



Determinación de parámetros nutritivos en tilapia roja (*Oreochromis spp*) alimentada con dietas extruidas a partir de la inclusión de hidrolizado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Yesica Andrea Campo Rivera

Universidad Antonio Nariño

Programa de Medicina Veterinaria

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Popayán

2022

Determinación de parámetros nutritivos en tilapia roja (*Oreochromis spp*) alimentada con dietas extruidas a partir de la inclusión de hidrolizado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Yesica Andrea Campo Rivera

Trabajo presentado como requisito para optar al título de:

Médico Veterinario

Director (a):

Fabián Gerardo Muñoz García

MSc.

Línea de investigación:

Producción Animal Ecológica

Universidad Antonio Nariño

Programa de Medicina Veterinaria

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Popayán

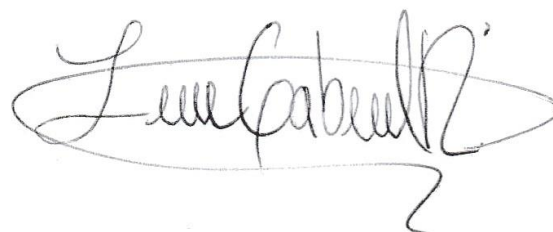
2022

Página de Aceptación

Aprobado por el jurado evaluador en cumplimiento de los requisitos exigidos

Por la Universidad Antonio Nariño para optar al título de

Médico Veterinario

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Luis Gabriel", written in a cursive style. The signature is enclosed within a large, horizontal, oval-shaped flourish that extends to the left and right.

Jurado evaluador

Director

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a mi director de grado, Fabián Gerardo Muñoz Muñoz, por su tiempo, preocupación, persistencia y paciencia a lo largo del desarrollo de la tesis, él fue mi guía y el que me alentó en las distintas etapas de la experiencia, por la dedicación, enseñanza y conocimientos brindados, persona maravillosa que me acompañaron en todo momento.

Mis más profundo y mayor agradecimiento a mi familia por ser mi pilar, por confiar y apoyarme incondicionalmente a lo largo de toda mi carrera universitaria. Ellos me dieron una de las cosas más preciadas de la vida, el estudio... lo cual siempre estaré agradecida.

A la Universidad Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, por su colaboración en permitir el desarrollo de la investigación en las instalaciones de la granja acuícola y al grupo de investigación Acuícola GIA (SAS) por su orientación. A la Universidad del Cauca y sus grupos de investigación NUTRIFACA y ASUBAGROIN por su apoyo y orientación, a la Universidad Antonio Nariño por el apoyo en uso de laboratorio de bioquímica, a la Institución Educativa Noroccidente Popayán por apoyo de material biológico (Lombriz roja californiana).

No puedo dejar de mencionar a mis compañeras de estudio, Melissa hoyos, Alejandra Astaiza y Esteban Campo, y demás compañeros que sin quererlo se transformaron en mis amigos, personas que aportaron valores significativos al proceso académico y que estuvieron a mi lado siempre y me aconsejaron de la mejor manera.

A todos muchísimas gracias.

Tabla de Contenido

Agradecimientos	4
Tabla de Contenido	5
Índice de Tablas	7
Índice de Graficas.	7
Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
Planteamiento del Problema	13
Justificación	15
Objetivos	17
Objetivo General.	17
Objetivos Específicos.	17
Marco Teórico	18
Piscicultura en Colombia.	18
Tilapia Roja (<i>Oreochromis spp</i>)	18
<i>Requerimientos Medioambientales</i>	19
<i>Requerimientos Nutricionales</i>	20
Lombricultura	22
Clasificación Taxonómica	22
Hidrolizados de Proteína.	23
Metodología	25
Tipo de Investigación	25
Línea de Investigación	25
Población:	25
Muestra:	25
Localización	25
Fase 1	25
Fase 2	25
<i>Material Biológico Utilizado</i>	26
Método	27
Fase 1	27

Preparación del Hidrolizado de Lombriz Roja Californiana.	27
Elaboración de la Dieta	28
Diseño experimental y Análisis Estadístico	29
Fase 2	30
<i>Adecuación e Instalación de Equipos</i>	30
<i>Ubicación de los Dedinos de Tilapia Roja.</i>	30
<i>Alimentación</i>	30
<i>Mantenimiento</i>	31
Biometría Inicial y Fase Final Experimental.	31
Tabulación y Análisis de Datos	31
Resultados y Discusión	32
Fase 1	32
Análisis bromatológico del Hidrolizado de Lombriz Roja	32
Fase 2	33
<i>Determinación de Parámetros de Crecimiento y Aprovechamiento Nutritivo</i>	33
<i>Índices de Crecimiento</i>	33
<i>Incremento de Peso</i>	34
<i>Tasa de Crecimiento Diaria e Instantánea</i>	35
<i>Incremento de Talla</i>	36
<i>Coficiente Térmico</i>	39
<i>Evaluación Índice de Aprovechamiento Nutritivo</i>	41
<i>Índice de Conversión Alimenticia</i>	43
<i>Tasa de Eficiencia Proteica</i>	44
Tasa de Eficiencia de la Energía	47
Evaluación Económica	48
Conclusiones	54
Referencias	55

Índice de Tablas

Tabla 1 Tratamientos y porcentajes de ácido fórmico en mezcla de hidrolizado Lombriz roja californiana.	27
Tabla 2 Análisis de variables de seguimiento hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>)	27
Tabla 3 Composición de la dieta y del hidrolizado de lombriz roja californiana (g/100 g peso seco)	28
Tabla 4 Análisis bromatológico Hidrolizado lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>)	32
Tabla 5 Índices de crecimiento de Tilapia roja (<i>Oreochromis spp</i>) fase prelevante alimentada con hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	35
Tabla 6 Índices de aprovechamiento nutritivo en tilapia roja (<i>Oreochromis spp</i>) fase pre-levante	42
Tabla 7 Evaluación económica	48

Índice de Graficas.

Gráfica 1 Incremento de talla con hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	37
Gráfica 2 Incremento de peso con hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	38
Gráfica 3 Tasa de crecimiento diario con hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	38
Gráfica 4 Tasa de crecimiento instantáneo con hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>)	39
Gráfica 5 Tasa de coeficiente térmico de crecimiento con Hidrolizado lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	41
Gráfica 6 Consumo de alimento hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	44
Gráfica 7 Índice de conversión alimenticia con inclusión de hidrolizada lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	45
Gráfica 8 Tasa de alimentación diaria con hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	46
Gráfica 9 Tasa de eficiencia de la proteína con hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	46
Gráfica 10 Tasa de eficiencia de la energía con hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	47
Gráfica 11 Índice de conversión económico hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	49
Gráfica 12 Índice de rentabilidad económica del hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	50
Gráfica 13 Beneficio neto del hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	51
Gráfica 14 Incremento del beneficio neto del hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	52
Gráfica 15 Tasa de retorno marginal del hidrolizado de lombriz roja (<i>Eisenia foetida</i>).	53

Resumen

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es buena fuente de nutrientes, entre ellos se encuentran proteínas, fibra, grasas, vitaminas y minerales, debido a que la acuicultura es una actividad que está en constante crecimiento e innovación. La presente investigación busca generar una fuente alterna de alimentación aprovechando los nutrientes presentes en la lombriz roja, que cumpla las necesidades nutricionales para el desarrollo de la tilapia roja (*Oreochromis spp*). Se evaluaron 3 niveles de inclusión, cada grupo con 30 unidades de alevinos, una dieta control (T1) sin hidrolizado, (T2) 10% y (T3) 20% de inclusión de hidrolizado. Para ello, se determinó análisis bromatológico y parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo en la Tilapia roja (*Oreochromis spp*) alimentada con los tratamientos. Las evaluaciones se llevaron a cabo en acuarios, bajo un diseño completamente al azar, con tres réplicas por tratamiento, cada réplica con 10 peces. Los parámetros de crecimiento y aprovechamiento presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), observándose que el (T2) con inclusión al 10% dio un mejor resultado de comportamiento de talla, peso y crecimiento en comparación con T1 Y T3. El estudio presentó altos niveles proteicos, energía digestible, fósforo, calcio y grasa. El hidrolizado de lombriz roja californiana es una alternativa de alta calidad nutritiva que se puede utilizar en las dietas para peces en niveles de inclusión (10 y 20%), que permite obtener mayor peso en producto, y a su vez genera buenos márgenes de rentabilidad económica para el pequeño y mediano productor de tilapia.

Palabras clave: Nutrición animal, lombriz de tierra Eisenia foetida, hidrolizado de proteína, crecimiento.

Abstract

The Californian red worm (*Eisenia foetida*) is a good source of nutrients, including proteins, fiber, fats, vitamins and minerals, because aquaculture is an activity that is constantly growing and innovating. This research seeks to generate an alternative source of food taking advantage of the nutrients present in the red worm, which meets the nutritional needs for the development of red tilapia (*Oreochromis spp*). Three levels of inclusion were evaluated, each group with 30 units of fingerlings, a control diet (T1) without hydrolyzate, (T2) 10% and (T3) 20% inclusion of hydrolyzate. For this, bromatological analysis and growth parameters and nutritional use were determined in red Tilapia (*Oreochromis spp*) fed with the treatments. The evaluations were carried out in aquariums, under a completely randomized design, with three replicates per treatment, each replicated with 10 fish. The growth and utilization parameters presented significant differences ($p < 0.05$), observing that (T2) with 10% inclusion gave a better result of size, weight and growth behavior compared to T1 and T3. The study presented high protein levels, digestible energy, phosphorus, calcium and fat. Californian red worm hydrolyzate is an alternative of high nutritional quality that can be used in diets for fish at inclusion levels (10 and 20%), which allows obtaining greater weight in product, and in turn generates good margins of economic profitability. for the small and medium producer of tilapia.

Keywords: animal nutrition, earthworms, protein hydrolysates, tilapia, growth.

Introducción

Con el ingreso de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) a Colombia desde Brasil en el año 1957 por primera vez por el Instituto Nacional de Piscicultura Tropical en la ciudad de Buga departamento del Valle, para su investigación e impacto ambiental, permitiendo así la expansión de la producción a lo largo del país. Años después el gobierno debido a la demanda de tilapia, fortaleció el avance de investigación y capacitación en tecnologías innovadoras que permitieran establecer nuevos campos de estudio para el mejoramiento, optimización de procesos, reducción de consumo de agua y utilización en menor medida de algunos insumos para la producción con el fin de buscar nuevas alternativas de producción (Parrado, 2012).

Además, el país cuenta con un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura, en donde la producción de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) ha crecido potencialmente en manos de pequeños, medianos y grandes productores organizados (Perea., 2016). Aunque esta actividad está siendo limitada debido a la baja rentabilidad por los elevados costos en la producción, alteraciones medioambientales y otras como consecuencia de la inadecuada disposición de los residuos piscícolas y sectores agropecuarios. (fedeaqua, 2022).

Un informe presentado por el ministerio de agricultura para el año 2020 estimó, que Colombia alcanzó una producción piscícola de 174.067 toneladas de carne de pescado y camarón, de las cuales 58% corresponde a tilapia y que parte de ella es exportada. Además, mencionó que Colombia es el principal país oferente para los EE. UU de tilapia roja entera fresca.

Por otra parte, el sector agrícola ha retomado la producción y cría de lombrices rojas (lombricompost) como alternativa para mitigar la crisis que sufre el sector, debido los costos elevados de los insumos, además de la necesidad de recuperar los suelos saturados

(Agronegocios, 2022). Técnica agropecuaria que consiste en la crianza y manejo de lombrices en condiciones de cautiverio con el fin de transformar y reciclar residuos de origen orgánico en abonos útiles para la fertilización agrícola. Además, estudios realizados por Lescano y Borjas (2017) sobre la harina de lombriz determinaron que contiene en sus propiedades buenas fuentes proteína, fibra cruda, carbohidratos solubles y grasa, conclusión que también determinó Vielma (2008) pues resaltó que también es fuente de algunas vitaminas y minerales importantes para la nutrición. Convirtiéndola así en un buen sustituto proteico para la elaboración de balanceados para la producción acuícola.

No obstante, los hidrolizados consisten en aprovechar de una forma diferente los nutrientes presentes en ciertos tipos de alimento, pues consisten en obtener aminoácidos libres y péptidos de bajo peso molecular de tal forma que sean altamente digestibles. (Cardoza, *et al* 2021). Se agrupan en hidrolizados con bajo grado de hidrólisis, entre el 1% y el 10%, con grados de hidrólisis variable como saborizantes y, por último, hidrolizados extensivos, con grado de hidrólisis superior al 10%, para uso en alimentación especializada. (Benítez *et al*, 2008).

Un ejemplo de hidrolizados proteicos, es su utilización como fuente en la formulación de dietas enterales con destino a la alimentación infantil y/o de adultos enfermos. Estas dietas entéricas se diseñan para ser absorbidas en el intestino sin una digestión previa en el estómago. (Benítez *et al*, 2008).

En miras del incremento de la actividad piscícola, la importancia económica y sociocultural que ha adquirido la producción de peces en el país, se genera la necesidad de buscar alternativas que suplan los requerimientos nutricionales de los animales. El presente estudio busca conocer a través del hidrolizado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) la

composición nutricional, evaluar los parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo de las tilapias alimentadas con dietas con inclusión de 10 y 20% de hidrolizado y mostrar una alternativa de alimentación útil para el pequeño y mediano productor acuícola.

Planteamiento del Problema

La crisis que sufre el sector agrario por los altos costos de insumos químicos y la necesidad de recuperar los suelos, ha generado que los productores retomen la producción de lombricompost (Agronegocios,2020). Práctica que consiste en la crianza y manejo de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio, con la finalidad de obtener de ellas dos importantes productos: compostaje de lombriz como fertilizante de uso agrícola, mediante, la transformación de residuos agrícolas y pecuarios (estiércoles) en su sistema digestivo y la carne fresca o harina como suplemento utilizado en la alimentación de animales. Lescano y Borjas (2017) señalaron en su estudio, que la harina de lombriz contiene en sus propiedades un porcentaje de proteína de 51,22%, fibra cruda 5,87%, carbohidratos solubles 9,15% y grasa 8,30%. Convirtiéndola así en un buen sustituto proteico para la elaboración de balanceados para la producción acuícola.

Así mismo en Colombia el sector acuícola sigue creciendo, según estadísticas para el año 2020 del ministerio de agricultura, la producción alcanzo 174.067 toneladas de carne, de las cuales el 58% corresponde a la producción de tilapia, también, mencionó que, con respecto al mismo año, las exportaciones de tilapia para el primer trimestre del 2021 crecieron en un 47% en volumen y 25% en valor del cual el 96% de la totalidad exportada se dirige a países como EE.UU. (min Agricultura, 2020).

Por otra parte, para Cardoza *et al* (2021) la hidrólisis de proteínas consiste en la ruptura de enlaces peptídicos para obtener aminoácidos libres y péptidos de bajo peso molecular (2 – 20 aminoácidos) dando como resultado mayor facilidad de absorción, haciéndolos altamente digestibles. Este es un método que permite aprovechar de mejor forma los nutrientes proteicos de los alimentos. Con miras de utilizar las propiedades nutricionales que tiene la lombriz roja, su

fácil manejo y producción, la buena absorción de los hidrolizados proteicos optimizando los nutrientes para mejorar la producción y teniendo en cuenta a la acuicultura como buen campo de estudio, se realizan las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué resultados se obtienen al evaluar el hidrolizado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en diferentes niveles de inclusión en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*)?

¿Qué porcentajes podría alcanzar el hidrolizado de lombriz en sus componentes químicos?

Justificación

La lombricultura es un recurso de elevado interés ecológico y nutricional. Esta actividad utiliza una especie de lombriz de tierra denominada lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con dos propósitos principales. El primero, la obtención de material orgánico (abono) como subproducto para la fertilización del suelo. En segunda medida, como fuente de alimentación no convencional, debido a que tiene un elevado índice de proteína de interés nutricional, la obtención de esta materia prima se deriva por la facilidad de alimentarse de desechos orgánicos, su alta velocidad de crecimiento y multiplicación. (Vielma., *et al* 2003).

Una forma de utilizar la lombriz roja como fuente de proteína es la elaboración de hidrolizados, como fuente alterna de alimentación. Pues estos mejoran la digestibilidad de la proteína, logrando un buen desarrollo productivo (Benítez *et al.*,2008)

Por otra parte, se estima que en Colombia hay 36.286 unidades productivas piscícolas produciendo un total 41.356 toneladas de carne de pescado y camarón, de las cuales el 58% corresponde a la producción de tilapia, asiéndose cada vez más amplio la producción a nivel nacional, así lo reporto el ministerio de agricultura en su informe 2020. Para César Pinzon director de la federación nacional de acuicultores, en la última década, el gremio acuícola ha pasado por varios sucesos que van desde la producción, empleos y exportación. Así mismo el sector no es ajeno a los cambios medioambientales que sufre el mundo, los elevados precios de las materias primas y en general los costos de producción, debido a que muchos insumos provienen del extranjero (Fedeacua, 2022). De este modo la investigación quiere analizar las propiedades del hidrolizado de la lombriz roja en la alimentación de tilapias.

Dentro de este orden de ideas la investigación es viable pues cuenta con la fácil obtención de la materia principal para la elaboración del nutriente (lombriz roja), la disponibilidad de

población animal (tilapia), los recursos humanos y material de información necesario para llevarlo a cabo.

Cabe considerar que el estudio está dirigido principalmente al sector de la producción acuícola y pecuaria, buscado una alternativa de alimentación que genere beneficios para la rentabilidad de la producción. De este modo generar beneficios metodológicos, ya que podrían realizarse futuras investigaciones que amplíen la utilización de las propiedades nutricionales de la lombriz roja en otras especies pecuarias para su dieta y sectores similares. Por lo Además de ser un material de estudio de utilidad para intervenciones que se estén llevando a cabo

En relación al aspecto disciplinario, el estudio pretende contribuir a las investigaciones que se realizan a nivel nacional y en particular en el departamento del cauca sobre las propiedades de la lombriz roja como fuente alterna de alimentación en el sector pecuario, como elemento esencial para mejorar la eficiencia, eficacia y calidad de la productividad animal.

Objetivos

Objetivo General.

Determinar los parámetros nutritivos en tilapia roja (*Oreochromis spp*) alimentada con dietas extruidas a partir de la inclusión de hidrolizado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Objetivos Específicos.

Elaborar un hidrolizado de lombriz roja californiana en diferentes niveles de inclusión para la alimentación de tilapias (*Oreochromis spp*).

Determinar la composición bromatológica del hidrolizado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)

Evaluar los parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo de la Tilapias roja (*oreochromis spp*) alimentadas con hidrolizado de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

Marco Teórico

Piscicultura en Colombia.

La tilapia originaria del cercano Oriente y África, fue introducida a Colombia para su investigación e impacto ambiental, desde Brasil en el año 1957 por el Instituto Nacional de Piscicultura Tropical en la ciudad de Buga departamento del Valle, siete años después se introdujo nuevamente por la Universidad de Caldas, proveniente de Estados Unidos (Parrado, 2012). Entre los años 80 y 90 el gobierno fortaleció la investigación, capacitación y tecnología de la acuicultura con el fin de buscar nuevas alternativas de producción y con el ingreso de la tilapia roja (*Oreochromis spp*) que se expandió a todo el país se hizo necesaria la construcción de estaciones en los Departamentos de Atlántico y Huila (Parrado, 2012).

Para el primer trimestre del 2021 se estimó que en Colombia hay 36.286 unidades productivas piscícolas con una producción de 41.356 toneladas de carne de pescado y camarón, de las cuales el 58% corresponde a la producción de tilapia, 3005 toneladas de tilapia son exportadas, creciendo en un 43,91% en comparación al año 2020, convirtiendo a Colombia en el principal país oferente para los EE.UU. Bolívar y Huila son los principales departamentos que tienen núcleos de producción, seguidos, están Meta, Nariño y Tolima (Minagricultura, 2021).

Tilapia Roja (*Oreochromis spp*)

Es una de las especies más altamente cultivadas en todo el mundo. Es un pez teleósteo del orden perciformes, perteneciente a la familia Cichlidae. Habita en las regiones tropicales y en las zonas subtropicales, es el resultado del cruzamiento de cuatro especies (*Oreochromis mossambicus*, *O. niloticus*, *O. hornorum* y *O. aurea*), tres de ellas son de origen africano y una de origen israelí, el cruce originó que no responda taxonómicamente a un nombre científico

específico (Ctaqua, p5); esto permitió la diversidad en la coloración pasando desde el rojo cereza hasta el albino y algunos con manchas negras (López, 2007).

Algunos de los atributos encontrados para su cría y producción son la buena calidad nutritiva y sabor de su carne, la tolerancia a distintos entornos, Puede ser sometida a producción intensiva mejorando el volumen de producción, costos de operación y de esta forma hacerse más rentable. Es una especie resistente al manipuleo, a las enfermedades, factores físicos y/o químicos, igualmente al manejo productivo, fertilizaciones, muestreos, biometría, control de parámetros (pH, temperatura, oxígeno disuelto, visibilidad, amoníaco) (Saavedra, 2006), conversión alimenticia, alcanzan de 0,5 kg a 1,5kg entre 6 a 9 meses dependiendo del sistema de producción y la buena reproducción (alta tasa de desove y fertilización) que presenta en cautiverio (Arboleda y Terán, 2011).

Alcanzan la madurez sexual a los dos o tres meses de vida, cuando alcanzan una longitud entre 8 y 16 centímetros y han alcanzado un peso de unos 80-100 gramos. Las hembras incuban los huevos en la boca durante 48-72 horas hasta que eclosionan, manteniendo a las crías protegidas durante unos 7-12 días más, aunque su desove varía dependiendo de los factores medio ambientales entre 6 a 16 veces al año. La tasa de supervivencia es elevada, las hembras presentan un menor crecimiento y unido a la elevada fertilidad de la especie, provocan la sobrepoblación haciendo más conveniente tener poblaciones de un solo sexo (macho) para su engorde. (Rodríguez, 2002).

Requerimientos Medioambientales

Temperatura: Son peces de aguas cálidas con un rango óptimo para la producción de temperaturas entre 25 a 30° C, aunque resisten un amplio rango por debajo, pero las temperaturas

que oscilan entre 9 a 15 °C son letales (Gonzales, *et al.*, 2001, p. 283). Salinidad y pH: toleran a una salinidad de 20‰ y pH entre 6.5 y 8.5. Oxígeno disuelto: no inferior a 3 mg/l, aunque se recomiendan valores por encima de los 4 mg/l. Amoníaco: valores de 0,01 mg/l, los valores superiores a 0,1 mg/l producen efectos nocivos sobre mucosas y branquias, si sobrepasa 0,5 mg/l produce la muerte, en combinación con pH y temperatura elevada se aumenta su toxicidad (nicovita, sf). Nitritos: se recomienda mantener un nivel de sales de nitrógeno por debajo de 25 mg/l (ctaqua, p6).

Requerimientos Nutricionales

Son individuos omnívoros, las larvas se alimentan de zooplancton mediante filtración, mientras que los adultos consumen zooplancton, fitoplancton, insectos en el medio natural, pero en condiciones de cultivo toleran muy bien la alimentación artificial, piensos secos balanceados, muy importante hoy día para conseguir que la acuicultura sea una actividad totalmente sostenible. (ctaqua, p5)

Los requerimientos nutricionales para su reproducción, crecimiento son similares a las que necesitan los animales terrestres, requieren de proteína, fuentes energéticas, vitaminas y minerales. Las exigencias nutricionales de los alevines son iguales al de las tilapias adultas en términos cualitativos, sin embargo, en términos cuantitativos, son mayores en peces jóvenes que en adultos (Torres, Novoa *et al.*, 2012).

Dentro de los componentes esenciales para el desarrollo están las proteínas constituyentes muy importantes, que “cumplen diversas funciones, son componentes fundamentales en los tejidos y son requeridas para las funciones vitales” (Castillo y Domínguez, 2018, p16-17), reparan tejidos y formar nuevos, interactúan también el desarrollo de anticuerpos. Sin embargo, el tamaño, la edad, la calidad de agua, las condiciones de cultivo pueden afectar el requerimiento.

Los alevines requieren de 35.40%, juveniles 30-35%, adultos 28-32% de proteína, de igual forma se hace necesaria la presencia de aminoácidos (treonina, leucina, metionina, lisina, arginina, valina, isoleucina, triptófano, histidina, fenilalina).

Los lípidos son la “fuente de energía y ácidos grasos esenciales” (Castillo y Domínguez, 2018, p17), necesarios para que las proteínas y otros nutrientes de mayor valor se destinen para el desarrollo, teniendo una inclusión en las dietas de 10-15% (Ng et al., 2004). Los lípidos en el alimento logran proveer hasta 2.25 veces más energía que las proteínas. La relación proteína-grasa es esencial para las dietas, un exceso de grasa en el alimento contamina el agua y un nivel insuficiente afecta el crecimiento de los organismos (Castillo y Domínguez, 2018, p17).

La deficiencia de vitamina (C) puede causar crecimiento reducido, deformaciones estructurales, afecta el sistema inmune y la actividad reproductiva. Un nivel adecuado de vitamina C asegura buen desempeño productivo, aunque las necesidades de cada tipo de vitamina dependen de la talla, el ambiente y el estrés fisiológico que tenga el animal, además, del sistema de cultivo que se maneje (Torres y Hurtado., 2011).

Son capaces de absorber minerales que se encuentren en el agua de cultivo, como el calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro, zinc, cobre, y selenio, pero es necesario que los piensos tengan premezclas suplementarias para asegurar que los niveles sean suficientes para prevenir las deficiencias de minerales en caso de que haya una reducida biodisponibilidad. Pues son necesarios para la formación de la estructura esquelética, componentes de hormonas, regulación ácido-base, regulación de la captación y enzimas entre otras funciones (Torres y hurtado., 2011).

Lombricultura

La lombricultura es una técnica agropecuaria que consiste en la crianza y manejo de lombrices en condiciones de cautiverio con el fin de transformar y reciclar residuos de origen orgánico para obtener lombricompost, que sirva para la fertilización agrícola, pues sus propiedades aportan al cultivo, desarrollo radicular en los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color de las plantas y frutos además de favorecer la condición física química de suelo. Práctica que se ha retomado debido a la crisis que sufre el sector agrario por los altos costos de insumos químicos y la necesidad de recuperar los suelos (Agronegocios, 2022).

La lombriz roja californiana dentro de las lombrices de tierra es la más usada en la lombricultura, se adaptan muy bien en condiciones de cautiverio, posee una alta voracidad y tolera muy bien los factores medio ambientales (humedad, temperatura y pH). Llegan a vivir unos 15 años. Es un anélido alargado, segmentado y de simetría bilateral. Llega a medir de 6 a 8 cm. Son hermafroditas, pero es necesaria la cópula para su reproducción que ocurre cada 7 a 10 días, generando en cada cocones (huevo) de 2 a 21 lombrices. (Samarilla y Guzman, 2004).

Clasificación Taxonómica

Reino	Animal
Tipo	Anélido (cuerpo anillado)
Familia	Lumbricidae
Género	Eisenia
Especie	Foetida

Estudios han demostrado que la lombriz roja californiana además de las propiedades que tiene para transformar la materia orgánica en abono, también cuenta con propiedades nutricionales capaces de suplir las necesidades alimentarias del humano y animal. Así lo demostró Velásquez (1986) en su estudio sobre la harina de lombriz, donde concluyó que contiene proteínas (>60% p/p base seca) aminoácidos y ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales importantes para la nutrición humana, así como para la formulación de alimentos balanceados para animales. Incluso algunos países orientales como China, Japón, Filipinas, Taiwán la han incorporado en el consumo humano. (Vielma, 2003, p44).

Hidrolizados de Proteína.

La hidrólisis de proteínas consiste en la ruptura de enlaces peptídicos para obtener aminoácidos libres y péptidos de bajo peso molecular. Como resultado de este proceso, presentan mayor facilidad de absorción en comparación con las macromoléculas de alto peso molecular, haciéndolos altamente digestibles. (Cardoza, *et al.*, 2021).

Una de las aplicaciones más importantes de los hidrolizados de proteínas es la utilización como fuente de nitrógeno en la formulación de dietas enterales con destino a la alimentación infantil y personas adultas enfermas. Estas dietas entéricas se diseñan para ser absorbidas en el intestino sin una digestión previa en el estómago. (Benítez *et al.*, 2008).

El grado de hidrólisis es la propiedad fundamental de un hidrolizado y va a determinar las características de este y su posible uso, siendo ésta, la concentración de sustrato, la relación enzima/sustrato, el tiempo de incubación y las condiciones fisicoquímicas como el pH y la temperatura, la naturaleza de la enzima, caracterizada por su actividad específica y tipo de

actividad, influenciando en el grado de hidrólisis y tipo de péptidos producido (Benítez *et al*, 2008). Se agrupan en: hidrolizados con bajo grado de hidrólisis, entre el 1% y el 10%, hidrolizados con grados de hidrólisis variable para uso como saborizantes y, por último, hidrolizados extensivos, con grado de hidrólisis superior al 10%, para uso en alimentación especializada. (Benítez *et al*, 2008).

Las características que deben cumplir los hidrolizados de proteínas para formar parte de una dieta enteral son: no producir desequilibrios osmóticos ni alergias, presentar un alto valor nutritivo, no muy inferior al de la proteína de partida y tener un sabor aceptable. (Benítez *et al*, 2008). Las proteínas pueden hidrolizarse mediante procesos químicos, reacciones enzimáticas, autólisis, hidrólisis térmica y fermentación bacteriana, obteniéndose diferentes calidades (Halim *et al.*, 2016; Wisuthiphaet y Kongruang, 2015) y se divide en tres procesos: pre-tratamiento, hidrolización y recuperación (He *et al.*, 2013).

El material utilizado para la obtención de los hidrolizados proteicos puede ser de origen animal, vegetal o bacteriano. Entre los vegetales, los más usados son las proteínas de soja, trigo y arroz; sustratos de origen animal (pescado), también se han aprovechado las proteínas de residuos cárnicos como tendones o huesos y de microorganismos, como algas. (Benítez *et al.*, 2008)

Metodología

Tipo de Investigación

Experimental

Línea de Investigación

Nutrición animal. Producción animal ecológica

Población:

Tilapias rojas (*Oreochromis spp*) de la granja experimental piscícola del Politécnico Jaime Isaza Cadavid de Medellín.

Muestra:

90 dedinos de tilapia roja (*Oreochromis spp*), divididos en 3 tratamientos (T1, T2, T3) con 30 unidades por grupo.

Localización

Fase 1

La elaboración y seguimiento del hidrolizado de lombriz. Se realizó en los laboratorios de la universidad Antonio Nariño de la ciudad de Popayán, así mismo para la preparación de las dietas experimentales y la extrusión se efectuó en el laboratorio de Reología de la Universidad del Cauca.

Fase 2

La evaluación se realizó en la granja experimental piscícola del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Medellín, ubicada en el municipio de San Jerónimo a 34 Kilómetros de la capital del departamento de Antioquia. La granja cuenta con 35 hectáreas, de las cuales 2,5 hectáreas están dedicadas a la unidad piscícola que consta de 49 estanques para producción,

investigación y extensión, especialmente en tilapia roja (*Oreochromis sp.*). La granja se ubica a 780 m.s.n.m., su temperatura media es de 28 °C.

Material Biológico Utilizado

Lombriz roja californiana: El material utilizado para la elaboración del hidrolizado fue donado por la Institución Educativa Nor-occidente la tetilla de Popayán en una cantidad de 10 kg

Unidades experimentales: se utilizó material biológico que consta de 90 dedinos de Tilapia roja (*Oreochromis spp*) con un peso promedio de $7 \pm 0,5$ g. Los peces fueron distribuidos al azar en tres tratamientos que contó con 3 repeticiones respectivamente, por repetición se colocaron 10 peces para un total de 30 unidades por tratamiento. Donados por la granja experimental piscícola del Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid de Medellín.

Método

Fase 1

Preparación del Hidrolizado de Lombriz Roja Californiana.

Se realizaron diferentes proporciones de mezclas con ácido fórmico al 85% masa/volumen al 2 %, 2,5 % y 3 %, para disminuir el pH y facilitar la acción hidrolítica de las enzimas endógenas de la lombriz roja, a la mezcla se le adiciona 0,25 % de benzoato de sodio como fungicida y 0,1 % de Butil-Hidroxi-Tolueno como antioxidante (Ferraz *et al.*, 2007). El hidrolizado se depositó en recipientes plásticos cerrados con un espacio de cabeza del 30 %, a temperatura ambiente para su posterior seguimiento (Llanes *et al.*, 2011). Los tratamientos evaluados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1

Tratamientos y porcentajes de ácido fórmico en mezcla de hidrolizado Lombriz roja californiana.

Tratamiento	% Acido Fórmico
TA¹	2
TB²	2,5
TC³	3

Fuente: Actual estudio ¹TA= Tratamiento A; ²TB= Tratamiento B; ³TC= Tratamiento C

Tabla 2

Análisis de variables de seguimiento hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida)

Variable	Tratamiento			Anova
	T1	T2	T3	P<0,05
pH ¹	3,59 ± 0,08379 a	3,60 ± 0,09118 a	3,10 ± 0,07692 a	0,938
Cos ²	9,20 ± 5,07906 a	9,50 ± 5,89783 a	9,80 ± 8,84513 a	0,994

Fuente: Actual estudio. pH= Potencial de Hidrogeno. Cos= Consistencia
Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente (P<0,05).

La evaluación permitió determinar que no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos para valores de pH y consistencia, con relación a los porcentajes de ácido fórmico y el número de días de hidrólisis, de acuerdo con los datos de seguimiento realizados cada tres días durante un periodo de 12 días (Cinco muestreos) como se puede observar en tabla 2. Además, el tratamiento que menor pH presentó fue el T3 (20% inclusión).

Elaboración de la Dieta

En el laboratorio de Reología de la Universidad del Cauca se realizó la preparación de las dietas y las mezclas respectivas de todas las materias primas (harina de pescado, torta de soya, harina de maíz amarillo, mogolla de trigo, harina de yuca, harina de trigo, aceite vegetal, entre otras), ver tabla 3.

Tabla 3

Composición de la dieta y del hidrolizado de lombriz roja californiana (g/100 g peso seco)

Ingrediente	T1 (0%)= control g/100 g	T2 (10%) g/100 g	T3 (20%) g/100 g
Harina de pescado	35,00	23,00	26,50
Harina trigo	3,00	3,00	3,90
Aceite Vegetal	3,00	3,00	3,00
Fosfato Bicálcico	0,40	0,40	0,89
DL-metionina	0,20	0,20	0,69
Premix ¹	1,00	1,00	1,00
Triptófano	0,30	0,30	0,28
Salvado de maíz	9,00	9,00	7,00
Torta de soya	25,00	26,30	10,50
harina de maíz amarillo	5,00	6,00	9,00
Mogolla de trigo	13,10	11,10	10,24
Harina de yuca	3,00	3,00	4,50
Bentonita	1,00	1,70	1,50
Sal	1,00	2,00	1,00
Hidrolizado Lombriz roja (HLr ²)	0,00	10,00	20,00
Total	100,00	100,00	100,00

Composición nutricional de la Dieta (g/100 g Peso seco)			
Nutriente	Dieta Control	HLr 10%	HLr 20%
Proteína Cruda	36,7	36,3	36,3
Extracto etéreo	7,5	7,3	8,0
Fibra bruta	2,0	2,0	1,6
Cenizas	14,9	11,3	11,1
Energía Digestible (cal/g) ³	3255,6	3198,0	3544,6
Calcio	2,1	1,5	1,9
Fosforo	1,2	1,0	1,2

Fuente: Actual estudio ¹Premix= mezcla de vitaminas, minerales y aditivos; ²HLr= Hidrolizado de Lombriz roja; ³(cal/g)= calorías sobre gramos de mezcla de ingredientes.

Fueron pasadas por un tamiz de 425 μm y se homogenizaron en una mezcladora SIMAG SM-401 durante 30 minutos. Posteriormente, se llevó a extrusión a 123 °C en un extrusor doble tornillo marca Hake Polylab, obteniendo pellets de 1 mm de longitud, 1,5 mm de diámetro y entre 8 a 10 % de humedad (Perea *et al.*, 2017).

Diseño experimental y Análisis Estadístico

Para la evaluación de los parámetros productivos de crecimiento, aprovechamiento nutritivo se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), evaluando tres tratamientos, dos mezclas con inclusión de hidrolizados de lombriz roja (T2 y T3) y la dieta control (T1) sin inclusión de hidrolizado, cada tratamiento contó con tres réplicas y cada réplica se tomó como una unidad. Cada una de las variables determinadas fue analizada mediante la aplicación de un análisis de varianza ($p < 0,05$), se utilizó la prueba de Duncan (1975) para la comparación de las medias, con un valor de ($\alpha < 0,05$), se tomó como diferencia significativa, para establecer cual o cuales de los tratamientos presentaron un mejor comportamiento productivo, para ello se empleó el programa SPSS versión 25.

Fase 2

En las instalaciones del laboratorio de ictiología de la granja del Politécnico Jaime Isaza Cadavid de Medellín se llevó a cabo la segunda fase del estudio. Quienes proporcionaron el material biológico, y equipos para hacer seguimiento y la evaluación de parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo.

Adecuación e Instalación de Equipos

Se realizó el lavado y desinfección de nueve acuarios, con un Ancho 30 cm, Largo 70 cm y Altura 35 cm, con capacidad para 67 litros de agua, para ello se utilizó hipoclorito a 0,5% para la desinfección del fondo y paredes de cada acuario, previo lavado con agua y esponja, seguidamente se instalaron mangueras de aireación y piedras difusoras en cada uno de los acuarios, Se realizó el respectivo rótulo al azar en cada uno de los acuarios de acuerdo con el tratamiento y repetición correspondiente. Se realizaron pruebas de funcionamiento y aireación constante y se hizo la toma de parámetros fisicoquímicos mañana y tarde durante todo el ensayo.

Ubicación de los Dedinos de Tilapia Roja.

Se tomaron 90 dedinos de los estanques de la estación, a los cuales se les determinó peso, talla, condición de salud previa y se depositaron aleatoriamente al azar en cada acuario, de modo que se ubicaran 10 peces en cada repetición, para un total de treinta unidades por tratamiento.

Alimentación

Una vez ubicados los dedinos al azar en cada acuario se suministraron las respectivas dietas en 5 raciones iniciando a las 09:00 am y finalizando a las 03.00 pm en periodo de acostumbramiento de 8 días (una semana). Se observó la palatabilidad del alimento y comportamiento de los peces en cada uno de los acuarios y tratamientos.

Mantenimiento

Se realizaron 2 recambios de agua durante el día (8:00 a.m. y 4:00 p.m.) a razón del 40% y, la temperatura del agua se mantuvo constante de acuerdo con el ambiente de la granja.

Biometría Inicial y Fase Final Experimental.

Al inicio y final de la fase experimental, se realizaron las biometrías correspondientes. Para este paso se estableció la aplicación de 10 gotas de Eugenol® (0,5 ml) en 10 litros de agua como tranquilizante, seguidamente se tomó el peso en gramos y talla (longitud total) en centímetros de cada unidad experimental (dedinos) por tratamiento y repetición de cada acuario (9 acuarios con 10 peces cada uno, para un total de 30 unidades por tratamiento).

Tabulación y Análisis de Datos

Terminada la fase experimental se inició la sistematización y tabulación de los datos obtenidos y se procedió a realizar el respectivo análisis estadístico de los resultados obtenidos en el ensayo.

Se realizó una prueba de Levene para validar los supuestos de normalidad, posteriormente las variables determinadas se analizaron mediante el análisis de varianza ANOVA, con prueba post hoc de Duncan, con significancia de ($\alpha < 0,05$), para establecer la diferencia entre las medias de los tratamientos, considerando las dietas como único factor de variación. Para lo cual, se utilizó el programa IBM SPSS Statistics v

Resultados y Discusión

Fase 1

Análisis bromatológico del Hidrolizado de Lombriz Roja

El análisis bromatológico fue realizado por la Universidad Nacional, con sede en la ciudad de Medellín, ver Tabla 4

Tabla 4

Análisis bromatológico Hidrolizado lombriz roja (Eisenia foetida)

Variable	Cantidad g/100g
Digestibilidad Materia seca	84,6
Proteína cruda	58,2
Extracto etéreo	7,59
Energía digestible	4817 Cal/g
Fosforo	0,84
Calcio	0,46

Fuente: Propia del autor

La composición química del hidrolizado de lombriz brinda la información necesaria de lo que aporta la materia prima nutricionalmente para poder ser utilizada en la formulación de alimentos balanceados (Lezcano y Borjas, 2017). Los datos del análisis bromatológico del hidrolizado de lombriz arrojaron que tiene en sus componentes un buen material nutritivo. El contenido de proteína fue de 58,2 % en comparación con lo descrito por Lezcano y Borjas (2017), en su estudio que reportaron 51,22%.

El contenido de grasa fue de 7,59% distinto al descrito por Ledezma y Borjas (2017) que reporto 8,30% en su estudio y 8,40% reportado por Sales (1996). El contenido de fosforo fue de 0,84 y de calcio 0,46 % diferentes al obtenido por sales (1996) que fueron de 0,42% de fosforo y 0,91% de calcio, este puede variar debido al tipo de alimentación, como alimentos a base de residuos pecuarios (estiércol) en gran medida y residuos agrícolas, además, de la temporada, y

ciclo reproductivo en que se encuentre la producción de lombriz (Lezcano y Borjas, 2017). Sales (1996) menciona que los nutrientes obtenidos del suelo pueden influir en los estiércoles para la alimentación de la lombriz, dado que son condiciones transferidas a las diversas pasturas y estas a los animales para su alimentación.

Fase 2

La calidad fisicoquímica del agua fue monitoreada durante todo el ensayo, mañana y tarde con el multiparámetro marca Hanna modelo HI98194 (Narro y Vásquez, 2016), verificando su cumplimiento y desempeño de acuerdo con los requerimientos para la especie. Los valores medios de temperatura fueron: $(26,1 \pm 1,4^{\circ}\text{C})$, oxígeno disuelto $(5,55 \pm 0,10 \text{ mg L}^{-1})$, pH $(7,25 \pm 0,17)$, alcalinidad de carbonatos $(0,50 \pm 0,12 \text{ mmol L}^{-1})$, demanda química de oxígeno $(5,60 \pm 0,42 \text{ mg L}^{-1})$, demanda biológica de oxígeno $(3,98 \pm 0,10 \text{ mg L}^{-1})$, amonio $(0,78 \pm 0,22 \text{ mg L}^{-1})$, nitritos $(0,10 \pm 0,00 \text{ mg L}^{-1})$ y nitratos $(1,30 \pm 0,18 \text{ mg L}^{-1})$, estos valores estuvieron acordes para la producción de Tilapia roja (Perdomo *et al.*, 2012).

Determinación de Parámetros de Crecimiento y Aprovechamiento Nutritivo

Para la determinación de los parámetros se llevó un registro diario de temperatura, consumo de alimento (9:00, 11:00, 13:00, 15:00 y 16:00 horas), se realizaron biometrías al inicio y final del estudio siguiendo la metodología de Perea (2016). Para la determinación de parámetros de crecimiento y aprovechamiento nutritivo se utilizaron las ecuaciones presentadas a continuación (Perea *et al.*, 2018).

Índices de Crecimiento

En la tabla 5. se presenta la evaluación de los índices de crecimiento evaluados: incremento de peso (IP) (Ec.1), tasa de crecimiento diaria (TCD) (Ec.2), tasa de crecimiento instantánea (CTI)

(Ec.3), coeficiente térmico de crecimiento (CTC) (Ec.4) e incremento en talla (IT) (Ec.5) (Perea *et al.*, 2018).

Ecuación 1.

Incremento de peso = IP (g) = peso final – peso inicial

Ecuación 2.

Incremento de talla = IT (cm) = talla final – talla inicial

Ecuación 3.

Tasa de crecimiento diario = TCD (g/pez/día) = (peso final – peso inicial) / días experimentales

Ecuación 4.

Tasa de crecimiento Instantáneo = TCI (%/pez/día) = $100 * \ln(\text{peso final} - \text{peso inicial}) / \text{días experimentales}$;

Ecuación 5.

Coeficiente térmico de crecimiento

$$CTC = \frac{100 * \left(\text{peso} \frac{\text{final}^1}{3} - \text{peso} \frac{\text{inicial}^1}{3} \right)}{\text{sumatoria de la temperatura día en } ^\circ C}$$

Incremento de Peso

Mediante el análisis de varianza, se puede observar en el incremento de peso, que los tratamientos T2 (10% inclusión) y T3 (20% inclusión) no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre ellos, pero si se presentó diferencias significativas ($P < 0,05$) entre la dieta control (T1) y el Tratamiento T2 (20% inclusión). En el mismo sentido, T2 aumento en 31,87 g la ganancia de peso en comparación con la dieta control (T1). ver Tabla 5.

Tabla 5

Índices de crecimiento de Tilapia roja (Oreochromis spp) fase prelevante alimentada con hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).

Variable	T1	T2	T3	ANOVA P< 0,05
IP ¹ (g)	81,13±13,55 ^b	113±9,68 ^a	90,5±16,49 ^{ab}	0,047
IT ² (cm)	0,3567±0,2743 ^a	0,8430±0,1305 ^a	0,60±0,4187 ^a	0,217
TCD ³ (g)	2,7±0,45 ^b	3,77±0,32 ^a	3,02±0,55 ^{ab}	0,047
TCI ⁴ (%)	2,66±0,05 ^a	3,32±0,06 ^a	3,06±0,60 ^a	0,144
CTC ⁵ (%)	1,71±0,11 ^a	2,2±0,06 ^a	1,94±0,36 ^a	0,830

Fuente: Actual estudio ¹IP= Incremento de Peso; ²IT= Incremento de Talla; ³TCD= Tasa de Crecimiento Diario; ⁴TCI= Tasa de Crecimiento Instantánea; ⁵CTC= Coeficiente Térmico de Crecimiento. Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente (P<0,05).

Tasa de Crecimiento Diaria e Instantánea

En la tabla 5, se observa que, no se presentó diferencia significativa en la tasa de crecimiento instantánea en los tres tratamientos (P<0,05). Sin embargo, los tratamientos que presentaron mayor efecto sobre la tasa de crecimiento diaria fueron el tratamiento T2 (10% inclusión) con 3,77g ligeramente superior a los demás tratamientos; en orden de respuesta se observa a T3 con 3,06 g y T1 con 2,7 g respectivamente. Además, T2 superó ligeramente en 1,07 g a la dieta control.

Lo anterior se debió posiblemente a la cantidad y calidad de alimento ingerido (Proteína, Energía y nutrientes), sumado a la temperatura del agua (24°C) que es otro factor importante en el confort y crecimiento de los peces (Jover, 2000).

Resultados semejantes a los de este estudio fueron reportados por Castillo y Castillo (2018), en una investigación realizada en juveniles de Pacú (*Piaractus brachyomus*), donde evaluaron el efecto de inclusión (0, 5, 10 y 15%) de la harina de semilla de copoazú sobre los indicadores de crecimiento, reportaron que no hubo diferencias significativas entre los

tratamientos. No obstante, el 5% de inclusión mostró mejores resultados para la tasa de crecimiento específica con un valor de $1,65 \pm 0,16\%$ /día.

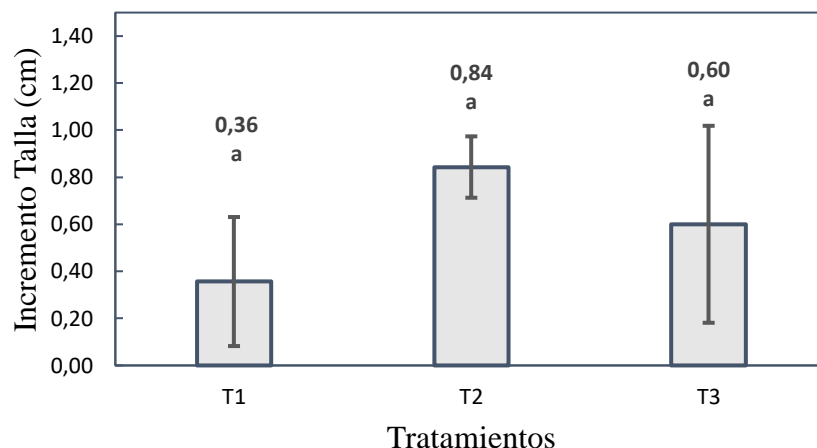
Incremento de Talla

El análisis de varianza en la tabla 5, se observa que no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos, pero el mejor resultado para incremento de talla se obtuvo con el Tratamiento T2 (10% Inclusión), se puede evidenciar que presentó un mayor crecimiento en 0,486 cm y 0,243 cm en comparación con T1 y T3 respectivamente.

En consecuencia, el aumento de los niveles de inclusión del hidrolizado de lombriz en las dietas de alimentación de los dedinos de tilapia roja afectó directamente el incremento de peso y el crecimiento (talla). Lo anterior se puede atribuir posiblemente a la presencia de factores que favorecen el incremento de peso y talla, entre ellos, están los requerimientos proteicos, tasa de alimentación y adecuada temperatura del agua (Kedem *et al.*, 2019). Además, el efecto en la disminución del crecimiento entre T2 y T3 se puede atribuir al exceso de proteína en la dieta con mayor inclusión de 20% de hidrolizado de lombriz roja, que pudo afectar al pez, revelando posiblemente un efecto extra energético, donde la respuesta del animal genera una reducción del crecimiento progresivamente, debido a que la energía ingerida la utiliza para otros fines diferentes a la ganancia de peso y talla (Perea et al 2017).

Gráfica 1

Incremento de talla con hidrolizado de lombriz roja (*Eisenia foetida*).



Fuente. Actual estudio. Letras diferentes, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

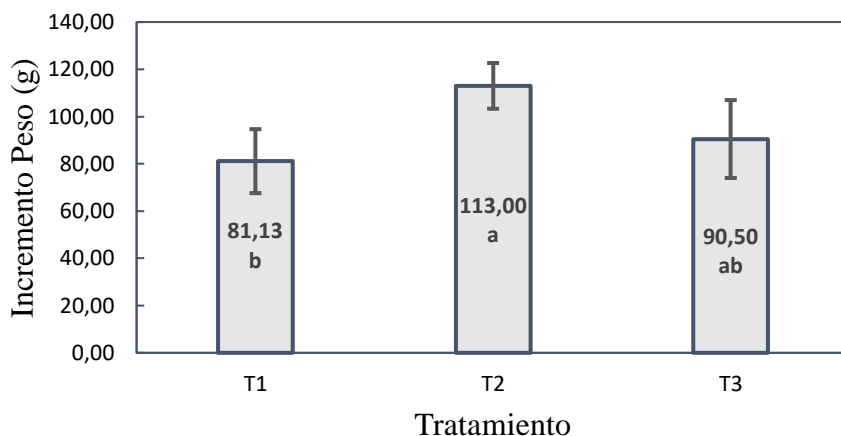
En la gráfica 1 se encontró que el T2 tuvo un mejor resultado en el incremento de talla 0,84 cm, con respecto al T1 y T3 con 0,36 cm, 0,60 cm respectivamente

Resultados similares a los de este estudio fueron reportados por Miranda y Guerrero (2015), al evaluar la inclusión de 0, 5, 10 y 20% de torta de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*), como fuente de proteína en dietas para juveniles de tilapia roja, quienes reportaron un mejor comportamiento para las inclusiones de 0, 5 y 10%, con ganancias de peso de 18,65, 17,77 y 17,78 g respectivamente, difiriendo estadísticamente con la dieta de mayor inclusión (14,09 g).

De igual forma, la investigación realizada por Perea *et al.*, (2011), en juveniles de tilapia con la inclusión de ensilaje de pescado (10, 20 y 30%, respectivamente), reportaron que, los alevinos alimentados con dietas que contenían mayor inclusión de ensilaje presentaron mayor ganancia de peso, resultados concordantes a los del presente estudio.

Gráfica 2

Incremento de peso con hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).

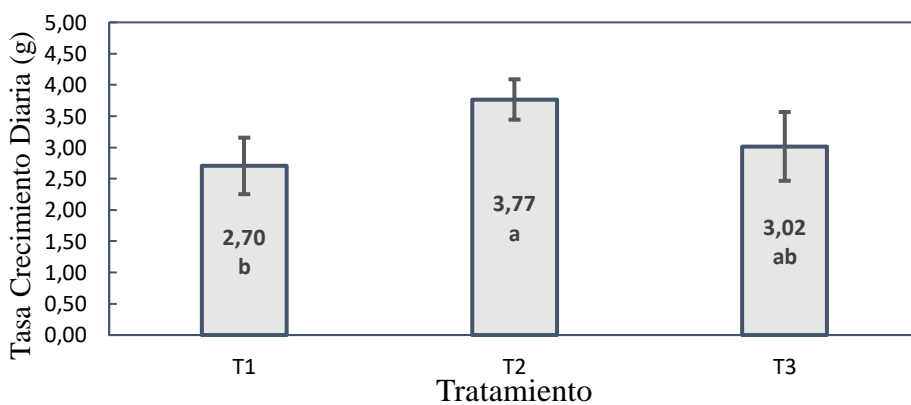


Fuente. Actual estudio. Letras diferentes, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

En esta gráfica 2 se obtuvo que el T2 logró mayor incremento de peso con hidrolizado (113 g vs 81,13 g y 90,5 g, respectivamente) a los T1 y T3 ($P < 0.05$).

Gráfica 3

Tasa de crecimiento diario con hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).

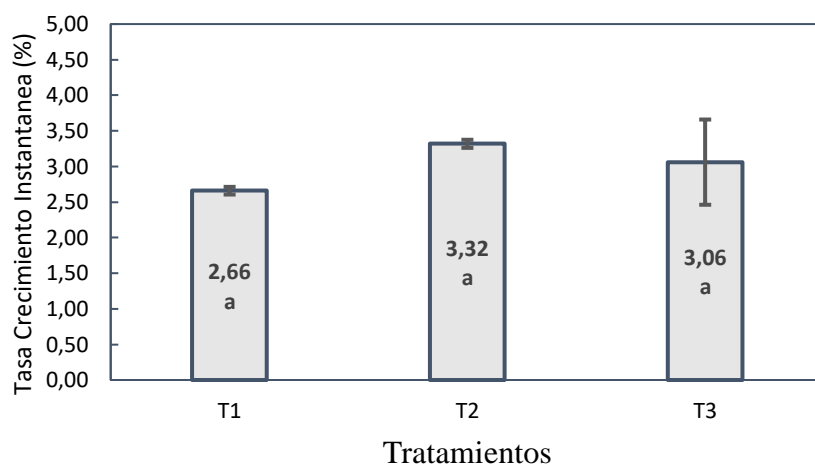


Fuente. Actual estudio. Letras diferentes, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

En la gráfica 3 se encontró que el T2 logró mayor incremento diario de peso con el hidrolizado 3, 77 g vs 2, 7 g y 3, 02 g, respectivamente) que los T1 Y T3 ($P < 0.05$)

Gráfica 4

Tasa de crecimiento instantáneo con hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida)



Fuente. Actual estudio. Letras diferentes, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

Coefficiente Térmico

Con relación al coeficiente térmico de crecimiento, se observa que los mejores valores se obtuvieron con los tratamientos T2 (10% inclusión) y T3 (20% de inclusión) sin presentar diferencias estadísticas entre ellos, seguido del T1 (0% inclusión). El coeficiente térmico de crecimiento constituye un índice que permite incluir el efecto de la temperatura del agua en el rendimiento productivo de los peces (Aguilar *et al.*, 2010), en el presente estudio la temperatura ($24 \pm 0,8$ °C) se mantuvo dentro del rango adecuado para la producción de tilapia roja y fue similar para cada uno de los tratamientos evaluados (Perea *et al.*, 2018). Por tanto, las diferencias presentadas en las tasas de crecimiento se atribuyen directamente al efecto de las dietas.

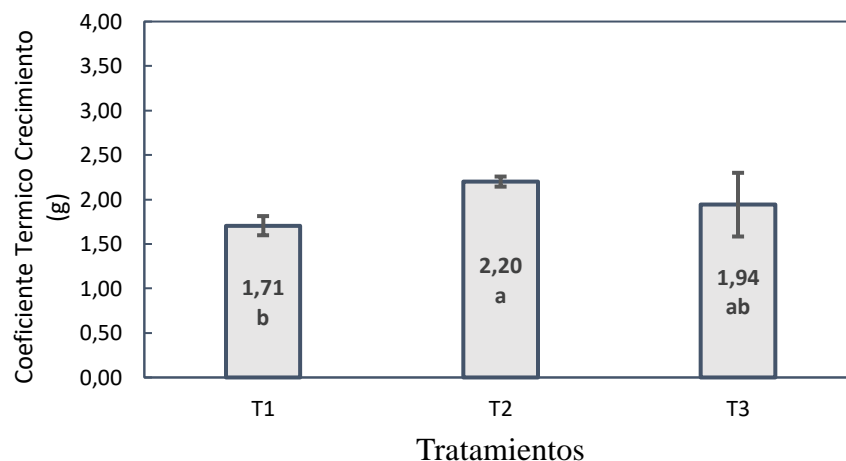
Por otro lado, en un estudio realizado por Mora *et al.*, (2009), donde evaluaron el efecto de niveles de proteína cruda (28, 32 y 36%) en balanceados comerciales extruidos, sobre el

crecimiento de alevines de Bagre yaque (*Leiarius marmoratus*), demostraron que no encontraron diferencias significativas en el coeficiente térmico de crecimiento (CTC), con valores que fluctuaron entre 0,667 y 0,712, contrastando con los valores del presente estudio. Aunque en los dos estudios no hubo diferencias significativas en relación al CTC, podría ser una diferencia el tipo de dieta implementada pues su estudio fue sobre concentrados comerciales y el tipo de especie estudiada.

En otro trabajo, realizado por Aguilar et al., (2010), estudiaron el efecto del procesamiento de alimento (extruido frente al peletizado) sobre el desempeño productivo, incluyendo el coeficiente térmico de crecimiento en alevines y juveniles de Tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*), como resultado, identificaron que no hubo diferencias significativas de este parámetro en las fases de alimentación, con valores de $0,206 \pm 0,0025$ y $0,203 \pm 0,0031$ en la etapa alevinaje, estos valores son diferentes a los obtenidos en las dietas de hidrolizado de lombriz roja californiana, podría atribuirse una diferencia el modelo de producción implementado.

Gráfica 5

Tasa de coeficiente térmico de crecimiento con Hidrolizado lombriz roja (*Eisenia foetida*).



Fuente: propia del autor. Letras diferentes, indican diferencia significativa ($P < 0.05$).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos con relación a diferentes parámetros productivos de los índices de aprovechamiento nutritivo y consumo: consumo de alimento, índice de conversión alimenticia, tasa de alimentación diaria, tasas de eficiencia proteica y de energía con la inclusión del hidrolizado de lombriz roja californiana en la alimentación de tilapia roja.

Evaluación Índice de Aprovechamiento Nutritivo

La tabla 6. Presenta la evaluación de aprovechamiento nutritivo que determinó los índices consumo de alimento (CA) (Ec.6), índice de conversión alimenticia (ICA) (Ec.7), tasa de alimentación diaria (TAD) (Ec.8), tasa de eficiencia proteica (TEP) (Ec.9) y tasa de eficiencia de la energía (TEE) (Ec.10) de las dietas balanceadas con inclusión de hidrolizado de lombriz roja californiana en la alimentación de Tilapia roja (Gómez et al., 2014; Perea, 2016), estimados mediante las ecuaciones presentadas a continuación (Mora *et al.*, 2010; Agilar *et al.*, 2010)

Ecuación 6

Consumo de alimento = CA (g/pez/día) = alimento ofrecido (g) – alimento rechazado (g)

Ecuación 7

Índice de conversión alimenticia = ICA= ingesta total de alimento (g) / incremento de peso (g)

Ecuación 8

Tasa de alimentación diaria:

$$TAD(g) (100(pezg) - 1(día) - 1) = 100 * \left(\left[\frac{\text{ingesta total de alimento}}{\text{biomasa media}} \right] \right) * \text{días experimentales}$$

Ecuación 9

Tasa de la eficiencia de la proteína: TEP (g) = incremento de peso / proteína consumida

Ecuación 10

Tasa de la eficiencia de la energía: TEE (Kcal/g) = Incremento de Peso / Energía Consumida.

Consumo de alimento (CA). Según los análisis estadísticos, se obtuvo que no se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los tratamientos que contenían la inclusión de hidrolizado de lombriz roja en comparación con la dieta control sin inclusión de hidrolizado (ver tabla 6).

Además, se puede observar en la Gráfica 6, que el tratamiento (T2) con inclusión del 10% de hidrolizado de lombriz fue el de mayor consumo comparados con los demás tratamientos, esto puede ser atribuido a mayor palatabilidad del alimento, en las pruebas de campo se determinó de manera directa, que los peces presentaron mejor aceptación y mayor voracidad del alimento con inclusión del hidrolizado.

No obstante, se evidencia que a medida que aumenta el nivel de inclusión del hidrolizado de lombriz roja (Tabla 6), disminuye el consumo de alimento, estos resultados se pueden atribuir

posiblemente a la presencia de mayor cantidad de proteína hidrolizada (fraccionamiento de la proteína en péptidos y aminoácidos libres), que el animal utiliza para generar energía de forma rápida (Cardoza, *et al.*, 2021). , afectando la ganancia de peso y talla, reflejados en los respectivos índices de crecimiento, aprovechamiento nutritivo y económicos (Copes *et al.*, 2006; Benítez *et al.*, 2008; Garcés *et al.*, 2015; García-Moreno *et al.*, 2017; Perea *et al.*, 2017).

Tabla 6

Índices de aprovechamiento nutritivo en tilapia roja (Oreochromis spp) fase pre-levante

Variable	T1	T2	T3	ANOVA p < 0,05
CA ¹ (g)	118,83±17,22 ^a	128,83±8,43 ^a	103,33±14,98 ^a	0,161
ICA ² (g)	1,47±0,04 ^a	1,14±0,04 ^b	1,15±0,06 ^b	0,001
TAD ³ (%)	0,27±0,00 ^a	0,24±0,01 ^b	0,23±0,02 ^b	0,016
TEP ⁴ (g)	1,89±0,06 ^b	2,43±0,08 ^a	2,42±0,11 ^a	0,001
TEE ⁵ (g)	2,14±0,06 ^b	2,75±0,09 ^a	2,74±0,13 ^a	0,001

Fuente: Actual estudio. ¹CA= Consumo de Alimento; ²ICA= Índice de Conversión Alimenticia; ³TAD%= Tasa de Alimentación Diaria en porcentaje; ⁴TEP= Tasa de Eficiencia Proteica; ⁵TEE= Tasa de Eficiencia de la Energía. Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente (P<0,05).

Índice de Conversión Alimenticia

En este estudio se determinó diferencia significativa (p<0.05) que presentaron T2 y T3 en comparación con la dieta control (T1) sin inclusión de hidrolizado (ver tabla 6 y gráfica 7).

Teniendo presente, que para la conversión alimenticia los valores menores son mejores, desde el punto de vista productivo (Vivas y Flor, 2011), la tendencia en esta variable indica que una inclusión por encima del 10% de hidrolizado, favorece significativamente la conversión del alimento. Pero, niveles de inclusión del 20% presentan un mejor comportamiento desde el punto de vista biológico comparado con la dieta control. De igual forma, los bajos índices de conversión alimenticia logrados con niveles de inclusión de 10 y 20%, se deben probablemente a la calidad nutritiva del hidrolizado en la relación proteína, energía y del perfil amino-lipídico del

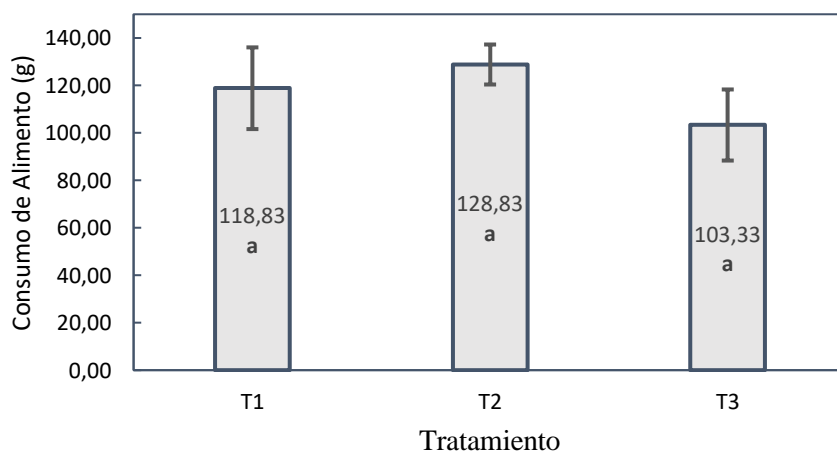
metabolismo de la Tilapia roja (Gráfica 7). Aun así, este índice confirma las ventajas de la inclusión del hidrolizado en la dieta de los peces (Mora *et al*, 2006).

Tasa de Eficiencia Proteica

Se determinó que los tratamientos T2 y T3 presentaron mejor eficiencia proteica comparada con el tratamiento control (T1). Adicionalmente, T2 y T3 fueron mejores en 0,53 y 0,54, respectivamente (ver tabla 6 y gráfica 9), comparados con la dieta control T1 (0% Inclusión), indicando de esta manera, un mejor desempeño en la digestión y metabolismo de las proteínas. No obstante, la diferencia está determinada por los diferentes niveles de inclusión de hidrolizado en las dietas. Lo anterior se debió a la cantidad y calidad nutricional del hidrolizado. Demostrando así, que los niveles adecuados de inclusión pueden constituir una fuente proteica viable en la producción de tilapia roja, pez que utiliza eficientemente los nutrientes presentes en este producto.

Gráfica 6

Consumo de alimento hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).

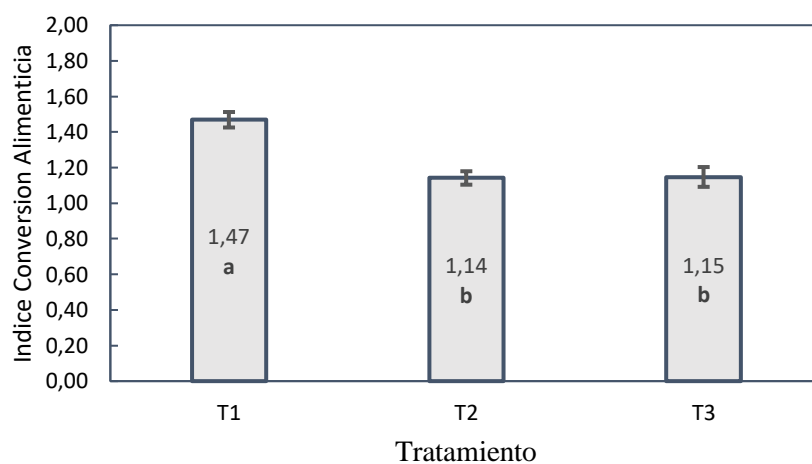


Fuente: Actual Estudio. Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

El T3 tuvo una disminución en consumo de alimento (103,33) en comparación con el T1 y T2 con (118,83 y 128,33) ($P < 0,05$)

Gráfica 7

Índice de conversión alimenticia con inclusión de hidrolizada lombriz roja (Eisenia foetida).

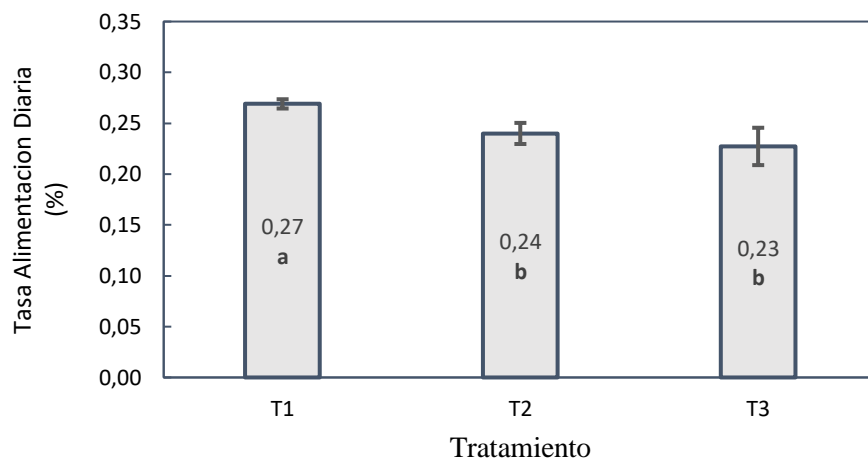


Fuente. Actual estudio. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0,05$).

Los T2 y T3 con hidrolizado obtuvieron mejor ICA (1,14 y 1,15 VS 1,47), comparados con el T1 sin hidrolizado ($p < 0,05$).

Gráfica 8

Tasa de alimentación diaria con hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).

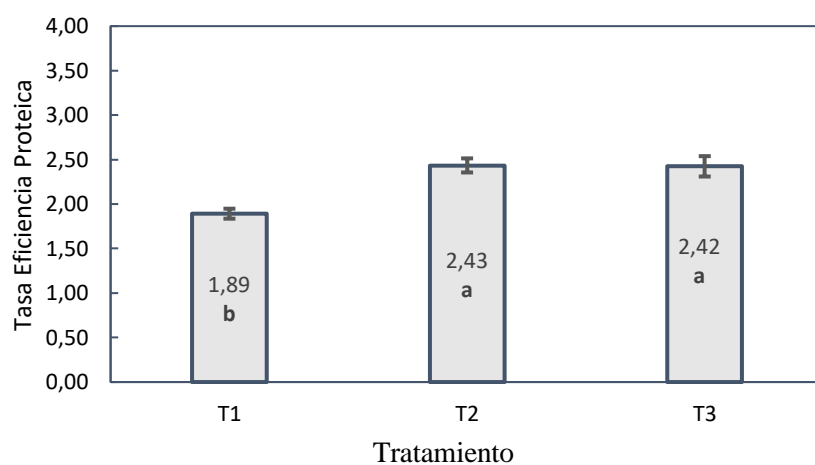


Fuente. Actual estudio. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Los T2 y T3 con hidrolizado obtuvieron mejor tasa de alimentación diaria (0,24 y 0,23 VS 0,27), comparados con el T1 sin hidrolizado ($p < 0.05$).

Gráfica 9

Tasa de eficiencia de la proteína con hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).

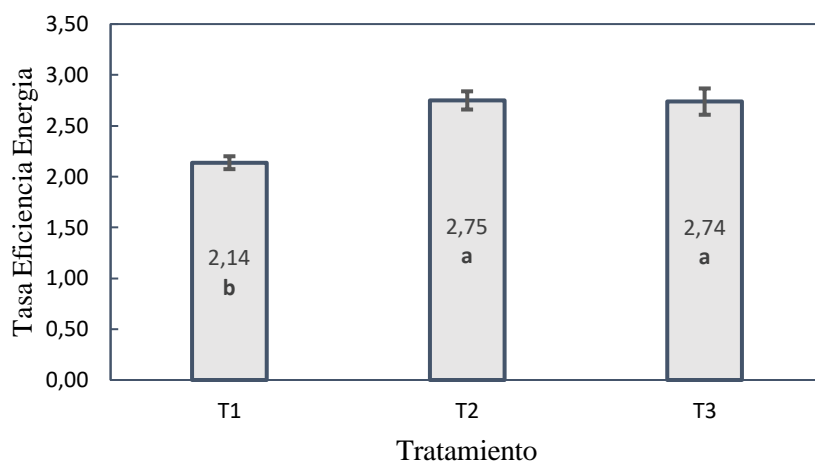


Fuente. Actual estudio. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Los T2 y T3 con hidrolizado obtuvieron mejor tasa de eficiencia de la proteína (2,43 y 2,42 VS 1,89), comparados con el TI sin hidrolizado ($p < 0.05$).

Gráfica 10

Tasa de eficiencia de la energía con hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).



Fuente. Actual estudio. Letras diferentes indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

Los T2 y T3 con hidrolizado obtuvieron mejor tasa de eficiencia de la energía (2,75 y 2,74 VS 2,14), comparados con el TI sin hidrolizado ($p < 0.05$).

Tasa de Eficiencia de la Energía

Los resultados indican, que los tratamientos con mejor eficiencia en la tasa de energía fueron T2 y T3 ($p < 0,05$). Además, T2 y T3 fueron mayores en 0,61 y 0,60, respectivamente, comparados con la dieta control T1 (0% Inclusión de hidrolizado), mostrando así un mejor aprovechamiento y desempeño en el metabolismo energético de lípidos y proteínas. No obstante, se debe tener en cuenta que las diferencias obtenidas están determinadas por los diferentes niveles de inclusión del hidrolizado en las dietas. Lo anterior, podría deberse a la cantidad y calidad nutricional del hidrolizado, demostrando una vez más que, niveles adecuados de inclusión

puede constituir una fuente proteica y energética viable en la producción de tilapia roja, pez que utilizaría eficientemente los nutrientes presentes en este producto (Toledo et al., 2009).

Evaluación Económica

A continuación, se presenta la evaluación económica al incluir hidrolizado de lombriz roja californiana en la alimentación de tilapia roja.

Se presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el costo de la dieta, el índice de conversión económico (ICE) y el beneficio neto (BN), ver tabla 7. Por lo contrario, no se presentó diferencias significativas ($P < 0,05$), para el índice de rentabilidad (IRE), el incremento de beneficio neto y la tasa de retorno marginal de acuerdo con el nivel de inclusión del hidrolizado en las dietas para tilapia roja.

Tabla 7

Evaluación económica

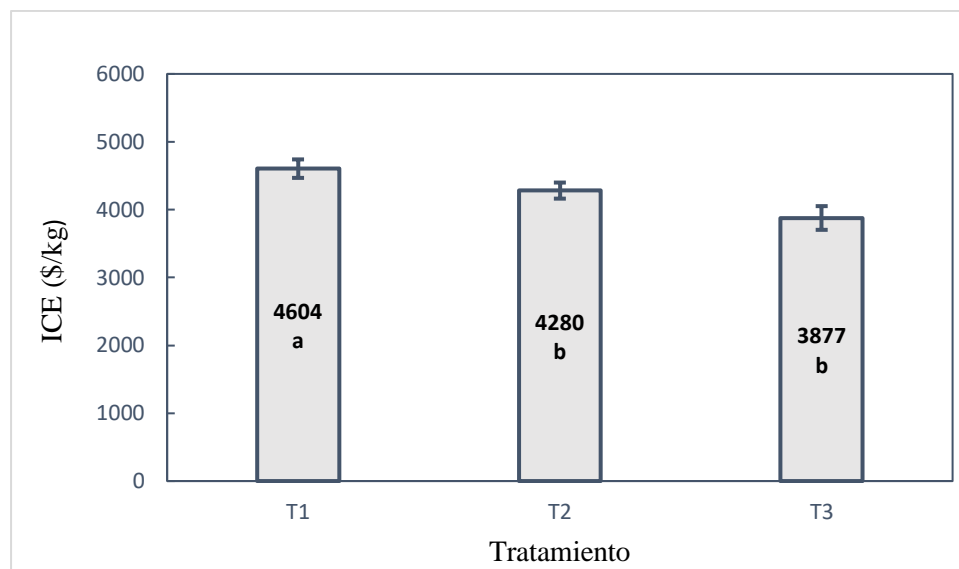
Variable	T1	T2	T3	Anova P<0,05
Costo de la dieta (\$ kg-1) ¹	3134,24 ± 0,00 ^a	2902,47 ± 0,00 ^b	2869,27 ± 0,00 ^b	0,034
ICE ² (\$ kg-1)	4603,81 ± 136,21 ^a	4280,46 ± 118,46 ^b	3876,82 ± 174,60 ^b	0,001
IRE ³ (\$ kg-1)	1544,61 ± 249,77 ^a	1927,54 ± 192,32 ^a	1641,29 ± 102,44 ^a	0,111
BN ⁴ (\$) ⁵	1563,74 ± 247,20 ^b	2331,33 ± 216,47 ^a	1965,17 ± 144,35 ^{ab}	0,011
IBN ⁶ (\$)	-	767,59 ± 452,85 ^a	401,42 ± 389,82 ^a	0,348
TRM ⁷ (%)	-	200,78 ± 105,26 ^a	125,63 ± 105,40 ^a	0,432

Fuente: actual estudio. ¹(\$ kg-1)= pesos colombianos por kilogramo; ²ICE= Índice de Conversión Económico; ³IRE= Índice de Rentabilidad Económica; ⁴BN= Beneficio Neto; ⁵(\$)= precio en pesos colombianos; ⁶IBN= Incremento del Beneficio Neto; ⁷TRM= Tasa de Retorno Marginal.

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

Gráfica 11

Índice de conversión económico hidrolizado de lombriz roja (*Eisenia foetida*).



Fuente: Actual estudio. Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

Sobresale que, a mayor inclusión de hidrolizado, el costo de la dieta disminuye significativamente presentando diferencias ($P < 0,05$) entre los tratamientos (Tabla 7 y gráfica 11), hallando que, T3 presentó el menor costo, seguido de T2 y T1. Con relación a lo anterior, se evidencia que existe una diferencia entre el precio de la dieta control (T1) y T3 (20% de inclusión de hidrolizado) de \$ 264,97 por kg, con respecto a T2 (10% de inclusión de hidrolizado) de \$ 231,77 por kg, representando una disminución en el costo de la dieta del 8,45%; 17,84% y 7,39%, respectivamente.

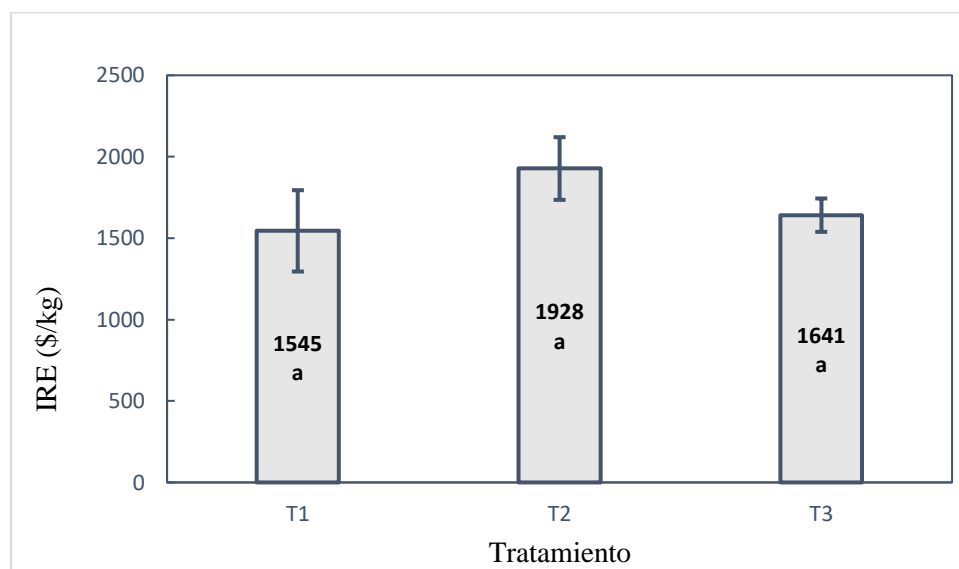
Comportamiento similar ha sido reportado en estudios con hidrolizados de pescado en alimentación de Tilapia roja (Hisano y Sousa, 2014), Trucha arco iris (Guzel *et al.*, 2011) y pollos de engorde (Valenzuela *et al.*, 2015), al incrementar la inclusión de ensilaje en la dieta, el costo del alimento disminuye.

En este estudio, el mejor índice de conversión económico se logró con T3, es decir al incluir un 20% de hidrolizado de lombriz en la dieta de la tilapia roja, seguida de T2 y T1

(Gráfica 10). El índice de conversión económico es el costo de alimento concentrado requerido para producir un kilogramo de carne de tilapia roja. Por lo tanto, al incluir hidrolizado de lombriz roja para alimentar tilapia, se logra un menor costo de alimentación en comparación con la dieta control, resultados similares reportados por Goosen *et al.*, (2014), López y Ramírez, (2021).

Gráfica 12

Índice de rentabilidad económica del hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).

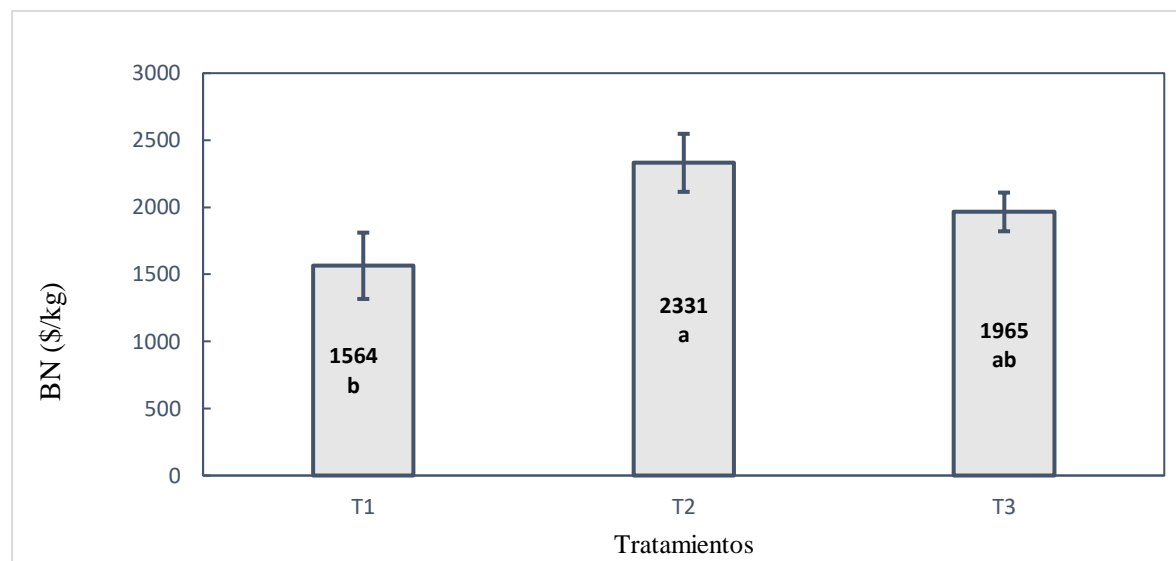


Fuente: Actual estudio. *Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente (P<0,05).*

En relación con el índice de rentabilidad económica (Gráfica 12), se evidenció que los tratamientos presentaron un comportamiento estadísticamente similar ($P<0,05$). Lo anterior, indica que, al introducir cualquier nivel de inclusión de hidrolizado de lombriz en las dietas para Tilapia roja, se logra la misma retribución económica por kilogramo de carne de pescado producido (Tabla 7).

Gráfica 13

Beneficio neto del hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).



Fuente: Actual Estudio. *Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0,05$).*

Contrariamente, a los resultados presentados para el índice de rentabilidad económica, han sido reportados al evaluar la inclusión de ensilajes en dietas de Tilapia y Cachama (Bravo y Anacona, 2011), reportando una disminución en los costos de producción; así como en pollos de engorde (Gómez et al., 2014; Garcés et al., 2015) evidenciando que se pueden disminuir los costos de producción en 7,4 a 10,4 % alimentando todo el ciclo completo.

En la gráfica 13 se observa, que los tratamientos del estudio presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) para el beneficio neto (BN) de acuerdo con el nivel de inclusión es decir al incluir un 10% de hidrolizado, seguida de T3 y T1 del hidrolizado de lombriz en la dieta para alimentación de tilapia roja (Ver tabla 7 y gráfica 13). El mayor beneficio neto asociado a los costos de la dieta se logró con el tratamiento T2 (\$2331 vs \$1965 y \$1534).

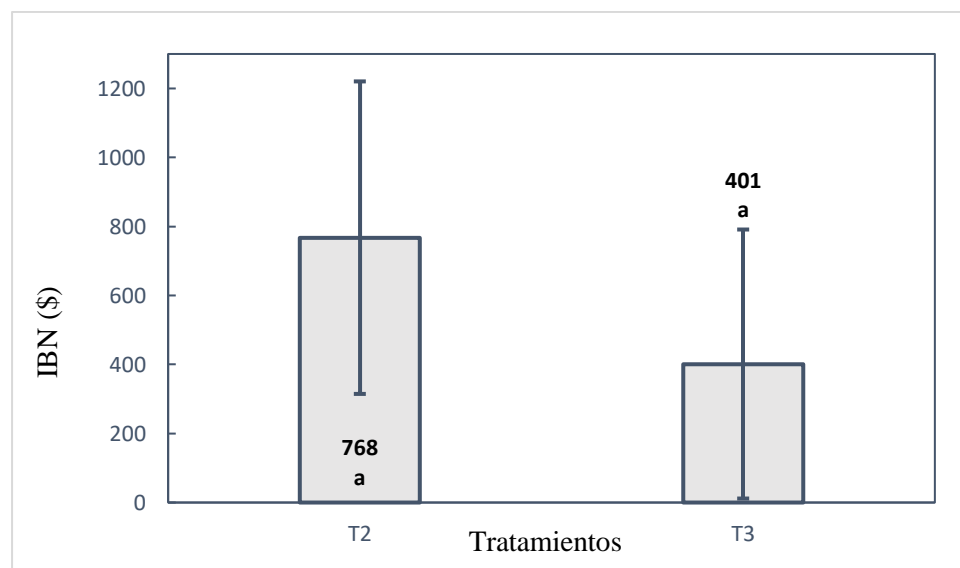
Resultados similares fueron obtenidos en evaluaciones con inclusión de ensilaje de residuos pesqueros en alimentación para Tilapia roja (Perea y Garcés, 2010) y pollos de engorde

(Valenzuela *et al.*, 2015; Gómez *et al.*, 2014; Garcés *et al.*, 2015), en resumen, el mayor beneficio económico se logró al incluir el 10% de hidrolizado en la dieta alimenticia.

A continuación, se muestra el incremento del beneficio neto, el cual no presentó diferencias estadísticas ($P < 0,05$) entre las dietas con inclusión de hidrolizado de lombriz. Sin embargo, se puede observar en la gráfica 14, que el Tratamiento T2 (10% inclusión), mejoró levemente en \$ 367 pesos por kilogramo al tratamiento T3. Lo anterior refleja que al alimentar los peces con la dieta T3 en nivel de inclusión de 20% de hidrolizado, se logran menores beneficios económicos, en comparación con T2 (10% inclusión) con el que se obtuvo un mayor beneficio neto.

Gráfica 14

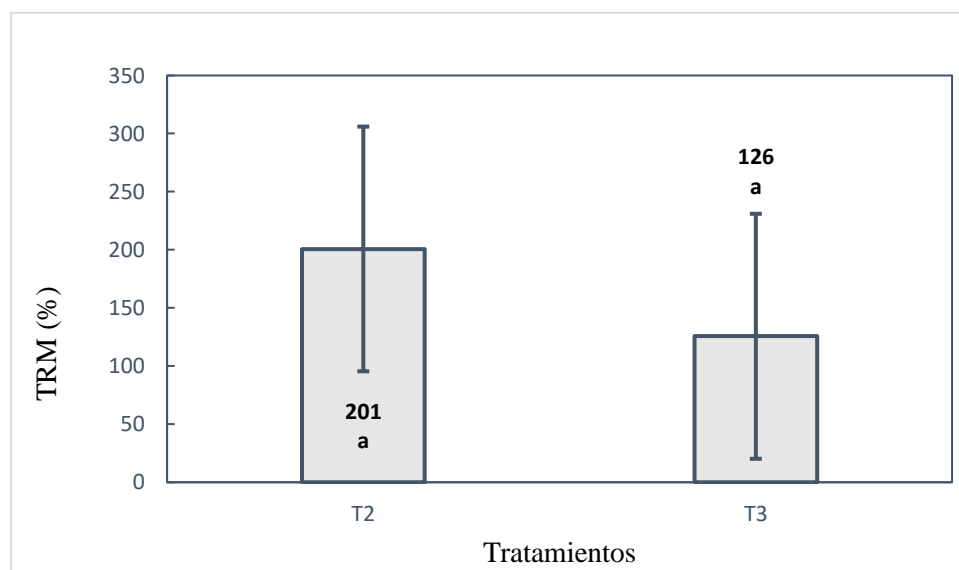
Incremento del beneficio neto del hidrolizado de lombriz roja (Eisenia foetida).



Fuente: Actual estudio. *Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0,05$).*

Gráfica 15

Tasa de retorno marginal del hidrolizado de lombriz roja (*Eisenia foetida*).



Fuente: Actual estudio. *Letras diferentes en la misma fila, difieren estadísticamente ($P < 0,05$).*

Con relación a la tasa de retorno marginal presentó un comportamiento similar al incremento del beneficio neto, al no presentar diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$), entre las dietas (ver tabla 7 y gráficas 13 y 14). Sin embargo, en la gráfica 14, se demuestra que la mayor retribución económica se logra en el tratamiento T2 con inclusión del 10% de hidrolizado de lombriz en la dieta para tilapia roja.

Los resultados obtenidos son afines a los reportados por Perea-Román et al. (2018) en la valoración económica de ensilajes en la alimentación de tilapia. De igual forma, por Llanes., et al. (2014) en la investigación análisis de dietas con diferentes niveles de inclusión de ensilajes de pescado en alimentación de tilapia. Así mismo, lo reporta Guzel et al., (2014) en alimentación de trucha arco iris y Garcés et al., (2015) en pollos de engorde.

Conclusiones

En esta investigación se demostró que la inclusión del 10% de Hidrolizado de lombriz roja californiana en la alimentación de tilapia roja fue la que mejor asimilación presentó al obtener mejor eficiencia proteica y energética, derivando en mejores ganancias de peso y talla en los peces evaluados

El hidrolizado de lombriz roja californiana es una alternativa de alta calidad nutritiva que se puede utilizar en las dietas para peces en niveles de inclusión (10 y 20%), que permite obtener mayor peso en producto, y a su vez genera buenos márgenes de rentabilidad económica para el pequeño y mediano productor de tilapia.

Al aumentar el nivel de inclusión de hidrolizado de lombriz en las dietas para tilapia roja, especialmente con T2 (Inclusión 20% de hidrolizado), se reduce significativamente el costo de alimentación en comparación a la dieta de referencia T1 (Inclusión 0% de hidrolizado).

A su vez, el resultado del análisis bromatológico determinó que el hidrolizado de lombriz roja cuenta con un adecuado porcentaje de proteína, estimada en 58.2, Demostrando así, que puede suplir otras materias primas ricas en proteína a la hora de elaborar una dieta para la alimentación animal.

Referencias

Aguilar, F., Afanador Téllez, G., y Muñoz Ramírez, A. (2010).

Efecto del procesamiento de la dieta sobre el desempeño productivo de Tilapia Nilótica (*Oreochromis niloticus* Var. Chitralada) en un ciclo comercial de producción. *Revista medicina veterinaria zootécnica*. 57(2)

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=407639223003%20ISSN.%200120-2952>

Agronegocios. (15 de junio 2022).

Lombricultura, la técnica que se convierte en un gran aliado para la agricultura.

<https://www.agronegocios.co/agricultura/lombricultura-el-aliado-de-la-agricultura-3383020>

Arboleda Navarreto, S., E., y Teran Garrido, T., V. (2011).

Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de tilapia roja, en la parroquia la carolina, cantón Ibarra. Ingeniero comercial. [Título de grado.,

Universidad Técnica del Norte]. <https://fdocuments.ec/document/02-ico-198-proyecto-tilapia-roja-la-carolina.html?page=1>

Benítez, R., Ibarz, A. y Pagan, J. (2008).

Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones. *Acta Bioquím Clín Latinoam*. 42(2), 227–236. <http://www.scielo.org.ar/pdf/abcl/v42n2/v42n2a08.pdf>.

Bravo Ortega, C. E, y Anacona, Montoya Y. A. (2011).

*Evaluación de parámetros zootécnicos en Tilapia Roja (*Oreochromis spp.*) y cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), alimentadas con dietas en base a ensilaje de vísceras de pescado en el embalse “La Salvajina”, Suarez-Cauca.* [tesis de grado, Universidad del Cauca].

<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/782/EVALUACI%C>

[3%93N%20DE%20PAR%C3%81METROS%20ZOOT%C3%89CNICOS%20EN%20TILAPIA%20ROJA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.repositorio.unamamad.edu.pe/handle/UNAMAD/241)

Cardoza Ramírez, A. L., Guerra Espinoza, M. F., y Palomino Ramos, A. R. (2021).

Uso de hidrolizados de pescado en la acuicultura: una revisión de algunos resultados beneficiosos en dietas acuícolas. *Manglar* 18(2) p215-222.

<https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/246/371>

Castillo Quispe, S. y Castillo Quispe, H. (2017).

Efectos de la Inclusión de la Harina de semilla de copoazú (theobroma grandiflorum) en la dieta balanceada durante el crecimiento en fase juvenil de paco (Piaractus brachypomus). [Ingeniería Agroindustrial. Puerto Maldonado. Universidad Nacional Amazónica Madre de Dios]. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/241>.

Castillo Arauz, Y. S.; Domínguez Velásquez, G. E. (2018).

Fluctuación de los niveles de glucosa en sangre, hígado y músculo de tilapia Oreochromis niloticus, tras la ingesta de alimentos. [Ingeniero Agrícola, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua].

https://www.researchgate.net/publication/363158377_Fluctuacion_de_los_niveles_de_glucosa_en_sangre_higado_y_musculo_de_tilapia_Oreochromis_niloticus_tras_la_ingesta_de_alimentos

Copes, J., Pellicer, K., Del hoyo, G., y García, N. (2006).

Producción de ensilado de pescado en baja escala para uso de emprendimientos artesanales. *Analecta Veterinaria*, 26(1), p5–8.

Figueroa Moreno O. A., Zapata Montoya J. E., Buelvas L. M., y Ortiz O. (2012).

Hidrolizados proteicos y perspectivas del modelamiento en cinética enzimática de proteínas: una revisión. *Agunkuya*. 2 (1). p 64-77. <file:///D:/Downloads/303-Texto%20del%20art%C3%ADculo-317-1-10-20150706.pdf>

Garcés, Y., Perea, C., Valencia, N., Hoyos, J., y Gómez, J. (2015).

Nutritional effect of the chemical silage of fish by-products in broiler (*Gallus domesticus* et al.) feeding. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 49(4) p. 503–508.

García Moreno, P., Pérez-Gálves, R., Espejo Carpio, F., Ruiz Quesada, C., Péres Morilla, A., Martínez Agustín, O., Guadix, E. (2017).

Propiedades funcionales, bioactivas y antinogenicidad de los hidrolizados de proteínas de merlán azul, efecto enzimático y grado de hidrolisis. *Revista de la ciencia de la alimentación y la Agricultura*. 97, 299-308.

Gómez, G., Ortiz, M., Perea, C. y López, F. (2014).

Evaluación del ensilaje de vísceras de tilapia roja (*Oreochromis spp*) en alimentación de pollos de engorde. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 12(1), p. 106–114.

Guzel, S., Yazlak, H., Gullu, K., y, Ozturk, E.(2011).

The effect of feed made from fish processing waste silage on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *African Journal of Biotechnology*, 10(25), p. 5053–5058.

Hisano, H.,y,Souza, P.(2014).

Growth performance and digestibility of juvenile Nile tilapia fed diets containing acid silage viscera of *Surubim* catfish. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 35(1), 1-6

Centro tecnológico de la acuicultura, etaqua. Alimentación optimizada para tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) de Senegal. Informe de vigilancia tecnológica. [archivo PDF].

<https://www.ong-aida.org/wp-content/uploads/2017/06/Informe-Alimentaci%C3%B3n-Tilapia-v2.pdf>

Jover Cerdá, M.(2000).

Estimación del crecimiento, tasa de alimentación y producción de desechos en piscicultura mediante un modelo bioenergética. *Revista científica internacional de acuicultura en español*, 9. 1-10

<http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/70/59>.

Jover Cerdá, Miguel. (2012). Futuro de la alimentación de los peces en granjas marinas.

Revista científica internacional de acuicultura en español. 37, (37),

http://revistaaquatic.com/aquatic/pdf/37_10.pdf

Mora Sánchez, J. A., Moyetones, F. y Jover Cerdá, M. (2009).

Influencia del contenido proteico en el crecimiento de alevines de bagre yaque, *Leiarius marmoratus*, alimentados con concentrados comerciales. *Revista Zootecnia Tropical*. 27

(2). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692009000200009

Llanes, J., Toledo, J., Savón, L. y Gutiérrez, B. (2014).

Crecimiento de Tilapias rojas *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* con dietas semi-húmedas a base de ensilados de residuos pesqueros. *Mundo Pecuario*, 10 (2). 69-83.

Lezcano Cerrud J. F., y Borjas Ferrera G. J. (2017).

Optimización en la elaboración de harina de lombriz (Eisenia foetida) como fuente proteica en alimento para alevines de tilapia (oreochromis sp). [Ingeniero en

agroindustria alimentaria. Escuela Agrícola Panamericana, zamorano Honduras].

<file:///D:/Documents/TG3/AGI-2017-010.pdf>

López C. A; Carvajal D. L; Botero M. C. (2007).

Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa–metiltestosterona. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20(3), 318-326.

<https://www.redalyc.org/pdf/2950/295023025010.pdf>

Minagricultura (2020). Acuicultura en Colombia, Cadena de la Acuicultura. Dirección de cadenas pecuarias, Pesqueras y Acuícolas. [Archivo PDF]

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2020-12-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Minagricultura (enero-marzo 2021). Acuicultura en Colombia, Cadena de la Acuicultura.

Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas. [Archivo PDF]

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Acuicultura/Documentos/2021-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Miranda Gelvez, R. A. y Guerrero Alvarado, C. E. (2015).

Efecto de la torta de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) sobre el desempeño productivo de juveniles de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Revista Dialnet Uniroja*. 20 (2).

Moraes O, M., Gomes S, M. E., Da silva C, C. A., Pimenta, C. J., Viera L, R. y Evangelista F, P. (2006).

*Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado.*

Zootecnia e Medicina Veterinaria. Universidade José do Rosário Vellano/ UNIFENAS. p

1 - 5. 2 www.scielo.br/pdf/cagro/v30n6/a24v30n6.pdf

Narro, E. y Vásquez, D. (2017).

Determinación de cianuro en aguas del río Chinchipe - San Ignacio – Cajamarca, en el período octubre-diciembre del año 2016. [Tesis Farmacia y Bioquímica, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Farmacia y Bioquímica].

Nicovita. Manual de crianza tilapia. Alicorp.[Archivo PDF].

<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

Perea, C. (2016).

*Evaluación nutricional de ensilajes de residuos de trucha arcoíris *Oncorhynchus mykiss* en la alimentación de Tilapia Roja *Oreochromis spp* (Nacional de Colombia).* [Archivo PDF].http://bdigital.unal.edu.co/56016/1/Crispulo_Perea_Roman-2016.pdf.

Perea, C. y Garcés, Y. (2010). *Evaluación de ensilaje biológico de residuos de pescado en la alimentación de Tilapia roja (*Oreochromis spp*)*. [Titulo de Ingeniería agropecuaria. Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de ciencias agropecuarias]

Perea Román C, Garcés Caicedo Y, Muñoz Arboleda L, Hoyos-Concha J, y Gómez-Peñaranda J. (2018).

Economic valuation of silage with fish farming residues in oreochromis spp food.

Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. 16 (1). 43-51.

Perea, C., Garcés, Y., Vivas, N., Hoyos, J., Guzmán, L., y Peñafiel, A. (2018).

Evaluación de la digestibilidad aparente de hidrolizados de residuos de origen animal en Tilapia roja. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 26 (19).

www.alpa.org.ve/ojs/index.php.

Perea, C., Garcés, Y., y Hoyos, J. (2011).

Evaluation of Fish Waste Biological Silage in Red Tilapia Feeding (*Oreochromis* spp).

Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial, 9 (1) 60–68.

Perea, C., Hoyos, J., Garcés, Y., Muñoz, L., y Gómez, J. (2017).

Evaluación de procesos para obtener ensilaje de residuos piscícolas para alimentación animal. *Ciencia En Desarrollo*, 8 (2), 12.

<https://doi.org/10.19053/01217488.v8.n2.2017.6174>.

Perdomo, D., Corredor, Z. y Ramírez, L. (2012). Características Físico-Químicas y morfométricas en la crianza en cautiverio de la Tilapia roja (*Oreochromis* spp.) en una zona cálida tropical. *Mundo Pecuario*. 8 (3). 166–171

Saavedra Martinez, M.A. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. [archivo PDF].

<https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

Pinzon, C.A. (2022). Por qué esta caro el concentrado balanceado. *Fedeacua, Acuicultores*. (6).

[Archivo PDF] <https://fedeacua.org/files/acuicultores6.pdf>

Rodriguez Aleman, S. (2002). Engorde de tilapia. [Título Ingeniero Agrónomo Zootecnista, Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro].

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5795/T13163%20RODR%20C3%8DGUEZ%20ALEMAN%20SERJIO%20%20%20MONOG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sales Davilla, F. (1996).

Harina de lombriz, alternativa proteica en trópico y tipos de alimento. *Folia amazónica*.

8(2). p 77-89.

Samadilla Reyes, R., J., y Guzman Guillén, F. (2004).

Guía de lombricultura. *Universidad Nacional Agraria*. [Archivo pdf]

<https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>

Sanchez Sanchez A., Arias Moscoso J. L., Torres Areola W., Márquez Ríos E., Cárdenas López J.L., García Sanchez G., y Ezquerra Brauer J. M. (2013).

Caracterización de hidrolizados de desechos de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) obtenidos por autohidrólisis y un proceso químico-enzimático. *CyTA - Journal of Food*. 12 (1), p 85-96.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2013.801039?scroll=top&needAccess=true>

Toledo, J., Botello, L., y Llanes, J. (2009).

Evaluación de tres ensilados químicos de pescado en la alimentación de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. p14–18.

<https://www.researchgate.net/publication/277179317>

Toledo, J., & Llanes, J. (2006).

Estudio comparativo de los residuos de pescado ensilados por vías bioquímica y biológica. Introducción Materiales y Métodos Resultados y Discusión. *Revista Aquatic*, 25, 28–33.

http://www.revistaaquatic.com/aquatic/pdf/25_05.pdf.

Torres, E. y Espejo, C. (2001).

Cultivo de las tilapias roja (Oreochromis spp.) y plateada (oreochromis nilotus).

[Archivo DPF] <http://hdl.handle.net/20.500.12324/19713>

Torres, Novoa D. M.; Hurtado-Nery V. L. (2012).

Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *ORINOQUÍA*. 16 (1), 63-68. [file:///D:/Downloads/Dialnet-
RequerimientosNutricionalesParaTilapiaDelNiloOreoc-4028586.pdf](file:///D:/Downloads/Dialnet-RequerimientosNutricionalesParaTilapiaDelNiloOreoc-4028586.pdf)

Valenzuela, C., Carvallo, F., Morales, M. y Reyes, P. (2015).

Efecto del uso de ensilado seco de salmón en dietas de pollos broiler sobre parámetros productivos y calidad sensorial de la carne. *Archivos de medicina veterinaria*. 47 (1) 53–59.

Vielma Rondón, R. A; Rosales, D; Rosales, Y; Medina, A.L; Villarreal, J. (2008).

Perfil electroforético y calidad microbiológica de la harina de lombriz eisenia fétida. *Revista Chilena de Nutrición*. 35 (3). P 225-234.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182008000300008

Vielma Rondón, R. A; Olivares Durán J. F; León Leal, A; Medina, A. (2003).

Valor nutritivo de la harina de lombriz (*eicenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivación precolumna con o-ftalaldehido (OPA). *Ars pharmaceutica*. 44 (1) p16.

<https://revistaseug.ugr.es/index.php/ars/article/view/5124/4936>

Vivas Gualteros, C y Flor Campo, N. (2011).

*Evaluación de la inclusión de ensilaje biológico de vísceras de pescado en alimentación de tilapia roja (*Oreochroomis spp*)*. [Trabajo de grado de Ingeniería Agropecuaria, Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agrarias]. p 85

<http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/756>.

Zambrano, A. Panta Vélez, R, P. Vélez, J. Dávila, V. Acosta, V. y León, F.I. (2021).

La harina de lombriz de tierra (*Eisenia fetida*) como alternativa proteica en el engorde de pre-juveniles del camarón *penaeus vannamei*. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*. 55. (2), 134-148.

<https://www.researchgate.net/publication/358412061> La harina de lombriz de tierra Eisenia fetida como alternativa proteica en el engorde de pre-juveniles del camaron Penaeus vannamei