



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**EVALUACIÓN DE HARINA DE *Tenebrio molitor* EN DIETAS
ISOPROTEICAS SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA EFICIENCIA
ALIMENTICIA DE *Oreochromis mossambicus*.**

**MOLINA BRAVO JANDRY JOSEPH
INGENIERO ACUICOLA**

**RAMBAY PEÑA PAUL ALEJANDRO
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

**EVALUACIÓN DE HARINA DE *Tenebrio molitor* EN DIETAS
ISOPROTEICAS SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA EFICIENCIA
ALIMENTICIA DE *Oreochromis mossambicus*.**

**MOLINA BRAVO JANDRY JOSEPH
INGENIERO ACUICOLA**

**RAMBAY PEÑA PAUL ALEJANDRO
INGENIERO ACUICOLA**

**MACHALA
2025**



UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE ACUICULTURA

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE HARINA DE *Tenebrio molitor* EN DIETAS
ISOPROTEICAS SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA EFICIENCIA
ALIMENTICIA DE *Oreochromis mossambicus*.**

**MOLINA BRAVO JANDRY JOSEPH
INGENIERO ACUICOLA**

**RAMBAY PEÑA PAUL ALEJANDRO
INGENIERO ACUICOLA**

VALAREZO MACIAS CESAR AUGUSTO

**MACHALA
2025**

TESIS - REVISION PARA TURNITIN - MOLINA Y RAMBAY ANTIPLAGIO

3%
Textos
sospechosos



2% Similitudes

0% similitudes
entre comillas

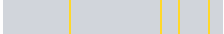
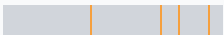
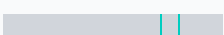
0% entre las
fuentes
mencionadas

< 1% Idiomas no
reconocidos

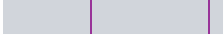
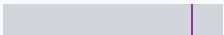
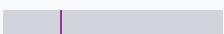
Nombre del documento: TESIS - REVISION PARA TURNITIN - MOLINA Y RAMBAY ANTIPLAGIO.docx	Depositante: CESAR AUGUSTO VALAREZO MACIAS	Número de palabras: 8092
ID del documento: 62e0074405f94eb582c4c9997d0e8ca0b21e5c8f	Fecha de depósito: 22/7/2025	Número de caracteres: 51.182
Tamaño del documento original: 337,73 kB	Tipo de carga: interface	
	fecha de fin de análisis: 22/7/2025	



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 Documento de otro usuario #198d84 Viene de de otro grupo 18 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (82 palabras)
2	 repositorio.uteq.edu.ec INCLUSIÓN DE HARINA DE YUCA (Manihot esculenta) E... https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/8299 18 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (82 palabras)
3	 repositorio.unal.edu.co Evaluación del consumo de poliestireno expandido (ico... https://repositorio.unal.edu.co/ 17 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (78 palabras)
4	 revistas.unne.edu.ar Efectos de la sustitución parcial de maíz por harina integr... https://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/download/1848/1599 8 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (56 palabras)
5	 agris.fao.org Reemplazo de la harina de pescado por harina de Tenebrio molito... https://agris.fao.org/search/ar/records/67599de2c7a957febdfe837c	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (42 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 hdl.handle.net Efecto de la sustitución parcial de harina de pescado por harina ... https://hdl.handle.net/20.500.14278/3364	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	 Documento de otro usuario #ad410f Viene de de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)
3	 insectopedia.club La historia de la alimentación: Consumo de insectos en la his... https://insectopedia.club/la-historia-de-la-alimentacion-consumo-de-insectos-en-la-historia/	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
4	 repository.unad.edu.co Larvas de gusano de harina (Tenebrio molitor) como al... https://repository.unad.edu.co/handle/10596/28001	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

Los que suscriben, MOLINA BRAVO JANDRY JOSEPH y RAMBAY PEÑA PAUL ALEJANDRO, en calidad de autores del siguiente trabajo escrito titulado EVALUACIÓN DE HARINA DE Tenebrio molitor EN DIETAS ISOPROTEICAS SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA EFICIENCIA ALIMENTICIA DE Oreochromis mossambicus., otorgan a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tienen potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

Los autores declaran que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

Los autores como garantes de la autoría de la obra y en relación a la misma, declaran que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asumen la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



MOLINA BRAVO JANDRY JOSEPH

0706045606



RAMBAY PEÑA PAUL ALEJANDRO

0705501146

DEDICATORIA

Jandry Molina

A ti, mamá, por ser mi fuerza cuando flaqueé, mi guía cuando dudé y mi refugio en los días difíciles. Por cada sacrificio silencioso, por cada lágrima convertida en esperanza y por enseñarme con tu ejemplo que el amor verdadero se demuestra en cada acto de entrega. Este logro es tan tuyo como mío.

A mis hermanas, por su amor incondicional, por su compañía en el camino, por sus palabras de aliento y por la alegría que han traído a mi vida. Gracias por caminar conmigo, por sostenerme y por celebrar cada paso a mi lado.

Y a mí, por no rendirme cuando todo parecía cuesta arriba, por haber enfrentado mis miedos y mis dudas, por haber confiado en mis sueños y seguir adelante incluso cuando el camino fue duro. Esta meta es también una victoria personal, un recordatorio de todo lo que soy capaz de lograr con esfuerzo, fe y perseverancia.

Paul Rambay

A mis padres, Jannine Peña y Harry Rambay, gracias por ser mi fuerza, mi hogar y mi ejemplo. Cada logro que alcanzo tiene sus huellas, su sacrificio, su amor.

A mis abuelos: María Carlin, Jacinto Peña, Guillermo Rambay y Fanny Vargas, por ser raíz y sabiduría. Por enseñarme, sin palabras a veces, que los valores se construyen con actos. Este esfuerzo también les pertenece.

Y con un amor que trasciende todo, dedico este trabajo a Carmen Gonzabay y Teodoro Vargas, dos presencias eternas en mi vida. Aunque ya no estén en este plano, viven en mí, en mis decisiones, en mis silencios, en mis ganas de salir adelante. Este logro va directo al cielo, como un pequeño homenaje a lo grande que fue su amor.

A ustedes, gracias por ser historia, herencia y corazón.

AGRADECIMIENTOS

Jandry Molina

Antes de todo le agradezco primeramente a Dios, fuente inagotable de vida, sabiduría y amor. Gracias por haberme acompañado en cada paso y darme la fuerza necesaria para no rendirme, has sido mi refugio en la incertidumbre, mi luz en los días grises y mi guía silenciosa pero constante.

A mi madre Mercy Bravo, mujer incansable y guerrera de espíritu inquebrantable, gracias infinitas; tu amor, tus sacrificios, tus desvelos y tu fe en mí han sido el motor que me impulsó a llegar hasta aquí. Cada paso que doy está construido sobre el esfuerzo que hiciste por brindarme lo mejor, incluso cuando tenías poco, eres mi mayor inspiración, mi orgullo y el corazón de todo lo que soy.

A mis hermanas Jamileth y Adriana, gracias por estar siempre presentes, por su cariño, su comprensión y su apoyo incondicional, en ustedes encontré no solo compañía sino también fuerza y consuelo en los momentos difíciles, sus palabras fueron de aliento cuando más los necesitaba.

A toda mi familia, gracias por cada gesto, cada palabra de aliento y cada muestra de cariño. A mis amigos, aquellos que me acompañaron en silencio o con alegría, gracias por su paciencia y por creer en mí cuando mis fuerzas flaqueaban.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera han pasado por mi vida, tanto quienes me tendieron una mano como quienes me pusieron obstáculos. De cada experiencia aprendí algo valioso, los gestos amables me dieron aliento, y las adversidades me forjaron el carácter. Hoy puedo decir que cada palabra, cada silencio, cada acción positiva o negativa me formó y me impulsó a seguir creciendo.

No puedo continuar sin expresar mi agradecimiento a quienes me guiaron académicamente en este proceso, al Ing. César Valarezo Macías, al Dr. Patricio Rentería Minuche y al Dr. Roberto Santacruz Reyes mis tutores, gracias por su compromiso, paciencia y por compartir sus conocimientos con dedicación y entrega.

Esta tesis no es solo un documento, es el reflejo de años de esfuerzo, lucha, caídas, aprendizajes y sueños, es un homenaje a quienes caminaron a mi lado, a quienes me tendieron la mano, y también a quienes sin saberlo me hicieron más fuerte. A todos, gracias de corazón.

Paul Rambay

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, por darme la vida, la fuerza, y por no soltarme en los momentos donde sentí que ya no podía más. Por ser mi guía silenciosa pero firme, por abrir caminos y cerrar puertas que no me convenían, y por recordarme que, incluso en el silencio, Él siempre está.

A mis padres, Jannine Peña y Harry Rambay, no existen palabras suficientes para expresar lo agradecido que estoy con ustedes. Gracias por ser mi refugio, por sus consejos, por las veces que me vieron caer y no me dejaron quedarme ahí. Por confiar en mí incluso cuando yo mismo lo dudaba. Cada página de este trabajo lleva un pedacito de su sacrificio, su entrega y su amor incondicional. Este logro también es suyo, y siempre lo será.

Con el alma llena de emoción, dedico este trabajo a mis dos ángeles en el cielo, Carmen Gonzabay y Teodoro Vargas. Aunque ya no estén físicamente, su presencia ha sido constante en cada pensamiento, en cada decisión, en cada paso que he dado. Me han acompañado en el silencio de mis oraciones, en los días en que necesité valor y en las noches en que solo me quedaba la fe. Gracias por cuidarme desde el cielo, por ser mi fuerza invisible y por enseñarme que el amor verdadero no conoce fronteras. Este logro es una forma de honrarlos y de decirles: lo logré, con ustedes en el corazón.

A mis docentes y tutores, gracias por dejar una huella en mi formación profesional y personal. Cada clase, cada corrección y cada palabra de aliento tuvo un impacto que llevó frutos hasta este día. En especial, a mi director/a de tesis, quien me acompañó en este proceso con paciencia, exigencia y compromiso, y me ayudó a sacar lo mejor de mí cuando más lo necesitaba.

A mis amigos y compañeros de carrera, gracias por compartir este camino conmigo. Ustedes estuvieron en las buenas, en las malas y en las que no sabíamos ni cómo íbamos a salir adelante. Gracias por las ideas compartidas, las bromas que aligeraban el estrés, las discusiones que nos hicieron crecer y las palabras de ánimo que se volvieron motor y en especial agradezco a mi compañero de Titulación, Jandry Molina quien me ha demostrado que dentro y fuera de las aulas de clase cuento con un amigo incondicional, y no hay palabras que expresen la gratitud que siento.

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de la inclusión parcial de harina de *Tenebrio molitor* en dietas isoproteicas sobre el crecimiento y la eficiencia alimenticia de *Oreochromis mossambicus* durante un período experimental de siete semanas. Se formularon cuatro tratamientos con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado: 0 % (control), 80 % (T-1), 60 % (T-2) y 40 % (T-3). Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos en términos de peso, talla y factor de conversión alimenticia (FCA). El tratamiento T-1 mostró el mayor peso final ($2,52 \pm 0,10$ g) y talla ($5,16 \pm 0,06$ cm), superando incluso al control, mientras que T-3 presentó el menor crecimiento. En cuanto al FCA, el control registró el mejor valor (1.87), seguido por T-1 (2.05), T-2 (2.26) y T-3 (2.47). Sin embargo, T-2 y T-3 mostraron mejoras progresivas en la eficiencia alimenticia a lo largo del ensayo, lo que sugiere una posible adaptación digestiva. Estos hallazgos indican que la harina de *T. molitor* puede ser utilizada como una fuente proteica alternativa viable y eficaz, especialmente en niveles de inclusión del 60 % y 80 %, sin comprometer el rendimiento productivo.

Palabras clave: *Oreochromis mossambicus*, *Tenebrio molitor*, harina de insecto, dietas isoproteicas, eficiencia alimenticia, sustitución de harina de pescado

ABSTRACT

This study evaluated the effect of partial inclusion of *Tenebrio molitor* meal in isoproteic diets on the growth performance and feed conversion efficiency of *Oreochromis mossambicus* over a seven-week experimental period. Four treatments were formulated with different levels of fishmeal replacement: 0% (control), 80% (T-1), 60% (T-2), and 40% (T-3). Significant differences were observed among treatments in terms of weight gain, body length, and feed conversion ratio (FCR). Treatment T-1 recorded the highest final weight (2.52 ± 0.10 g) and length (5.16 ± 0.06 cm), surpassing even the control, while T-3 showed the lowest growth. Regarding FCR, the control achieved the best performance (1.87), followed by T-1 (2.05), T-2 (2.26), and T-3 (2.47). However, both T-2 and T-3 showed progressive improvements in feed efficiency over time, suggesting a possible digestive adaptation. These findings indicate that *T. molitor* meal can serve as a viable and effective alternative protein source, particularly at 60% and 80% inclusion levels, without compromising productive performance.

Keywords: *Oreochromis mossambicus*, *Tenebrio molitor*, insect meal, isoprotein diets, feed efficiency, fishmeal replacement

INDICE DE CONTENIDO

	Páginas
INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	8
Objetivo general:.....	8
Objetivos específicos:.....	8
MATERIALES Y MÉTODOS.....	9
Ubicación del área de estudio.....	9
Diseño experimental.....	9
Croquis del diseño experimental.....	10
Formulación y elaboración de dietas.....	10
Manejo alimenticio.....	15
Variables de evaluación.....	16
Peso.....	16
Talla.....	17
Eficiencia Alimenticia (FCA)	17
Análisis estadístico.....	17
RESULTADOS.....	18
Rendimiento de los tratamientos.....	18
Análisis estadístico de peso.....	19
Análisis estadístico de talla.....	22
Factor de Conversión Alimenticia (FCA)	25
DISCUSIÓN.....	28
Crecimiento en peso de <i>Oreochromis mossambicus</i>	28
Crecimiento en talla de <i>Oreochromis mossambicus</i>	30
Factor de Conversión Alimenticia (FCA)	30
CONCLUSIONES.....	33

RECOMENDACIONES.....	35
ANEXOS.....	36
BIBLIOGRAFÍA.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tablas	Páginas
Tabla 1. Formulación porcentual de dietas experimentales	11
Tabla 2. Formulación de dieta balanceada de control (T-C).....	12
Tabla 3. Formulación de dieta balanceada al 80% (T-1) de sustitución de la harina de pescado por harina de <i>Tenebrio molitor</i>	13
Tabla 4. Formulación de dieta balanceada al 60% (T-2) de reemplazo de la harina de pescado por harina de <i>Tenebrio molitor</i>	14
Tabla 5. Formulación de dieta balanceada al 40% (T-3) de reemplazo de la harina de pescado por harina de <i>Tenebrio molitor</i>	15
Tabla 6. Cantidad de alimento suministrado (g) semanalmente en función de la biomasa de <i>Oreochromis mossambicus</i>	16
Tabla 7 Evolución semanal del peso promedio (g), talla (cm) y biomasa total (g) de los organismos alimentados con las dietas (T-C, T-1, T-2, T-3) durante 7 semanas de cultivo (3R).....	18
Tabla 8 Resultados del análisis de varianza (ANOVA unidireccional) para el peso de <i>Oreochromis mossambicus</i> alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de <i>Tenebrio molitor</i> , en cada semana de cultivo.	20
Tabla 9. Resultados del análisis de varianza (ANOVA unidireccional) para el peso de <i>Oreochromis mossambicus</i> alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de <i>Tenebrio molitor</i> , durante las siete semanas de cultivo	21
Tabla 10. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el peso final de <i>Oreochromis mossambicus</i> en el tiempo de cultivo bajo diferentes niveles de inclusión de <i>Tenebrio molitor</i> en la dieta.....	21
Tabla 11. Resultados del análisis de varianza (ANOVA unidireccional) para la talla de <i>Oreochromis mossambicus</i> alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de <i>Tenebrio molitor</i> , en cada semana de cultivo	23
Tabla 12. Resultados del análisis de varianza (ANOVA unidireccional) para la talla de <i>Oreochromis mossambicus</i> alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de <i>Tenebrio molitor</i> , durante siete semanas de cultivo	24
Tabla 13. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para la talla final de <i>Oreochromis mossambicus</i> en la semana 7 bajo diferentes niveles de inclusión de <i>Tenebrio molitor</i> en la dieta.....	24

Tabla 14. Comportamiento semanal (S) del Factor de Conversión Alimenticia (FCA) promedio en organismos alimentados con dieta control y dietas experimentales con 80%, 60% y 40% de reemplazo de harina de pescado por harina de <i>Tenebrio molitor</i> , durante 7 semanas de cultivo.....	26
Tabla 15. Comparación del peso final, talla final e índice de conversión alimenticia (FCA) de <i>Oreochromis mossambicus</i> alimentado con dietas isoproteicas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por <i>Tenebrio molitor</i> al finalizar el experimento	27

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Páginas
Figura 1 Diferencia de la ganancia de peso <i>Oreochromis mossambicus</i> alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de <i>Tenebrio molitor</i> , durante las siete semanas de cultivo.....	22
Figura 2 Diferencia de la ganancia de talla <i>Oreochromis mossambicus</i> alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de <i>Tenebrio molitor</i> , durante las siete semanas de cultivo.....	25

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos	Páginas
Anexo 1 Limpieza de área de estudio	36
Anexo 2. Desinfección de área de estudio	36
Anexo 3. Preparación de recipiente receptor de semilla.....	37
Anexo 4. Recepción de semilla	37
Anexo 5. Mezcla de ingredientes	38
Anexo 6. Dietas culminadas	38
Anexo 7. Instalación de unidades experimentales.....	39
Anexo 8. Formulación y preparación de alimento.....	39
Anexo 9. Aclimatación de sujetos de estudio en unidades experimentales T1; T2; T3 y TC.....	40
Anexo 10. Recambios parciales de agua	40
Anexo 11. Control de peso / sujetos de estudio.....	41
Anexo 12. Toma de parámetros de control	41
Anexo 13. Control de talla / sujetos de estudio.....	42
Anexo 14. Medición unitaria de sujetos de estudio.....	42
Anexo 15. Tabulación de datos post peso y tamaño.....	43
Anexo 16. Culminación del proyecto de tesis	43

INTRODUCCIÓN

El cultivo de *Oreochromis mossambicus* (tilapia negra) destaca por su alta adaptabilidad a condiciones variables y relevancia en mercados internacionales, sus exigentes requerimientos nutricionales representan un desafío crítico que impulsa la búsqueda de nuevas alternativas alimentarias innovadoras.

Este pez es una fuente proteica accesible pero también una especie invasora de impacto ambiental significativo debido a su potencial reproductivo (Jácome et al., 2019). Habita naturalmente en ríos, estuarios y lagunas costeras, teniendo dietas basadas en insectos y plantas acuáticas (Khan et al., 2022).

El incremento del cultivo de tilapia en Ecuador se debe a diversos factores técnicos, económicos y ambientales que han favorecido su expansión en los últimos años, de acuerdo con el estudio realizado en el cantón Pastaza, Ecuador ha mantenido una tasa de crecimiento anual del 12 % en la producción de tilapia entre los años 2009 y 2018, posicionándose como uno de los países con mayor dinamismo en el sector acuícola a nivel mundial (Arboleda Patiño et al., 2021).

El proceso de incremento del cultivo de tilapia negra en el Ecuador ha estado marcado por la incorporación progresiva de tecnologías orientadas a mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción, especialmente a partir de la necesidad de optimizar las condiciones ambientales dentro de los sistemas acuícolas.

En este contexto, se ha desarrollado la implementación de herramientas tecnológicas como los algoritmos genéticos, cuya aplicación ha sido fundamental, ya que permiten diagnosticar y corregir deficiencias en las condiciones del cultivo mediante la generación de recomendaciones precisas y adaptadas a cada unidad productiva, lo cual se ha visto estimulado por el reconocimiento de la importancia de controlar parámetros fisicoquímicos del agua como el oxígeno disuelto, el pH y la temperatura, determinantes en el crecimiento y supervivencia de los peces (Arboleda Patiño et al., 2021).

Particularmente, la tilapia negra (*Oreochromis mossambicus*) ofrece ventajas acuícolas por su resistencia a enfermedades, rápido crecimiento y tolerancia a

hipoxia o cambios de salinidad, pero su desempeño productivo depende críticamente de dietas balanceadas con buenos contenidos de proteína, lípidos, carbohidratos y micronutrientes adaptados a su etapa de desarrollo (Rodríguez Tobar et al., 2024).

Según Novodworski et al., (2024) los requerimientos de proteína varían según la etapa de desarrollo y el peso del pez:

- Para juveniles pequeños (12 ± 2.5 g), se recomiendan 318 ± 6.50 g/kg.
- Fase de crecimiento intermedio (57 ± 2.39 g), los requerimientos son de 292 ± 18.19 g/kg.
- Fase de engorde (415 ± 3.37 g), las necesidades de proteína disminuyen a 255 ± 16.5 g/kg.

Estas cifras son generalmente más bajas que las recomendadas por el National Research Council (NRC), que establece 400 g/kg para peces de menos de 20 g y 300 g/kg para peces de 200 a 600 g, sin embargo, existe poca información sobre los requerimientos proteicos en peces con un peso superior a 500 g, aunque algunos estudios sugieren que la demanda proteica podría aumentar en esta etapa (Novodworski et al., 2024).

Otro de los macronutrientes esenciales son los lípidos ya que proporcionan una fuente de energía eficiente y permiten que las proteínas se utilicen para el crecimiento y la reparación de tejidos en lugar de ser consumidas como energía. A nivel comparativo utilizando un nivel constante de lípidos (6.52%) en dietas, en la que se evaluó la sustitución parcial y total del aceite de soya por aceite de vísceras de aves, se reportó una eficiencia con la que los peces cultivados convierten el alimento en crecimiento y producción, arrojando resultados con diferencias no significativas (Hayashi & Ferrari Sanches, 2020).

En cuanto a, los carbohidratos se consideran una fuente energética importante en las dietas para tilapia (*Oreochromis sp*), dado que fisiológicamente las proteínas se reservan para funciones esenciales como el crecimiento y la reparación de tejidos. El contenido de carbohidratos disponibles contribuye a mantener la energía bruta y digestible de las dietas, con un impacto positivo en los parámetros de crecimiento de los peces, sin embargo, el exceso de fibra

cruda (derivado de carbohidratos complejos) puede limitar la digestibilidad y la eficiencia del alimento, en este sentido, las dietas que incluyen hasta un 20% de estas harinas demostraron excelentes resultados en términos de digestibilidad y aprovechamiento de nutrientes (Botello-León et al., 2024). La formulación óptima de estas dietas es esencial para maximizar la conversión alimenticia y reducir costos operativos, factores clave para la sostenibilidad del sector (Elsayed Sallam et al., 2024).

La harina de pescado es una fuente proteica ampliamente utilizada en la formulación de alimentos balanceados para la acuicultura debido a su alta digestibilidad, contenido equilibrado de aminoácidos esenciales y su capacidad para promover un crecimiento óptimo en los peces, sin embargo, su alta demanda a nivel global, impulsada por la expansión de la acuicultura, ha generado preocupaciones ambientales y económicas, como la sobreexplotación de recursos pesqueros y el aumento de costos (Díaz-Cachay et al., 2023).

La tilapia negra (*Oreochromis mossambicus*) tiene hábitos alimenticios omnívoros, y es fundamental garantizar una alimentación que cubra tanto sus demandas energéticas como su capacidad para convertir eficientemente los nutrientes en biomasa, sin embargo, los altos costos y la limitada disponibilidad de ingredientes tradicionales como la harina de pescado siguen impulsando la búsqueda de fuentes alternativas sostenibles, como harinas de origen vegetal o insectos, que permitan reducir los costos de producción sin comprometer la calidad nutricional de los alimentos balanceados (Rodríguez Tobar et al., 2024).

En este contexto la tilapia necesita una alimentación bien balanceada que le proporcione los nutrientes esenciales para crecer de forma saludable, lo ideal es que la dieta contenga entre un 30 y 32 % de proteína, estos valores ayudan a cubrir sus requerimientos metabólicos y a mejorar la eficiencia con la que convierte el alimento en crecimiento (León et al., 2022).

Se debe tener presente que, si en la dieta se incluyen ingredientes con demasiada fibra, puede dificultar la digestión y disminuir el desarrollo del pez, por ello al diseñar una dieta para tilapia, es clave mantener un buen equilibrio entre los nutrientes, pensando no solo en el crecimiento, sino también en la calidad del agua donde se cultiva (León et al., 2022).

Los parámetros físicos en el agua son fundamentales para garantizar el bienestar y el crecimiento de estos organismos, dependen mucho del control de parámetros físicos en el agua, la temperatura óptima en su cultivo oscila entre 27-30°C, ya que valores fuera de este rango ralentizan el crecimiento y afectan la reproducción; sin embargo, los superiores a los 30°C aumenta el consumo de alimento (Santoyo Telles et al., 2019).

Los peces al ser ectotermos experimentan un incremento significativo en su tasa metabólica, como lo indica el coeficiente Q_{10} que según por cada 10 °C aumentado se duplica o triplica su metabolismo basal, esto implica que sus necesidades energéticas para funciones básicas como respiración, circulación y digestión se disparan (Volkoff & Rønnestad, 2020). De hecho, estudios en goldfish muestran que subir la temperatura del agua hasta 30 °C provoca un aumento del consumo de oxígeno del 200 % a las 2 o 3 h, lo que refleja claramente el incremento del gasto energético como consecuencia, para mantener el balance energético y compensar este mayor gasto los peces incrementan el consumo de alimento (Herrera-Castillo et al., 2024).

Los fotoperiodos se manejan con ciclos de 12 horas para así obtener resultados alentadores (Santos et al., 2020). Esto favorece el desarrollo, así mismo, se recomienda una turbidez moderadamente baja de 10-20 NTU (Unidades Nefelométrica de Turbidez); estas ayudan a reducir el estrés y mejorar la protección frente a depredadores (Santos et al., 2020).

En cuanto a parámetros químicos, estos también juegan un papel fundamental en la calidad del agua, se recomiendan:

- Oxígeno disuelto óptimo oscila entre 5-7 mg/L, los niveles inferiores a 2 mg/L son considerados críticos, esta especie puede tolerar bajas de 3 mg/L (Santoyo Telles et al., 2019).
- El pH recomendable se encuentra en el rango de 6.5-8.5, en este punto es importante controlar los niveles de amonio y nitritos, manteniéndolos por debajo de 0.05 mg/L y 0.1 mg/L respectivamente para evitar los niveles de toxicidad (Méndez-Martínez et al., 2019).

- La densidad de población, la alimentación y el control de enfermedades, que corresponden a parámetros biológicos recomiendan para una excelencia en el cultivo tener una densidad en cultivos extensivos de 2-4 peces/ m³ (Méndez-Martínez et al., 2019), mientras que en sistemas intensivos puede llegar a 20-50 peces/m³ con recirculación (Oliva et al., 2019).

No obstante, la alimentación es uno de los factores más costosos y críticos en la producción acuícola, si bien los alimentos comerciales convencionales ofrecen un equilibrado perfil nutricional, los costos y el impacto ambiental excesivos que pueden ocasionar el uso de la materia prima utilizada actualmente para la fabricación de balanceado, han incentivado la búsqueda de nuevas alternativas económicas y a su vez sostenibles ambientalmente (Viteri Romero et al., 2023).

Considerando que la nutrición representa 70-80% de los costos totales en producción de tilapia FAO, 2018 *citado en* (Hernández Rivera et al., 2024), surge la urgencia de explorar fuentes proteicas alternativas.

En este contexto, y tomando en consideración la búsqueda de alternativas nutricionales sustentables y económicas han surgido los insectos como una prometedora fuente de proteína. El gusano de la harina (*Tenebrio molitor*) emerge como solución promisorio por su perfil nutricional y producción sostenible (Errico et al., 2022).

Este ingrediente, obtenido de las larvas del escarabajo *T. molitor*, aporta entre un 45 y 60% de proteína, lo cual es comparable e incluso superior a muchas fuentes tradicionales como la harina de pescado, contiene entre 30 y 35% de grasa, compuesta en su mayoría por ácidos grasos insaturados, como el ácido linoleico (omega-6), aunque tiene menos omega-3 que la harina de pescado, sigue siendo una buena fuente de energía, también destacándose por su buen perfil de aminoácidos, incluyendo lisina, metionina y treonina, aunque presenta valores ligeramente menores de metionina y lisina, lo que podría requerir suplementación si se utiliza como reemplazo total, estas características posicionan a la harina de *T. molitor* como una alternativa viable y funcional en dietas acuícolas con sustitución parcial de proteína de harina de pescado (Soares de Lima et al., 2021).

Otro punto a favor es que esta harina es rica en minerales importantes como el hierro, el zinc, el fósforo y el magnesio, además de vitaminas del grupo B (riboflavina y niacina) que son necesarias para muchas funciones internas del pez como el metabolismo y la defensa contra enfermedades, los estudios indican que los peces pueden digerir muy bien esta harina, con tasas de aprovechamiento de proteína por encima del 85%, lo que significa que pueden crecer más rápido y con menos desperdicio de alimento (Soares de Lima et al., 2021).

No obstante, habiendo presentado sus grandes cualidades, también es necesario afirmar que esta harina de *Tenebrio molitor* presenta como principal factor antinutricional la quitina, misma que comparada con otras fuentes proteicas contiene menos diversidad de compuestos antinutricionales (El-Desouky et al., 2024). A pesar de ello, su efecto se puede minimizar controlando la dosis o aplicando un buen procesamiento de aditivos enzimáticos.

Según (Bee Tubin et al., 2023) indican que dietas con harina de *Tenebrio molitor* demostraron ser una alternativa eficiente y económica en la alimentación de *Oreochromis niloticus*, ya que permite mantener tasas de crecimiento similares a las obtenidas con harina de pescado gracias a su alto contenido proteico y buena digestibilidad, además, su inclusión en las dietas contribuye a reducir los costos de producción, dado que es un insumo más accesible y puede producirse localmente a partir de residuos orgánicos, lo que disminuye la dependencia de ingredientes marinos costosos.

Estudios en acuicultura confirman que su inclusión en dietas para tilapia mejora parámetros de crecimiento y salud: sustituciones parciales de HP (4-50%) no comprometen el rendimiento en otros peces como la lubina negra (*Pontastacus leptodactylus*), e incluso mejoran la capacidad antioxidante y reducen costos (Gu et al., 2022), con beneficios comparables a otras alternativas.

Pese a este potencial, existen escasos estudios sobre el efecto de la harina de *T. molitor* en *O. mossambicus*, específicamente en crecimiento, salud y eficiencia alimenticia. Por ello, esta investigación plantea que la inclusión de harina de *Tenebrio molitor* en dietas para *Oreochromis mossambicus* mejora el

crecimiento y la eficiencia alimenticia sin comprometer su salud, en comparación a dietas comerciales tradicionales con harina de pescado.

Gu et al., (2022) realizaron una comparativa de crecimiento al sustituir parcialmente la harina de pescado con harina de *Tenebrio Molitor* en juveniles de lubina negra (*Micropterus salmoides*), cuyos resultados mostraron que no existe un efecto negativo en el rendimiento de crecimiento en la sustitución parcial con harina de pescado con una tasa de inclusión de un 11.1% adicionando un 4% de harina de *Tenebrio molitor*, además, tuvo una mejoría en la capacidad antioxidante de los sujetos de estudio. Otra investigación realizada por Mazlum et al., (2021), mostraron que al sustituir por un 50% de harina de *Tenebrio molitor* a una dieta como fuente de proteína animal, se observaron mejoras al rendimiento del crecimiento en *Pontastacus leptodactylus* y los gastos en alimentación puede disminuir considerablemente, lo que permite obtener mayores beneficios, mediante la modificación de la composición del alimento.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Evaluar el efecto de dietas isoproteicas parcialmente sustituidas con harina de *Tenebrio molitor*, en sustitución de harina de pescado, sobre el crecimiento y el índice de conversión alimenticia de *Oreochromis mossambicus* durante un período experimental determinado.

Objetivos específicos:

- Comparar el incremento en talla y peso de *Oreochromis mossambicus* alimentados durante 7 semanas con dietas experimentales que sustituyen en un 80 %, 60 % y 40 % la harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor*.
- Determinar el índice de conversión alimenticia de *Oreochromis mossambicus* alimentados con dietas isoproteicas parcialmente sustituidas con harina de *Tenebrio molitor*, en comparación con una dieta control durante un período de 7 semanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala – El Oro- Ecuador (-3.291583075476635, -79.91399163372945).

Diseño experimental

Esta investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo experimental, con el objetivo de evaluar el efecto de tres dietas experimentales más una de control con niveles de sustitución parcial de harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor* (40 %, 60 % y 80 %) sobre el crecimiento en talla y peso de juveniles de *Oreochromis mossambicus*. La dieta control (T-C) estuvo formulada exclusivamente con harina de pescado como fuente principal de proteína animal.

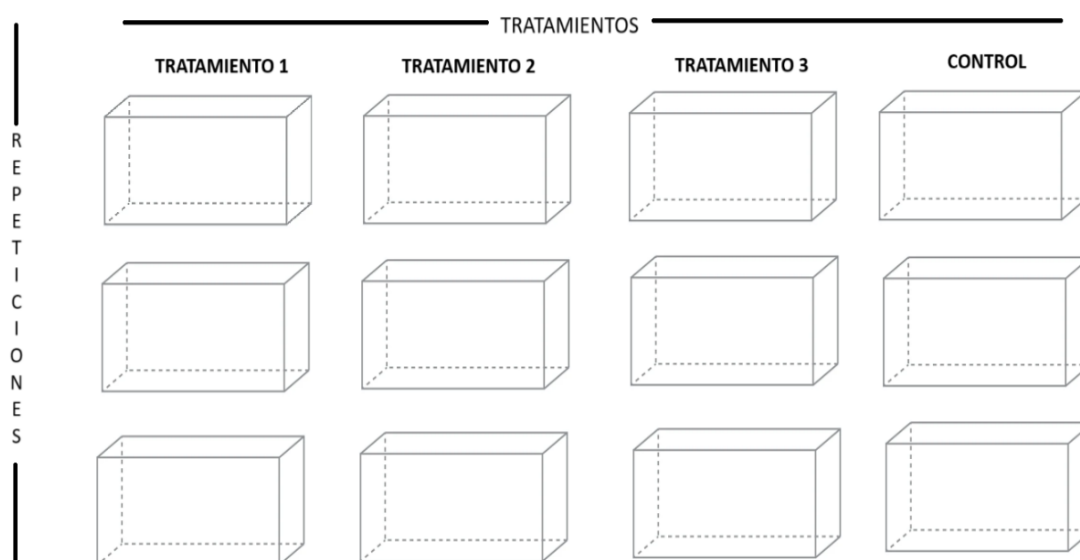
Se utilizaron alevines de tilapia correspondientes a la fase de precría con un peso promedio inicial de 0.43 ± 0.20 g; los ejemplares fueron adquiridos mediante compra directa al laboratorio Acuapesca, ubicado en la ciudad de Loja, posteriormente, fueron transportados en condiciones controladas hasta los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA), donde se sometieron a un proceso de aclimatación de 7 días, garantizando parámetros fisicoquímicos estables durante la adaptación.

Las unidades experimentales consistieron en 12 tanques plásticos de 70 litros de capacidad distribuidos aleatoriamente, cada tanque fue aireado constantemente mediante difusores conectados a bombas de aire y se mantuvieron condiciones adecuadas de temperatura, oxígeno disuelto y recambio parcial de agua (30 % cada tres días).

La harina de *Tenebrio molitor* utilizada fue importada por la empresa Aviantecnic en la primera semana del mes de febrero, según la ficha técnica del proveedor presentaba un contenido proteico del 50 %, esta fue incorporada en la formulación de las dietas experimentales mediante balanceo nutricional, con el fin de alcanzar un contenido uniforme de 32 % de proteína bruta en todos los tratamientos, incluidas las dietas con sustitución parcial.

Croquis del diseño experimental

El diseño experimental contempló cuatro tratamientos: uno de control (T-C) y tres tratamientos experimentales (T-1, T-2 y T-3), correspondientes a sustituciones parciales del 80 %, 60 % y 40 % de harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor*, respectivamente, cada tratamiento fue replicado tres veces dando un total de 12 unidades experimentales, en cada unidad se colocaron 15 alevines de *Oreochromis mossambicus*.



Todas las dietas fueron formuladas para ser isoproteicas, manteniendo un nivel de proteína bruta del 32 %, las dietas experimentales fueron balanceadas de manera que a pesar de las variaciones en la fuente proteica se igualara el contenido total de proteína respecto a la dieta control, cuya única fuente de proteína animal fue harina de pescado.

Formulación y elaboración de dietas

En la Tabla 1 se muestra las dietas que fueron formuladas para ser isoproteicas (32 % de proteína cruda), siguiendo recomendaciones nutricionales para tilapia juvenil, se utilizaron ingredientes convencionales como harina de pescado, harina de soya, harina de maíz, aceite de pescado, carbonato de calcio, zeolita, premezcla vitamínico-mineral y como principal variable, harina de *Tenebrio molitor* obtenida de un proveedor comercial autorizado, garantizando uniformidad en el perfil nutricional. Todos los ingredientes secos fueron pesados y mezclados homogéneamente en una batidora industrial durante 10 minutos, la mezcla seca fue almacenada en recipientes herméticos a temperatura ambiente,

semanalmente se tomaban porciones de esta mezcla base y se les añadía agua potable hasta alcanzar una humedad aproximada del 25 %, formando una masa húmeda uniforme. Posteriormente, la masa fue fraccionada en porciones pequeñas y sometida a secado al aire a temperatura ambiente (25–28 °C) durante 12 horas, con el objetivo de mantener la flotabilidad parcial del alimento y prevenir su velocidad de hundimiento en el agua. El alimento seco fue conservado en refrigeración a 4 °C en bolsas plásticas selladas durante la semana, este procedimiento se repitió semanalmente, manteniendo siempre la misma proporción de agua para garantizar la homogeneidad de los tratamientos.

Tabla 1. Formulación porcentual de dietas experimentales

Insumos	Dieta control (%)	Tratamiento al 80 (%)	Tratamiento al 60 (%)	Tratamiento al 40 (%)
Harina de pescado	43,00	8,59	17,20	25,78
Harina <i>Tenebrio molitor</i>	0	43,92	32,94	21,94
Harina Soya	15,00	13,33	14,33	14,99
Harina Maíz	15,00	10,00	10,20	10,31
Harina Trigo	15,00	12,17	13,33	14,99
Zeolita	1,50	1,50	1,50	1,50
Aceite de pescado	7,00	7,00	7,00	7,00
Carbonato de calcio	1,50	1,50	1,50	1,50
Vitaminas Y Minerales	2,00	2,00	2,00	2,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Se formularon cuatro dietas isoproteicas (32 % de proteína bruta) destinadas a la alimentación de *Oreochromis mossambicus*, incluyendo una dieta control (T-C) basada en harina de pescado y tres tratamientos experimentales con niveles crecientes de inclusión de harina de *Tenebrio molitor*: T-3 (40 %), T-2 (60 %) y T-1 (80 %). Para el diseño de estas dietas se utilizó el método del cuadrado de Pearson, considerando el aporte proteico individual de cada ingrediente para

alcanzar el nivel deseado de proteína bruta. Los valores de proteína de cada insumo fueron determinados mediante análisis bromatológicos.

La formulación porcentual detallada de cada dieta se presenta en las Tablas 2, 3, 4 y 5, correspondientes a la dieta control (Tabla 2), la dieta con 80 % de sustitución (Tabla 3), 60 % (Tabla 4) y 40 % (Tabla 5), respectivamente. Todas las dietas fueron balanceadas para mantener una proporción constante de ingredientes no proteicos y suplementos, asegurando la homogeneidad nutricional entre tratamientos.

Tabla 2. Formulación de dieta balanceada de control (T-C)

Insumos	Contenido de proteína de los ingredientes (%)	Aporte de proteína de cada ingrediente (%)
Harina de pescado	63,44	27,28
Harina Soya	13,19	1,98
Harina Maíz	7,19	1,08
Harina Trigo	11,94	1,79
Zeolita	N/A	N/A
Aceite de pescado	N/A	N/A
Carbonato de calcio	N/A	N/A
Vitaminas y Minerales	N/A	N/A
TOTAL		32,13

Nota: N/A: no aplica por tratarse de ingredientes cuyo aporte de proteína cruda es despreciable o inexistente, siendo incluidos en la dieta por su función tecnológica o de aporte mineral/vitamínico.

Tabla 3. Formulación de dieta balanceada al 80% (T-1) de sustitución de la harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor*

Insumos	Contenido de proteína de los ingredientes (%)	Aporte de proteína de cada ingrediente (%)
Harina de pescado	63,44	5,45
Harina Tenebrio	49,69	21,82
Harina Soya	13,19	1,76
Harina Maíz	7,19	0,72
Harina Trigo	11,94	1,45
Zeolita	N/A	N/A
Aceite de pescado	N/A	N/A
Carbonato de calcio	N/A	N/A
Vitaminas y minerales	N/A	N/A
TOTAL		31,20

Nota: N/A: no aplica por tratarse de ingredientes cuyo aporte de proteína cruda es despreciable o inexistente, siendo incluidos en la dieta por su función tecnológica o de aporte mineral/vitamínico.

Tabla 4. Formulación de dieta balanceada al 60% (T-2) de reemplazo de la harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor*

Insumos	Contenido de proteína de los ingredientes (%)	Aporte de proteína de cada ingrediente (%)
Harina de pescado	63,44	10,91
Harina Tenebrio	49,69	16,37
Harina Soya	13,19	1,89
Harina Maíz	7,19	0,73
Harina Trigo	11,94	1,59
Zeolita	N/A	N/A
Aceite de pescado	N/A	N/A
Carbonato de calcio	N/A	N/A
Vitaminas y minerales	N/A	N/A
TOTAL		31,50

Nota: N/A: no aplica por tratarse de ingredientes cuyo aporte de proteína cruda es despreciable o inexistente, siendo incluidos en la dieta por su función tecnológica o de aporte mineral/vitamínico.

Tabla 5. Formulación de dieta balanceada al 40% (T-3) de reemplazo de la harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor*

Insumos	Contenido de proteína de los ingredientes (%)	Aporte de proteína de cada ingrediente (%)
Harina de pescado	63,44	16,37
Harina Tenebrio	49,69	10,91
Harina Soya	13,19	1,98
Harina Maíz	7,19	0,74
Harina Trigo	11,94	1,79
Zeolita	N/A	N/A
Aceite de pescado	N/A	N/A
Carbonato de calcio	N/A	N/A
Vitaminas y minerales	N/A	N/A
TOTAL		31,79

Nota: N/A: no aplica por tratarse de ingredientes cuyo aporte de proteína cruda es despreciable o inexistente, siendo incluidos en la dieta por su función tecnológica o de aporte mineral/vitamínico.

Manejo alimenticio

Durante el periodo de 7 semanas, los peces fueron alimentados de manera manual utilizando dietas experimentales según el tratamiento asignado. La ración diaria se calculó en función al porcentaje de biomasa, se inició con una tasa de alimentación del 7,5 % durante las primeras cinco semanas, para posteriormente ser ajustada a 6,5 % en las dos restantes, se realizó conforme a las recomendaciones establecidas en las tablas nutricionales para *Oreochromis mossambicus*.

La cantidad de alimento diario se dividió en tres raciones, suministradas a las 08:00 am, 13:00 pm y 17:00 pm; este manejo permitió garantizar una distribución adecuada del alimento, minimizar desperdicios y asegurar un consumo uniforme, adicional a esto la biomasa por unidad experimental fue actualizada semanalmente mediante pesajes colectivos para recalcular las raciones de alimento con base en el crecimiento observado (Tabla 6).

Tabla 6. Cantidad de alimento suministrado (g) semanalmente en función de la biomasa de *Oreochromis mossambicus*

U. E.	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
1	3,44	4,26	5,5	6,76	10,49	9,49	12,11
2	3,09	3,94	4,93	6,2	8,7	9,93	10,92
3	2,98	3,95	4,73	7,74	9,44	9,08	11,38
4	2,93	4,37	5,02	6,83	10,49	9,31	14,56
5	3,87	4,72	4,95	8,31	11,03	10,47	13,2
6	2,59	3,15	3,51	5,36	10,66	10,96	14,11
7	4,49	6,04	6,32	7,49	9,96	10,77	12,32
8	4,7	7,32	7,47	8,45	9,98	9,54	10,56
9	2,94	3,65	5,62	8,63	10,16	11,06	11,24
10	3,89	4,51	6,29	7,74	9,99	9,92	11,62
11	3,84	4,67	5,78	7,87	9,98	9,47	10,47
12	2,14	3,06	4,04	8,45	8,48	7,63	8,65

Variables de evaluación

A lo largo del periodo experimental se monitorearon tres variables principales: masa corporal final (g), longitud total final (cm) y Factor de conversión alimenticia (FCA), estas variables permitieron evaluar el desempeño productivo de *Oreochromis mossambicus* frente a los diferentes niveles de inclusión de harina *Tenebrio molitor*.

Peso

La determinación de la masa corporal de los peces se realizó semanalmente mediante pesajes individuales utilizando una balanza digital de precisión ($\pm 0,01$ g), los registros se agruparon por unidad experimental para calcular promedios y detectar tendencias de crecimiento; para minimizar el estrés y el riesgo de mortalidad se aplicaron procedimientos de manipulación rápida y cuidadosa, para limitar el tiempo de exposición de los organismos fuera del agua.

Talla

Se midió la longitud total de cada pez utilizando una regla milimétrica, tomando medida desde el extremo del hocico hasta el final de la aleta caudal, esta variable permitió estimar el desarrollo morfométrico y complementar los datos de peso, considerando que el crecimiento en peces puede ser asimétrico según la dieta y condiciones de cultivo.

Eficiencia Alimenticia (FCA)

El Factor de conversión alimenticia fue calculado al finalizar el ensayo, aplicando la fórmula:

$$\text{FCA} = \text{Alimento suministrado (g)} / \text{Ganancia total de peso (g)}$$

Para ello, se registró semanalmente la cantidad de alimento proporcionado por unidad experimental y se calculó la biomasa final producida, esta relación permitió evaluar la eficiencia en la utilización del alimento suministrado bajo cada tratamiento.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos para las variables de respuesta (peso final, talla final y Factor de conversión alimenticia) fueron organizados y procesados utilizando el software estadístico IBM SPSS Statistics®, versión 25. Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de un factor para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

En los casos en que se identificaron diferencias significativas, se procedió con la prueba de comparación múltiple de Tukey HSD, la cual permitió clasificar estadísticamente los tratamientos mediante letras distintivas (grupos homogéneos).

Los resultados se presentaron como media $\pm$ desviación estándar, y se graficaron utilizando herramientas complementarias para facilitar la visualización del comportamiento de cada variable evaluada por tratamiento.

RESULTADOS

Rendimiento de los tratamientos

Tabla 7 Evolución semanal del peso promedio (g), talla (cm) y biomasa total (g) de los organismos alimentados con las dietas (T-C, T-1, T-2, T-3) durante 7 semanas de cultivo (3R)

	Semana	Peso (g) $\pm$ DE	Talla (cm) $\pm$ DE	Biomasa (g) $\pm$ DE
TC	Semana 0	0,40 $\pm$ 0,02	2,89 $\pm$ 0,07	6,04 $\pm$ 0,46
	Semana 1	0,51 $\pm$ 0,02	3,01 $\pm$ 0,02	7,71 $\pm$ 0,35
	Semana 2	0,64 $\pm$ 0,04	3,33 $\pm$ 0,04	9,62 $\pm$ 0,76
	Semana 3	0,88 $\pm$ 0,08	3,73 $\pm$ 0,11	13,14 $\pm$ 1,48
	Semana 4	1,21 $\pm$ 0,09	3,90 $\pm$ 0,08	18,18 $\pm$ 1,71
	Semana 5	1,39 $\pm$ 0,05	4,24 $\pm$ 0,09	20,88 $\pm$ 0,94
	Semana 6	1,68 $\pm$ 0,07	4,50 $\pm$ 0,11	25,21 $\pm$ 1,31
	Semana 7	2,15 $\pm$ 0,23	4,92 $\pm$ 0,20	31,20 $\pm$ 2,35
T-1	Semana 0	0,40 $\pm$ 0,07	2,75 $\pm$ 0,14	5,97 $\pm$ 1,26
	Semana 1	0,52 $\pm$ 0,08	3,00 $\pm$ 0,19	7,77 $\pm$ 1,57
	Semana 2	0,57 $\pm$ 0,09	3,28 $\pm$ 0,26	8,56 $\pm$ 1,63
	Semana 3	0,87 $\pm$ 0,15	3,61 $\pm$ 0,28	13,01 $\pm$ 2,81
	Semana 4	1,36 $\pm$ 0,03	4,05 $\pm$ 0,07	20,43 $\pm$ 0,52
	Semana 5	1,50 $\pm$ 0,10	4,46 $\pm$ 0,03	22,52 $\pm$ 1,86
	Semana 6	2,04 $\pm$ 0,08	4,71 $\pm$ 0,02	28,87 $\pm$ 3,20
	Semana 7	2,52 $\pm$ 0,10	5,16 $\pm$ 0,06	37,85 $\pm$ 1,88
T-2	Semana 0	0,51 $\pm$ 0,10	3,13 $\pm$ 0,08	6,89 $\pm$ 1,81
	Semana 1	0,72 $\pm$ 0,19	3,18 $\pm$ 0,10	7,65 $\pm$ 1,22
	Semana 2	0,82 $\pm$ 0,10	3,50 $\pm$ 0,08	10,63 $\pm$ 2,02
	Semana 3	1,04 $\pm$ 0,06	3,82 $\pm$ 0,05	15,60 $\pm$ 1,17
	Semana 4	1,27 $\pm$ 0,01	4,00 $\pm$ 0,07	19,11 $\pm$ 0,21
	Semana 5	1,53 $\pm$ 0,10	4,27 $\pm$ 0,02	22,98 $\pm$ 1,78
	Semana 6	1,67 $\pm$ 0,11	4,38 $\pm$ 0,05	24,14 $\pm$ 0,81
	Semana 7	2,17 $\pm$ 0,19	4,79 $\pm$ 0,07	32,48 $\pm$ 3,40
T-3	Semana 0	0,42 $\pm$ 0,10	2,92 $\pm$ 0,17	5,93 $\pm$ 1,67
	Semana 1	0,52 $\pm$ 0,09	3,12 $\pm$ 0,14	7,77 $\pm$ 1,69
	Semana 2	0,68 $\pm$ 0,12	3,43 $\pm$ 0,17	9,71 $\pm$ 1+3,12
	Semana 3	1,02 $\pm$ 0,04	3,73 $\pm$ 0,10	14,76 $\pm$ 0,22
	Semana 4	1,20 $\pm$ 0,09	3,97 $\pm$ 0,20	17,57 $\pm$ 2,49
	Semana 5	1,32 $\pm$ 0,14	4,18 $\pm$ 0,17	19,31 $\pm$ 3,49
	Semana 6	1,50 $\pm$ 0,18	4,35 $\pm$ 0,24	21,87 $\pm$ 4,34
	Semana 7	1,87 $\pm$ 0,27	4,64 $\pm$ 0,28	27,21 $\pm$ 6,20

En la Tabla 7 muestra la evolución semanal del peso promedio (g), talla (cm) y biomasa total (g) de *Oreochromis mossambicus* alimentados con cuatro dietas isoproteicas (32 %): una dieta control (T-C) basada en harina de pescado, y tres tratamientos experimentales con sustitución parcial de dicha harina por harina de *Tenebrio molitor* en niveles de 80 % (T-1), 60 % (T-2) y 40 % (T-3), durante un período de cultivo de siete semanas.

Los datos reflejan un crecimiento sostenido en todas las variables evaluadas, observándose diferencias entre tratamientos a lo largo del tiempo. En cuanto al peso promedio, el tratamiento T-1 (80 % de sustitución) alcanzó el mayor valor final ($2,52 \pm 0,10$ g), lo que representa un incremento del 530 % respecto a la semana 0, este resultado superó al tratamiento control ($2,15 \pm 0,23$ g), evidenciando el buen desempeño de la harina de *T. molitor* como fuente proteica alternativa, el tratamiento T-2 (60 %) obtuvo un valor final de $2,17 \pm 0,19$ g, mientras que el T-3 (40 %) alcanzó $1,87 \pm 0,27$ g, siendo este último el de menor peso al final del ensayo.

En cuanto a la talla, se observó un patrón similar, el mayor crecimiento fue registrado en el tratamiento T-1 con $5,16 \pm 0,06$ cm, seguido por el control ($4,92 \pm 0,20$ cm), T-2 ($4,79 \pm 0,07$ cm) y T-3 ($4,64 \pm 0,28$ cm). Estos resultados indican una adecuada correlación entre el desarrollo somático y el peso corporal, con una tendencia favorable en los tratamientos con mayor porcentaje de inclusión de *T. molitor*.

Respecto a la biomasa total, T-1 presentó nuevamente el mayor valor ($37,85 \pm 1,88$ g), superando al control ($31,20 \pm 2,35$ g), T-2 ($32,48 \pm 3,40$ g) y T-3 ($27,21 \pm 6,20$ g). En general, los tratamientos con 60 % y 80 % de reemplazo de harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor* demostraron resultados comparables o incluso superiores al tratamiento control, tanto en peso, talla y biomasa

Análisis estadístico de peso

El análisis de varianza (ANOVA) unidireccional reveló diferencias altamente significativas ($p < 0.001$) en el peso final de las tilapias después de 7 semanas de experimentación, demostrando que al menos uno de los tratamientos difiere

significativamente de los demás. La prueba post hoc de Tukey evidenció que la dieta con 80% de harina de tenebrio (T-1) generó el mayor peso promedio ($2,13 \pm 0,48$ g), siendo estadísticamente superior a todos los demás tratamientos, mientras que la dieta con 40% de harina de tenebrio (T-3) registró el peso más bajo ($1,45 \pm 0,37$ g), siendo significativamente inferior a los otros grupos. El control ($1,75 \pm 0,42$ g) y el tratamiento con 60% de harina de tenebrio ($1,65 \pm 0,40$ g) no mostraron diferencias significativas entre sí (Tabla 8 y 9).

Tabla 8 Resultados del análisis de varianza (ANOVA unidireccional) para el peso de *Oreochromis mossambicus* alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de *Tenebrio molitor*, en cada semana de cultivo.

ANOVA					
Peso de tilapia (g)					
Tiempo		Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F Sig.
S-0	Entre grupos	,399	3	,133	3,431 ,018
	Dentro de grupos	6,830	176	,039	
	Total	7,229	179		
S-1	Entre grupos	1,394	3	,465	6,177 ,001
	Dentro de grupos	13,236	176	,075	
	Total	14,630	179		
S-2	Entre grupos	1,510	3	,503	5,856 ,001
	Dentro de grupos	15,125	176	,086	
	Total	16,634	179		
S-3	Entre grupos	1,126	3	,375	13,537 ,000
	Dentro de grupos	4,880	176	,028	
	Total	6,006	179		
S-4	Entre grupos	,721	3	,240	5,079 ,002
	Dentro de grupos	8,328	176	,047	
	Total	9,049	179		
S-5	Entre grupos	1,300	3	,433	6,525 ,000
	Dentro de grupos	11,692	176	,066	
	Total	12,992	179		
S-6	Entre grupos	7,105	3	2,368	22,974 ,000
	Dentro de grupos	18,144	176	,103	
	Total	25,249	179		
S-7	Entre grupos	9,760	3	3,253	17,750 ,000
	Dentro de grupos	32,259	176	,183	
	Total	42,019	179		

Tabla 9. Resultados del análisis de varianza (ANOVA unidireccional) para el peso de *Oreochromis mossambicus* alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de *Tenebrio molitor*, durante las siete semanas de cultivo

ANOVA					
Diferencia de pesos					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	10,886	3	3,629	20,304	,000
Dentro de grupos	31,455	176	,179		
Total	42,341	179			

Tabla 10. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para el peso final de *Oreochromis mossambicus* en el tiempo de cultivo bajo diferentes niveles de inclusión de *Tenebrio molitor* en la dieta

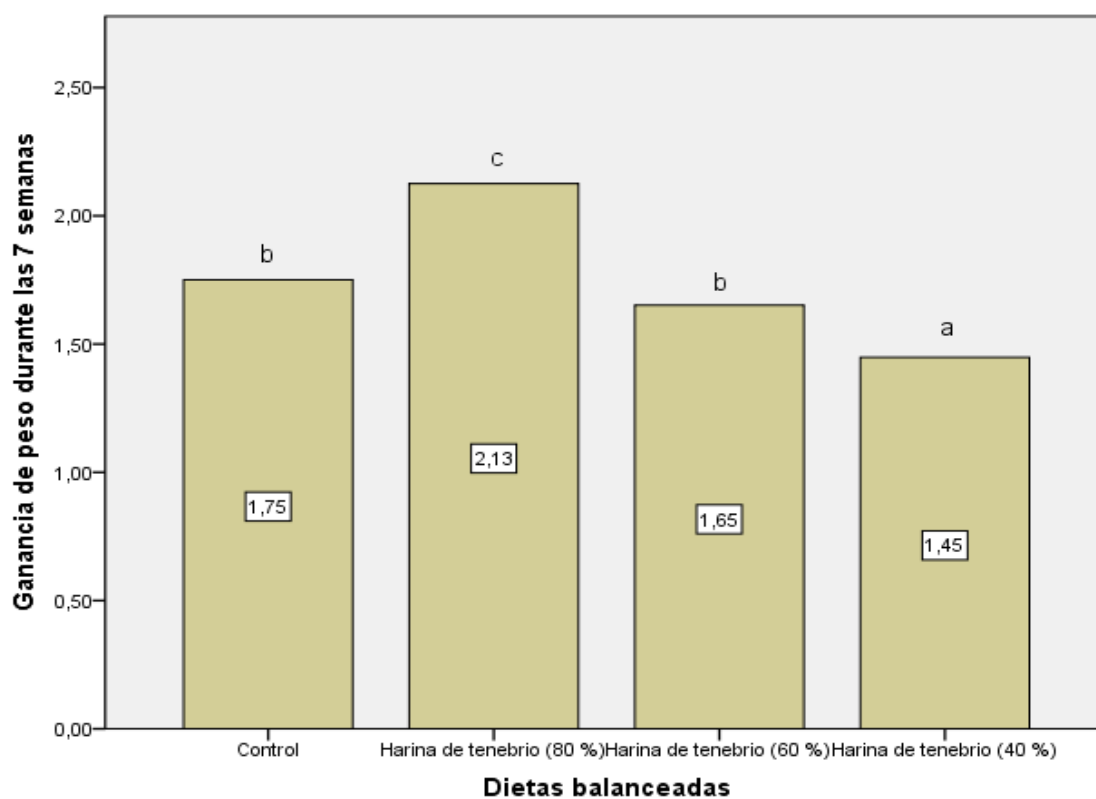
Difpeso				
HSD Tukey ^a				
Dietas balanceadas	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
Harina de tenebrio (40 %)	45	1,4480		
Harina de tenebrio (60 %)	45	1,6518	1,6518	
Control	45		1,7507	
Harina de tenebrio (80 %)	45			2,1258
Sig.		,105	,684	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 45,000.

Como se muestra en la Tabla 10 los resultados indican una relación dosis-respuesta no lineal, donde la inclusión de 80% de harina de tenebrio optimiza el crecimiento en peso, mientras que 40% resulta contraproducente comparado con el control, y 60% mantiene un incremento normal. Se evidencia que incrementar el nivel de sustitución con harina de *Tenebrio molitor* favorece de manera significativa el desarrollo en peso de las tilapias evaluadas.

Figura 1 Diferencia de la ganancia de peso *Oreochromis mossambicus* alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de *Tenebrio molitor*, durante las siete semanas de cultivo



En la Figura 1 se muestran el incremento del peso durante las siete semanas del ensayo evidenció una respuesta positiva a la inclusión de harina de tenebrio en las dietas, presentando un efecto dependiente del nivel de sustitución proteica. La dieta con el 80 % de harina de *T. molitor* registró el mayor crecimiento, superando al tratamiento control y a los niveles intermedios (60 % y 40 %). Aunque en las primeras semanas las diferencias fueron poco marcadas, hacia el final del periodo el efecto se intensificó, destacando la ventaja de los altos niveles de inclusión sobre el crecimiento.

Análisis estadístico de talla

El ANOVA demostró diferencias estadísticamente significativas en la talla promedio final entre tratamientos dietarios. La prueba post hoc de Tukey confirmó que la dieta con 80% de harina de tenebrio (T-1) presentó la mayor talla promedio (2.41 ± 0.97 cm), diferenciándose significativamente de la dieta con 60% de harina de tenebrio (T-2), que obtuvo la menor talla promedio (1.66 ± 0.87 cm), y el tratamiento con 40% de harina de tenebrio (1.71 ± 0.81 cm). El

tratamiento control ($2.03 \pm 0,85$ cm) no mostro diferencias significativas respecto a los otros grupos (Tabla 11 y 12). La progresión semanal mostró que T-1 mantuvo consistentemente el mejor desempeño en crecimiento longitudinal.

Tabla 11. Resultados del análisis de varianza (ANOVA unidireccional) para la talla de *Oreochromis mossambicus* alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de *Tenebrio molitor*, en cada semana de cultivo

ANOVA						
Talla de tilapias (cm)						
	Tiempo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
S-0	Entre grupos	3,232	3	1,077	5,821	,001
	Dentro de grupos	32,571	176	,185		
	Total	35,803	179			
S-1	Entre grupos	1,017	3	,339	1,564	,200
	Dentro de grupos	38,147	176	,217		
	Total	39,164	179			
S-2	Entre grupos	1,332	3	,444	1,810	,147
	Dentro de grupos	43,161	176	,245		
	Total	44,493	179			
S-3	Entre grupos	,990	3	,330	1,077	,360
	Dentro de grupos	53,941	176	,306		
	Total	54,931	179			
S-4	Entre grupos	,544	3	,181	,409	,746
	Dentro de grupos	77,884	176	,443		
	Total	78,428	179			
S-5	Entre grupos	2,023	3	,674	1,358	,257
	Dentro de grupos	87,419	176	,497		
	Total	89,442	179			
S-6	Entre grupos	3,620	3	1,207	1,998	,116
	Dentro de grupos	106,273	176	,604		
	Total	109,893	179			
S-7	Entre grupos	6,643	3	2,214	3,035	,031
	Dentro de grupos	128,415	176	,730		
	Total	135,058	179			

Tabla 12. Resultados del análisis de varianza (ANOVA unidireccional) para la talla de *Oreochromis mossambicus* alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de *Tenebrio molitor*, durante siete semanas de cultivo

ANOVA					
Diftalla					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15,991	3	5,330	6,948	,000
Dentro de grupos	135,016	176	,767		
Total	151,006	179			

Tabla 13. Comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para la talla final de *Oreochromis mossambicus* en la semana 7 bajo diferentes niveles de inclusión de *Tenebrio molitor* en la dieta

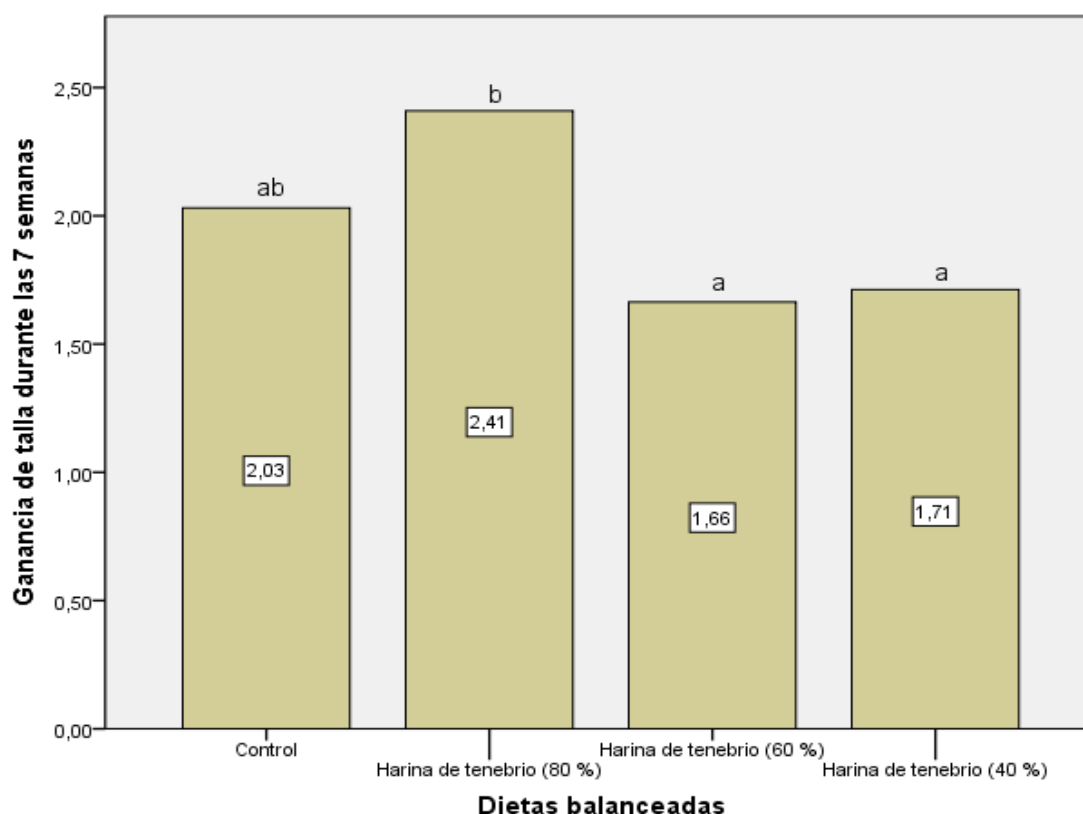
Diftalla			
HSD Tukey ^a			
Dietas balanceadas	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Harina de tenebrio (60 %)	45	1,6638	
Harina de tenebrio (40 %)	45	1,7124	
Control	45	2,0304	2,0304
Harina de tenebrio (80 %)	45		2,4089
Sig.		,197	,174

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 45,000.

La Tabla 13 muestra que la talla siguió un patrón similar al peso, la inclusión de 80% de harina de *T. molitor* promueve un crecimiento integral (peso y longitud) superior, con una correlación positiva entre ambas variables teniendo un crecimiento proporcional. Esta respuesta indica que la harina de tenebrio no solo favorece la acumulación de biomasa, sino también el desarrollo estructural del organismo, sugiriendo una mejora en la calidad nutricional que permite un crecimiento simétrico de los peces.

Figura 2 Diferencia de la ganancia de talla *Oreochromis mossambicus* alimentado con dietas isoproteicas con distintos niveles de inclusión de *Tenebrio molitor*, durante las siete semanas de cultivo



Durante las siete semanas de evaluación, la talla media de los peces mostró un crecimiento continuo bajo todas las dietas, aunque con un desempeño más destacado en el grupo alimentado con el 80 % de harina de *T. molitor*. Al igual que con el peso, este tratamiento presentó el mayor incremento en longitud al final del periodo, alcanzando aproximadamente 5,2 cm (Figura 2).

Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

En la Tabla 14 se muestra el comportamiento del FCA con diferencias marcadas entre los tratamientos. El tratamiento control mantuvo valores relativamente estables (1,55 a 2,24), lo que indica una conversión eficiente y constante del alimento, el tratamiento con 80% de reemplazo (T-1) fue el más variable, con un pico alto en la semana 2 (4,06) y mejores conversiones entre semanas 3 y 4 (1,07 y 1,04), aunque se elevó nuevamente en semana 5. T-2 (60%) tuvo el mejor FCA en semana 2 (0,97) y finalizó con buen rendimiento (1,44), pese a valores

elevados intermedios. El tratamiento con 40% de reemplazo (T-3) también mostró irregularidad, con picos altos en semanas 5 y 6 (4,54 y 3,48), pero logró estabilizarse en la semana 7 (1,94). En general, el tratamiento control fue el más constante, mientras que T-2 combinó momentos de alta eficiencia con fases de menor conversión.

Tabla 14. Comportamiento semanal (S) del Factor de Conversión Alimenticia (FCA) promedio en organismos alimentados con dieta control y dietas experimentales con 80%, 60% y 40% de reemplazo de harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor*, durante 7 semanas de cultivo

Dieta	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6	S-7
Control	1,92 ±	2,18 ±	1,71 ±	1,55 ±	2,24 ±	1,72 ±	1,76 ±
	1,92	0,36	0,64	0,61	0,00	0,07	0,44
Tr1	1,98 ±	4,06 ±	1,07 ±	1,04 ±	2,82 ±	1,38 ±	2,01 ±
	1,98	0,57	0,29	0,44	0,00	0,41	0,40
Tr2	1,54 ±	0,97 ±	2,60 ±	2,49 ±	3,08 ±	3,71 ±	1,44 ±
	0,50	0,00	1,24	0,63	1,42	0,54	0,15
Tr3	2,32 ±	1,74 ±	1,40 ±	1,89 ±	4,54 ±	3,48 ±	1,94 ±
	0,85	0,37	0,73	0,08	0,95	0,69	0,27

En la Tabla 15 se presentan los valores finales del Factor de Conversión Alimenticia (FCA) obtenidos al concluir el experimento, entre los tratamientos evaluados, el grupo control presentó el FCA más bajo (1.87), lo que representa la mayor eficiencia en la conversión del alimento en biomasa al finalizar el ensayo. Los tratamientos con inclusión de harina de *Tenebrio molitor* mostraron valores de FCA más altos en comparación con el control, el tratamiento T-1 (80 %) obtuvo un FCA final de 2.05, seguido por T-2 (60 %) con 2.26, y finalmente T-3 (40 %) con el valor más elevado de 2.47. Estos resultados reflejan que, al cierre del ensayo, la dieta control fue la más eficiente en términos de conversión alimenticia, mientras que el tratamiento T-3 presentó la menor eficiencia. La tendencia observada indica un aumento progresivo del FCA conforme disminuye el porcentaje de inclusión de harina de *Tenebrio molitor* en la dieta

Tabla 15. Comparación del peso final, talla final e índice de conversión alimenticia (FCA) de *Oreochromis mossambicus* alimentado con dietas isoproteicas con diferentes niveles de sustitución de harina de pescado por *Tenebrio molitor* al finalizar el experimento

Tratamiento	Biomasa final (g)	Talla final (cm)	FCA final
Control	32,31 ± 3,42	4,92 ± 0,80	1,87
80% (T-1)	37,85 ± 1,54	5,16 ± 0,91	2,05
60% (T-2)	32,48 ± 2,78	4,79 ± 0,81	2,26
40% (T-3)	28,00 ± 4,07	4,64 ± 0,89	2,47

Con el fin de evaluar la eficiencia alimenticia a lo largo del tiempo, se compararon los valores del Factor de Conversión Alimenticia (FCA) obtenidos en la primera semana (S-1) y la última semana (S-7) del experimento para cada uno de los tratamientos.

Se observó que el tratamiento con harina de *Tenebrio molitor* al 40 % presentó la mayor mejora en eficiencia alimenticia reduciendo su FCA de 2,32 a 1,94, lo que representa una diferencia de -0,38 unidades. El grupo control también mostró una mejora moderada disminuyendo su FCA de 1,92 a 1,76 (-0,15 unidades). Por su parte, el tratamiento con *Tenebrio* 60 % tuvo una mejora ligera (-0,10 unidades), mientras que el tratamiento con *Tenebrio* 80 % fue el único que experimentó un leve aumento del FCA (+0,03 unidades), indicando una ligera disminución en la eficiencia alimenticia.

Estos resultados evidencian una tendencia positiva en los tratamientos con 40 % y 60 % de harina de *Tenebrio molitor*, lo cual podría asociarse a una mejor adaptación fisiológica y digestiva al alimento a lo largo del tiempo, sin embargo, dado que estos valores representan promedios semanales únicos, no se realizaron pruebas estadísticas para esta comparación puntual.

DISCUSIÓN

Crecimiento en peso de *Oreochromis mossambicus*

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan que el crecimiento en peso de *Oreochromis mossambicus* estuvo influenciado significativamente por el nivel de inclusión de harina de *Tenebrio molitor* en las dietas isoproteicas, durante las siete semanas de cultivo se evidenció una tendencia progresiva de incremento de peso en todos los tratamientos, aunque con diferencias notables en magnitud y ritmo de crecimiento, en función del porcentaje de sustitución de la harina de pescado. Inicialmente, en la semana 1, todos los tratamientos mostraron incrementos leves destacando T-2 (60 % de) con el mayor valor (0,72 g), lo cual puede asociarse a una rápida aceptación de la dieta y a un balance adecuado entre la harina de pescado remanente y la harina de insecto, este comportamiento coincide con lo reportado por (Nogales-Mérida et al., 2019), quienes indicaron que niveles moderados de inclusión de insectos pueden favorecer la adaptación digestiva y el aprovechamiento temprano del alimento. En cambio, T-1 (80 %) mostró un crecimiento más lento en las primeras semanas, lo cual podría estar relacionado con una menor palatabilidad inicial y la necesidad de adaptación fisiológica a una dieta con alto contenido de quitina, como han señalado (Henry et al., 2015).

Sin embargo, a partir de la tercera semana, el tratamiento T-1 evidenció un cambio de tendencia, superando al control y al resto de los tratamientos en semanas subsiguientes. Este repunte sugiere que, una vez superada la fase de adaptación los organismos lograron aprovechar eficientemente los nutrientes aportados por la harina de *T. molitor*, destacando su valor biológico y funcional. Rossi et al., (2025) argumentan que esta harina no solo aporta proteínas altamente digestibles, sino también lípidos esenciales y péptidos bioactivos que estimulan la síntesis proteica y mejoran el desempeño zootécnico.

El tratamiento T-1 alcanzó el mayor peso promedio final ($2,52 \pm 0,10$ g), seguido por T-2 ($2,17 \pm 0,19$ g), el control ($2,15 \pm 0,23$ g) y, por último, T-3 ($1,87 \pm 0,27$ g), lo que evidencia el potencial de este ingrediente como sustituto proteico en dietas para *Oreochromis mossambicus*. Este hallazgo contrasta parcialmente con lo reportado por Basto et al., (2021), quienes, al evaluar la inclusión de un

80 % de harina desgrasada de *T. molitor* en juveniles de *Dicentrarchus labrax*, no observaron mejoras significativas en el crecimiento respecto al grupo control, aunque tampoco se evidenció un deterioro en el desempeño. Esta diferencia puede atribuirse a factores como la especie utilizada, el tipo de harina de insecto (entera u desgrasada) y la capacidad digestiva específica de cada pez. En este contexto, los resultados obtenidos en tilapia sugieren una mayor eficiencia en la asimilación de proteínas provenientes de insectos, lo que refuerza el uso de *T. molitor* como una alternativa viable y beneficiosa en dietas acuícolas con altos niveles de reemplazo.

Los resultados del presente estudio evidenciaron que el tratamiento con 60 % de inclusión de harina de *Tenebrio molitor* (T-2) alcanzó un peso final promedio de $2,17 \pm 0,19$ g, valor estadísticamente similar al registrado por el grupo control ($2,15 \pm 0,23$ g), lo cual indica que la sustitución parcial de la harina de pescado por *T. molitor* en este nivel no afecta negativamente el crecimiento en peso de *Oreochromis mossambicus*. Este comportamiento sugiere una buena compatibilidad nutricional entre ambas fuentes proteicas, como también lo reportaron Alghada et al., (2022), quienes concluyeron que inclusiones de hasta 60% de *T. molitor* en dietas para la lubina asiática permiten mantener un crecimiento equivalente al obtenido con harina de pescado, destacan que el perfil aminoacídico de la harina de *T. molitor* se asemeja al de las fuentes animales tradicionales y que otros niveles de inclusión pueden incluso mejorar la eficiencia digestiva sin comprometer la tasa de crecimiento.

El tratamiento con 40 % de sustitución (T-3) obtuvo el menor peso final ($1,87 \pm 0,27$ g), incluso por debajo del control ($2,15 \pm 0,23$ g), lo que sugiere que niveles intermedios no siempre son óptimos. Esto coincide con Serra et al., (2024), quienes señalaron que inclusiones entre 30 % y 50 % de harinas de insectos pueden reducir el crecimiento en algunas especies. No obstante, dado que el presente estudio duró solo siete semanas, no se descarta que este grupo pudiera mostrar un repunte de crecimiento en etapas posteriores.

Crecimiento en talla de *Oreochromis mossambicus*

El crecimiento en talla obtenido en nuestro experimento corrobora y amplía los hallazgos de Sánchez-Muros et al., (2016), demostrando que es posible superar exitosamente el límite del 50% de sustitución. Nuestros resultados del 80% de sustitución no solo mantuvieron, sino que mejoraron significativamente el crecimiento en talla.

La correlación positiva entre peso y talla observada en nuestro estudio confirma que el crecimiento inducido por la harina de *T. molitor* al 80% es integral y proporcional, indicando un desarrollo óptimo. Este patrón de crecimiento es consistente con los hallazgos de Sankian et al., (2018), quienes reportaron efectos positivos de la harina de *T. molitor* en el rendimiento de crecimiento y utilización de alimento en peces juveniles de pez mandarin. Estos resultados demuestran que cuando se garantiza una alta calidad en el procesamiento de la harina de insecto, es posible alcanzar niveles de sustitución considerablemente más altos que los reportados previamente, abriendo nuevas posibilidades para la acuicultura sostenible.

Factor de Conversión Alimenticia (FCA)

En el presente estudio, los resultados del FCA mostraron variaciones sustanciales entre los tratamientos, evidenciando el impacto directo del nivel de inclusión de harina de *Tenebrio molitor* en la dieta.

El tratamiento control, basado exclusivamente en harina de pescado, presentó el FCA final más bajo (1.87) y un comportamiento estable a lo largo de las siete semanas, este resultado confirma la alta digestibilidad y balance nutricional de la harina de pescado tradicional, sirviendo como referencia para comparar los efectos de las sustituciones.

El tratamiento T-1 presentó un FCA final de 2.05, con una alta variabilidad, especialmente un pico de 4.06 en la semana 2, seguido de un mejor rendimiento en semanas 3 y 4. Este comportamiento irregular sugiere dificultades iniciales en la adaptación digestiva al nuevo ingrediente, posiblemente por el alto contenido de quitina en la harina de insecto, que puede interferir con la absorción de nutrientes, lo cual fue también reportado por Tubin et al., (2020), quienes

observaron que una inclusión elevada de *T. molitor* no afectó significativamente el crecimiento, pero sí generó fluctuaciones en la eficiencia alimenticia en etapas iniciales del cultivo.

El tratamiento T-2 alcanzó un FCA final de 2.26, siendo el segundo valor más alto, aunque registró el mejor FCA semanal (0.97) en la semana 2. Esta mejora progresiva puede atribuirse a una adaptación gradual del sistema digestivo de los peces al ingrediente alternativo, como lo sugieren también El-Desouky et al., (2024), quienes demostraron que la suplementación de dietas con *T. molitor* más butirato de sodio mejora la morfología intestinal, estimula la actividad antioxidante y promueve una mejor utilización del alimento, disminuyendo el FCA de manera significativa a lo largo del cultivo.

El tratamiento T-3 evidenció el FCA más alto del estudio (2.47) al final del ensayo, lo que indica la menor eficiencia alimenticia, aunque mostró la mayor mejora relativa en el tiempo, reduciendo el FCA de 2.32 a 1.94 (-0.38 unidades), aunque esta mejora puede explicarse por una posible adaptación tardía y una mayor eficiencia fisiológica hacia el final del experimento. Anany et al., (2025) observaron un efecto similar al suplementar dietas con *Tenebrio molitor* + *Saccharomyces cerevisiae*, donde los tratamientos con *T. molitor* inicialmente presentaron FCA elevados, pero mejoraron considerablemente cuando se optimizó la salud intestinal con probióticos, esto sugiere que la inclusión de aditivos funcionales puede ser clave para optimizar el uso de harinas de insecto.

La comparación del FCA entre la semana 1 y la semana 7 proporciona una perspectiva temporal de la eficiencia alimenticia; el tratamiento T-3 (40 %) fue el que más redujo su FCA (-0.38), seguido del control (-0.15) y T-2 (-0.10), mientras que el tratamiento T-1 mostró un aumento leve (+0.03), lo que podría indicar una saturación digestiva o desbalance proteico a niveles elevados de sustitución sin ajuste nutricional. Estos resultados sustentan lo planteado por El-Desouky et al., (2024) y Anany et al., (2025): la eficiencia alimenticia al utilizar harina de *Tenebrio molitor* puede ser potenciada si se combina con aditivos funcionales como butirato o probióticos, que mejoran la absorción de nutrientes, reducen el estrés oxidativo y modulan positivamente el microbiota intestinal.

Cabe destacar que los valores observados en este estudio, particularmente en los tratamientos con *Tenebrio molitor*, se encuentran dentro del rango aceptable de FCA reportado para tilapia juvenil (1.4 - 2.5), aunque con variabilidad que depende del nivel de inclusión, el procesamiento del insecto y la adaptación digestiva.

CONCLUSIONES

La presente investigación demostró que la inclusión parcial de harina de *Tenebrio molitor* en dietas isoproteicas para *Oreochromis mossambicus* tiene un impacto significativo sobre el crecimiento de los peces, evidenciado tanto en el aumento de peso como en la eficiencia alimenticia. A lo largo de las siete semanas del ensayo, se observó un comportamiento diferencial entre los tratamientos evaluados, lo que permitió identificar niveles óptimos de sustitución de la harina de pescado por harina de insecto sin comprometer el rendimiento productivo.

En relación con el incremento de peso, los peces alimentados con la dieta experimental que contenía un 80 % de harina de *Tenebrio molitor* (T-1) alcanzaron el mayor peso final ($2,52 \pm 0,10$ g), superando a los demás tratamientos, incluida la dieta control basada en harina de pescado. Esto indica una excelente capacidad de asimilación proteica y una respuesta positiva al uso de esta fuente alternativa, por otro lado, el tratamiento con 40 % de inclusión (T-3) mostró el menor crecimiento en peso, lo que sugiere que niveles bajos de reemplazo no necesariamente garantizan mejor desempeño. Estos resultados respaldan la hipótesis de que la harina de *T. molitor* puede constituirse como una fuente proteica viable y eficaz en dietas para tilapia, especialmente en proporciones elevadas.

En cuanto a la talla final, también se evidenciaron diferencias significativas, el tratamiento T-1 presentó la mayor longitud promedio ($5,16 \pm 0,06$ cm), manteniendo un crecimiento proporcional al peso, lo cual demuestra que la harina de insecto no solo favorece la acumulación de biomasa, sino también el desarrollo estructural del pez, el control y el tratamiento con 60 % de inclusión (T-2) no difirieron estadísticamente, mientras que el tratamiento con 40 % (T-3) mostró el menor incremento en longitud. Estos hallazgos indican que niveles altos de harina de *T. molitor* pueden fomentar un crecimiento más equilibrado en términos de peso y talla, posiblemente debido a un mejor perfil de aminoácidos disponibles y a una mayor digestibilidad.

Respecto al Factor de Conversión Alimenticia (FCA), el ensayo evidenció diferencias en la eficiencia alimenticia según el nivel de inclusión de harina de

Tenebrio molitor. El tratamiento control alcanzó el mejor rendimiento con un FCA final de 1.87, seguido por el tratamiento T-1 con 2.05, T-2 con 2.26 y T-3 con el valor más alto de 2.47. sin embargo, T-2 mostró una mejora sostenida reduciendo su FCA de 1.54 en la semana 1 a 1.44 en la semana 7, mientras que T-3 disminuyó de 2.32 a 1.94, indicando adaptación digestiva. Estos resultados sugieren que niveles moderados de sustitución permiten mantener una eficiencia alimenticia aceptable, aunque aún inferior al control, y que una correcta formulación podría mejorar su desempeño zootécnico.

En conjunto, los resultados obtenidos en la presente investigación respaldan el uso de harina de *Tenebrio molitor* como sustituto parcial de la harina de pescado en dietas isoproteicas para *Oreochromis mossambicus*, logrando buenos resultados en crecimiento y eficiencia alimenticia. El tratamiento con 80 % de inclusión (T-1) destacó con el mayor peso (2,52 g) y talla (5,16 cm), mientras que el tratamiento con 60 % (T-2) mostró una mejora sostenida en el FCA, reduciéndolo de 1,54 a 1,44. Además, el tratamiento con 40 % (T-3) también evidenció mejoras al disminuir su FCA de 2,32 a 1,94, lo que indica una posible adaptación digestiva. Estos resultados sugieren que, en un ciclo de cultivo completo, las dietas con un 40 % y 60 % de inclusión de harina de *T. molitor* podrían favorecer tanto el crecimiento como la eficiencia alimenticia.

Sin embargo, es importante destacar que el presente estudio se enfocó únicamente en dietas isoproteicas, sin considerar que también fueran isolipídicas o isocalóricas, lo cual podría haber influido en que el crecimiento observado no alcance niveles óptimos desde el punto de vista productivo o comercialmente competitivo. Por ende, futuros trabajos deberían incluir el ajuste simultáneo de la energía y el contenido lipídico de la dieta con el fin de potenciar el desempeño zootécnico y evaluar con mayor precisión la viabilidad económica de esta alternativa proteica.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el tiempo de evaluación para observar efectos a largo plazo en fases de engorde.
- Medir el alimento no consumido para calcular el FCA con mayor precisión, considerando únicamente el alimento realmente ingerido por los peces.
- Incluir análisis de composición corporal para evaluar calidad nutricional del pez.
- Realizar un análisis económico de las dietas formuladas con harina de *Tenebrio molitor*.
- Evaluar combinaciones de harina de insecto con otras fuentes proteicas alternativas.
- Estudiar el efecto de la quitina y su posible degradación mediante enzimas.
- Aplicar análisis estadísticos multivariados para interpretar mejor los datos obtenidos.

ANEXOS

Anexos 1 Limpieza de área de estudio



Anexos 2. Desinfección de área de estudio



Anexos 3. Preparación de recipiente receptor de semilla



Anexos 4. Recepción de semilla



Anexos 5. Mezcla de ingredientes



Anexos 6. Dietas culminadas



Anexos 7. Instalación de unidades experimentales



Anexos 8. Formulación y preparación de alimento



Anexos 9. Aclimatación de sujetos de estudio en unidades experimentales T1; T2; T3 y TC.



Anexos 10. Recambios parciales de agua



Anexos 11. Control de peso / sujetos de estudio



Anexos 12. Toma de parámetros de control



Anexos 13. Control de talla / sujetos de estudio



Anexos 14. Medición unitaria de sujetos de estudio



Anexos 15. Tabulación de datos post peso y tamaño



Anexos 16. Culminación del proyecto de tesis



BIBLIOGRAFÍA

- Alghada, D., Ebrahimi, E., Keivany, Y., & Jalali, S. A. H. (2022). Effects of substituting fishmeal by mealworm (*Tenebrio molitor*) on growth and composition of Asian seabass in saline ground waters. *Iranian Journal of Ichthyology*, 9(3), 165–174. <https://doi.org/10.22034/IJI.V9I3.891>
- Anany, E. M., Ibrahim, M. A., El-Razek, I. M. A., El-Nabawy, E. S. M., Amer, A. A., Zaineldin, A. I., Gewaily, M. S., & Dawood, M. A. O. (2025). Combined Effects of Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) and *Saccharomyces cerevisiae* on the Growth Performance, Feed Utilization Intestinal Health, and Blood Biomarkers of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed Fish Meal-Free Diets. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 17, 1387–1398. <https://doi.org/10.1007/s12602-023-10199-8>
- Arboleda Patiño, M. T., Velastegui Córdova, M. E., & Toasa Espinoza, J. L. (2021). Algoritmos genéticos para el aumento de producción de Tilapia en planteles piscícolas del cantón Pastaza. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i.2783>
- Basto, A., Caldach-Giner, J., Oliveira, B., Petit, L., Sá, T., Maia, M. R. G., Fonseca, S. C., Matos, E., Pérez-Sánchez, J., & Valente, L. M. P. (2021). The Use of Defatted *Tenebrio molitor* Larvae Meal as a Main Protein Source Is Supported in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) by Data on Growth Performance, Lipid Metabolism, and Flesh Quality. *Frontiers in Physiology*, 12, 659567. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2021.659567/BIBTEX>
- Bee Tubin, J. S., Wiggers Boeing, E., Baesso Ghizzo, J., Freccia, A., & Coelho Emerenciano, M. G. (2023). Níveis de inclusão de farinha de inseto (*Tenebrio molitor*) em dietas de tilápia do Nilo em tanques de recirculação. *Research, Society and Development*, 12, e18121043276. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i10.43276>
- Botello-León, A., Méndez-Martínez, Y., Pérez-Corría, K., Ortega-Ojeda, M., Teresa-Viana, M., & Morán-Ribas, C. (2024). Characterization of duckweed and water hyacinth and their effect on the apparent digestibility in tilapia. *Revista MVZ Cordoba*, 29. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3468>

- Díaz-Cachay, C., Gamero-Collado, B., Alvarez-Verde, C., Llontop-Vélez, C., & Zambrano-Cabanillas, A. W. (2023). Effect of chicken blood and intestines silages, as partial substitutes for fishmeal, on the growth of tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus, 1758). *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 34. <https://doi.org/10.15381/rivep.v34i5.24624>
- El-Desouky, F. F., Ibrahim, M. A., Abd El-Razek, I. M., El-Nabawy, E.-S. M., Amer, A. A., Zaineldin, A. I., Gewaily, M. S., & Dawood, M. A. O. (2024). Improving Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) Utilization with Sodium Butyrate in Nile Tilapia Diets: Effects on Growth Performance, Intestinal Histology, Antioxidative Response, and Blood Biomarkers. *Aquaculture Nutrition*, 2024, 2442308. <https://doi.org/10.1155/2024/2442308>
- Elsayed Sallam, A., Mohamed Kotit, A., & Moustafa Almisherfi, H. (2024). Dietary lysophospholipid improves growth performance, antioxidant capacity and immunity response of red tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. mossambicus*). *Egyptian Journal of Aquatic Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2024.04.002>
- Errico, S., Spagnoletta, A., Verardi, A., Moliterni, S., Dimatteo, S., & Sangiorgio, P. (2022). *Tenebrio molitor* as a source of interesting natural compounds, their recovery processes, biological effects, and safety aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21, 148–197. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12863>
- Gu, J., Liang, H., Ge, X., Xia, D., Pan, L., Mi, H., & Ren, M. (2022a). A study of the potential effect of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) substitution for fish meal on growth, immune and antioxidant capacity in juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Fish and Shellfish Immunology*, 120, 214–221. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.11.024>
- Gu, J., Liang, H., Ge, X., Xia, D., Pan, L., Mi, H., & Ren, M. (2022b). A study of the potential effect of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) substitution for fish meal on growth, immune and antioxidant capacity in juvenile largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *Fish & Shellfish Immunology*, 120, 214–221. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.11.024>

- Hayashi, C. H., & Ferrari Sanches, L. E. (2020). Substituição do óleo de soja pelo óleo de vísceras de aves, em rações para alevinos de tilápia do Nilo. *Pubvet*, 13. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n12a466.1-10>
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2015.03.001>
- Hernández Rivera, C. I., Urbina-Flete, S. N., & Altamirano-Pérez, M. R. (2024). Crecimiento de *Oreochromis niloticus* en estanques de liner, utilizando dos tipos de alimento multifunción al 24% y 14% de proteína. *Rev. Iberoam. Bioecon. Cambio Clim.*, 9(18), 2275–2288. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v9i18.18917>
- Herrera-Castillo, L., Vallejo-Palma, G., Saiz, N., Sánchez-Jiménez, A., Isorna, E., Ruiz-Jarabo, I., & de Pedro, N. (2024). Metabolic Rate of Goldfish (*Carassius auratus*) in the Face of Common Aquaculture Challenges. *Biology*, 13. <https://doi.org/10.3390/biology13100804>
- Jácome, J., Abad, C. Q., Romero, O. S., Pérez, J. E., & Nirchio, M. (2019). Tilapia in Ecuador: Paradox between aquaculture production and the protection of Ecuadorian biodiversity. *Revista Peruana de Biología*, 26, 543–550. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>
- Khan, G. B., Akhtar, N., Khan, M. F., Ullah, Z., Tabassum, S., & Tedesse, Z. (2022). Toxicological impact of Zinc Nano Particles on tilapia fish (*Oreochromis mossambicus*). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29, 1221–1226. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.044>
- León, A. B., Aguilar, Y. M., Viana, M. T., Ojeda, M. O., Montañó, C. M., Corría, K. P., Méndez-Martínez, Y., & Martí, B. V. (2022). Effect of palm kernel cake in the nutrition for tilapia fry (*Oreochromis niloticus*). *Revista MVZ Cordoba*, 27. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2527>
- Mazlum, Y., Turan, F., & Bircan Yıldırım, Y. (2021). Evaluation of mealworms (*Tenebrio molitor*) meal as an alternative protein source for narrow-clawed crayfish (*Pontastacus leptodactylus*) juveniles. *Aquaculture Research*, 52(9), 4145–4153. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/are.15253>

- Méndez-Martínez, Y., Pérez, Y., Verdecia, D. M., Cortés-Jacinto, E., Cevallos, O. F., & Romero, O. (2019). Effect of the inclusion of *Azolla filiculoides* meal on the growth and survival of red tilapia small fish (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(3).
<https://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/904>
- Nogales-Mérida, S., Gobbi, P., Józefiak, D., Mazurkiewicz, J., Dudek, K., Rawski, M., Kierończyk, B., & Józefiak, A. (2019). Insect meals in fish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), 1080–1103. <https://doi.org/10.1111/RAQ.12281>
- Novodworski, J., Matos, É. J. A., Gonçalves, R. M., Bombardelli, R. A., & Meurer, F. (2024). Protein Requirements of Fattening Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed Fish Meal-Free Diets. *Aquaculture Journal*, 4, 135–147.
<https://doi.org/10.3390/aquacj4030010>
- Oliva, M., Oliva, L., & Torres, C. (2019). Evaluación de parámetros productivos en el cultivo semi-intensivo de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) en la zona de Zarumilla - Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3(3). <https://doi.org/10.25127/aps.20193.506>
- Rodríguez Tobar, J. M., Burgos Carpio, B. A., Gonzalez Cedeño, W. R., & Acosta Farías, J. M. (2024). Harina de Yuca en la Alimentación de Alevines de Tilapia Roja (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*). *Código Científico Revista de Investigación*, 5, 39–55.
<https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/nE4/460>
- Rossi, G., Psarianos, M., Ojha, S., & Schlüter, O. K. (2025). Review: Insects as a novel feed ingredient: processing technologies, quality and safety considerations. *Animal*, 101495. <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2025.101495>
- Sánchez-Muros, M. J., de Haro, C., Sanz, A., Trenzado, C. E., Villareces, S., & Barroso, F. G. (2016). Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. *Aquaculture Nutrition*, 22, 943–955. <https://doi.org/10.1111/anu.12313>
- Sankian, Z., Khosravi, S., Kim, Y. O., & Lee, S. M. (2018). Effects of dietary inclusion of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) meal on growth performance, feed utilization, body composition, plasma biochemical indices, selected

immune parameters and antioxidant enzyme activities of mandarin fish (*Siniperca scherzeri*) juveniles. *Aquaculture*, 496, 79–87.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.07.012>

Santis, H. R. P., Molina, R. A. P., & Franco, L. F. L. (2020). Effect of *Saccharomyces cerevisiae* on the digestive health of the post-larvae of red tilapia *Oreochromis* sp. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 31(2).
<https://doi.org/10.15381/rivep.v31i2.17935>

Santos, M. D. dos, Costa, B. de O., Vicente, S. da S., Ferreira, R. da S., Silva, T. E. S. da, Almeida Neto, M. E., & Amaral, I. P. G. (2020). Efeito do fotoperíodo na sobrevivência de larvas da tilápia nilótica (*Oreochromis Niloticus*) submetidas a diferentes fotoperíodos. *Brazilian Journal of Development*, 6(6).
<https://doi.org/10.34117/bjdv6n6-217>

Santoyo Telles, F., Mariscal Romero, J., Gómez Galindo, C., & Gutiérrez Pulido, H. (2019a). Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia *Oreochromis niloticus* en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, México. *CIBA Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 8(16).
<https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.92>

Santoyo Telles, F., Mariscal Romero, J., Gómez Galindo, C., & Gutiérrez Pulido, H. (2019b). Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia *Oreochromis niloticus* en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, México. *CIBA Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 8(16), 82–105.
<https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.92>

Serra, V., Pastorelli, G., Tedesco, D. E. A., Turin, L., & Guerrini, A. (2024). Alternative protein sources in aquafeed: Current scenario and future perspectives. *Veterinary and Animal Science*, 25, 100381.
<https://doi.org/10.1016/J.VAS.2024.100381>

Soares de Lima, J., Pittaluga, M. L., Lovatto, N., Veiverberg, C., Borille, R., & Lazzari, R. (2021). Mealworm (*Tenebrio molitor*) potencial in fish nutrition: a review. *Research, Society and Development*, 10, e269101623229.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v10i16.23229>

- Tubin, J. S. B., Paiano, D., Hashimoto, G. S. de O., Furtado, W. E., Martins, M. L., Durigon, E., & Emerenciano, M. G. C. (2020). Tenebrio molitor meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. *Aquaculture*, 519. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734763>
- Viteri Romero, P., Guaranda Anchundia, J., Chiquito Crespo, G., Loor Montece, I., Rodríguez Marquinez, M., & Parra Riofrío, G. (2023). Alternativas de alimentación para *Oreochromis niloticus* en Latinoamérica. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 17. <https://doi.org/10.53591/cna.v17i2.2643>
- Volkoff, H., & Rønnestad, I. (2020). Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. *Temperature (Austin, Tex.)*, 7, 307–320. <https://doi.org/10.1080/23328940.2020.1765950>