1	29,5	11,7	30,5	12
8	11,5	8,3	10	8,3	10	8	27	11,4	35,5	11,7	43	13,2	33	13,5	36	13,1	44	12	36,5	11,5	41,5	13	23	12	33	12,5	25,5	11,5	37,5	13,1
9	11	8,3	8	8,1	11	8,5	30	12,3	30,5	12	27,5	11,5	37,5	12,5	30,5	10,6	40	13,1	35	12,5	31,5	10,7	34,5	13	32,5	12,3	30,5	11,1	34,55	12,8
10	11	8,2	9,5	8,3	11,5	8,7	28	11,5	40,5	13,4	40	13,5	37	13	29,5	11,2	37,5	13,4	30,5	11,7	44	13,2	44,5	13,7	30	12	35,5	13	42,5	12,7
11	9,5	8	10,5	8,4	12	9	42	13,5	34	12,3	40	11,3	32	12,1	20,5	10,5	47	13,6	21,5	10,5	38,5	13	22	11,1	29	11,3	39	13	32,5	12,5
12	10	8,2	10,5	8,5	9	8	31,5	12,6	29	12	27	11,1	32,5	12,2	34	11,5	36,5	13	26	10,5	34,5	11	31	12,5	27	10,6	42	12,8	39	13
13	9,5	8	9,5	8,4	12	9	42,5	11,5					38	11,5											23,5	11,5				
PROMEDIO	10,33	8,377	11,08	8,615	10,35	8,385	34,04	12,33	32,92	12,03	33,63	12,19	34,27	12,22	33,21	11,82	37,58	12,57	31,92	11,59	35,42	11,97	31,96	12,23	30,85	11,8	33,83	12,12	36,3	12,73

Biometría final

REGISTRO DE BIOMETRÍA DE PECES																														
N° PECES INICIAL:		180 (15/JAULA)										ESPECIE: Tilapia (<i>Oreochromis</i> spp)										N° DE DÍAS DE EVALUACIÓN: 42 DÍAS								
FECHA DE BIOMETRÍA: 2/08/2022						PESO PROMEDIO INICIAL: 20,28779										PESO PROMEDIO FINAL: 44,07866										EDAD PECES: ALEVINES				
N°	TOR1		TOR2		TOR3		T1R1		T1R2		T1R3		T2R1		T2R2		T2R3		T3R1		T3R2		T3R3		T4R1		T4R2		T4R3	
	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla	Peso	Talla
1	46,5	13,5	33	12,5	45	13,5	106,5	18	62,5	14,5	88	17,5	59	15,1	88	17	38	13	117,5	18	69	15,5	94,5	16,7	76,5	16	44,5	13,5	40	13,2
2	47	13,7	66	16	45	13,2	105,5	18	78,5	16,8	113,5	18,1	68,5	16,5	96	17,1	83,5	16	123	18	84	15,9	106,5	17	69	15,2	105	18	41,5	13
3	63,5	14,5	64,5	15	39	13	57	14,5	82	16,1	85	16	91,5	16,7	80	16,4	79,5	16,1	37	13,5	92,5	16	68,5	15,7	51,5	14,2	76	15,7	82,5	16,5
4	58	14,2	60	14,7	42	13,1	98	16,8	99	16,8	74	15,2	86,5	17,4	72,5	15,7	98,5	17,5	90,5	16,8	83,5	16	49	14,5	53	14,3	76,5	16,2	46,5	14
5	60,5	15,1	61,5	15,1	51	13,5	60,5	15	97,5	16,5	58,5	15	65	15,2	100	16,3	59,5	15	77	16,7	104	17	102	17,5	78	16,3	81	16,5	60	15,5
6	77	16,5	33,5	12,5	54	14,6	59	15	62,5	15,2	56	14,5	73,5	16	83,5	16	67	16	100,5	17,3	103	17,8	124	17,7	63,5	15	49	13,5	39,5	13,5
7	63	14,5	36,5	12,5	49,5	14	46,5	13,8	69,5	15	91,5	17	108,5	17,5	90,5	16,8	89,5	17	50,5	14,1	56,5	14	100	18	78	15,5	81	16	100	17,5
8	68	15,6	76,5	16,2	66,5	15,3	102	16,8	67,5	15	87	16,9	110,5	17,7	57	14,5	76	15,5	100,5	17	77,5	15,5	126	18,2	77,5	15,8	78,5	15,5	80	16,5
9	60,5	15	39,5	13,5	74,5	15,8	61,5	14,6	44,5	13,9	87,5	16,3	72,5	15,2	44,5	13,2	125,5	18,3	87,5	17,7	44,5	13,6	32,5	13	89,5	17,1	50,5	13,5	81	16,4
10	51	14	39	13	44,5	13,5	110,5	17,5	65,5	15,3	86,5	16,8	64	14,5	90,5	16,5	123	18,3	54,5	14,6	69	15,4	38	13,5	75	16,2	69	15,8	102	17,5
11	45	13,3	30,5	12,2	59,5	14,8	73,5	16,8	59,5	14,5	123	18,2	40	14,2	48,5	14,2	55,5	14	118	18,4	120,5	18,5	117	17,7	77,5	13,7			55	15,2
12	53	14	48,5	14	74,5	16	77	16,3	70	16,3	87	15,6	53	14			120	17,8	32,5	12,5	36,5	12,5	66,5	15,6	82	16			73	15,5
13	50,5	13,6	51	14	40,5	13,5	70	15					99	16,9					51	14,2					87,5	16,2				
PROMEDIO	57,19	14,42	49,231	13,94	52,731	14,138	79,0385	16,008	71,542	15,4917	86,458	16,425	76,2692	15,9154	77,364	15,7909	84,625	16,208	80	16,06154	78,375	15,6417	85,375	16,2583	73,7308	15,5	71,1	15,42	66,75	15,3583

Anexo C. Formato registro de mortalidad.

REGISTRO DE MORTALIDAD											
N° PECES INICIAL: 180 (15/JAULA)							ESPECIE: Tilapia (<i>Oreochromis spp</i>)				
FECHA DE INICIO : 21/06/2022							PESO PROMEDIO INICIAL : 20,29				
FECHA	T2R1	T2R2	T2R3	T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3	T5R1	T5R2
9/06/2022	1	1					1	1		2	
10/06/2022	2	4		2	1		2	2			2
11/06/2022	3	3		2	2		3	2		1	6
12/06/2022	1			1	3		1	1			
13/06/2022		1						1		2	1
14/06/2022		1			1						1
15/06/2022		1			2			1		2	
16/06/2022											
17/06/2022											
18/06/2022											
19/06/2022											1
25/06/2022											1
26/06/2022											1
27/06/2022				1							
TOTAL	7	11		6	9		7	8		7	13