



UNIVERSIDAD ESTATAL PENINSULA
DE SANTA ELENA FACULTAD DE
CIENCIAS DEL MAR CARRERA DE
BIOLOGÍA

**“EVALUACIÓN DE DIETAS A BASE DE HARINA DE
TENEBRIÓNIDOS DE LAS ESPECIES *Tenebrio molitor* Y *Zophoba
morio* PARA LA CRIA DE ALEVINES DE *Oreochromis spp.* “**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

RENDÓN ALVARADO AXEL ALEXANDER

DOCENTE TUTOR:

ING. GREGORIA ARTEAGA FIGUEROA, MSC.

LIBERTAD - ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL

PENINSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL

MAR CARRERA DE BIOLOGÍA

**“EVALUACIÓN DE DIETAS A BASE DE HARINA DE
TENEBRIÓNIDOS DE LAS ESPECIES *Tenebrio molitor* Y *Zophoba
morio* PARA LA CRIA DE ALEVINES DE *Oreochromis spp.* “**

TRABAJO DE
INTEGRACIÓN
CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

Rendón Alvarado Axel Alexander

DOCENTE TUTOR:

Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, MSC.

LA LIBERTAD – ECUADOR

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, “evaluación de dietas a base de harina de tenebriónidos de las especies *tenebrio molitor* y *zophoba morio* para la cria de alevines de *oreochromis spp.* “, elaborado por el Sr. Axel Alexander Rendón Alvarado estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Ing. Gregoria Arteaga Figueroa, MSc.

DOCENTE TUTOR

C.I. 0905937686

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En calidad de Docente Especialista, del trabajo de integración Curricular, “evaluación de dietas a base de harina de tenebriónidos de las especies *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* para la cria de alevines de *Oreochromis spp.* “, elaborado por el Sr. Axel Alexander Rendón Alvarado estudiante de la Carrera de Biología, Facultad Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo/a, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Ing. John Jairo Pinargote Álava, Mgtr.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 1204916884

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mi sagrada madre, Mònica Elizabeth Alvarado Cabrera, por ser mi guía en la vida. Con su gran fortaleza y resiliencia, me brindó apoyo y calma en los momentos más complicados. Te agradezco por darme el mejor regalo de mi vida: la educación.

A mis hermanos, Christopher, Luis y Gabel, por estar siempre conmigo y por alegrar mis días con sus ocurrencias. A Gabriel Arana por haberme criado y apoyado incondicionalmente durante gran parte de mi vida. A mi familia, mis abuelas Teodora y Lourdes, a mi papá Luis Rendón, a mis tíos, Christian, José, Gisella, Sara, Rosa, Drina, Ana y Fela y a mi prima Doménica Rendón por ser parte de este proceso y confiar en mis capacidades para alcanzar esta meta.

A mis amigos, Wladimir Atauchi, Ariel Moreira, Belén Molina, Edward Santana, Daniel Riascos, Gabriel Segura y Siam Ali, y a mis colegas, en especial a Adrian Quezada, Heydi Quezada y Amilkar Cedeño por ser mi segunda familia por tantos años, a Korabeth Noblecilla por ser como la hermana mayor que necesitaba en mi vida, a Xavier Guncay, Verónica Flores, Sebastián Plaza y Emily Álava por todas las enseñanzas en el ámbito profesional y también a Terry Villacis, Daniel Rasulov, Eleonel Obando, Geovanny Vera y Samuel Espinel por el apoyo tan incondicional que nunca dudaron en brindarme. Gracias por sus consejos, risas y aventuras. Solo puedo decir que fueron la mejor casualidad que me pudo pasar.

Axel Alexander Rendón Alvarado

AGRADECIMIENTOS

A las autoridades y al personal académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por su dedicación, compromiso y contribución a mi formación profesional. Agradezco de manera especial a mi tutora, la Ingeniera Gregoria Arteaga, por su orientación, paciencia y valioso acompañamiento durante el desarrollo de este trabajo de titulación.

Al personal del Departamento de Fauna y ambiente del Parque Histórico de Samborondón, en especial a la Doctora Grecia Robles, por su apoyo logístico y por facilitar el acceso necesario para el desarrollo de mis actividades.

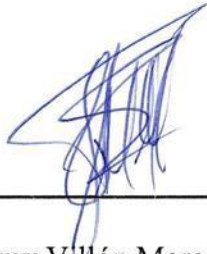
A los pasantes y voluntarios de veterinaria y biología, especialmente a Gisella Molina, por la ayuda brindada en varias de las actividades realizadas en el Parque Histórico de Samborondón, entre las cuales estuvo el presente proyecto.

A mis colegas y amigos, los Biólogos Adrian y Heydi Quezada y Eleonel Obando, por su constante apoyo y por acompañarme en la realización de los monitoreos. Su experiencia y compromiso fueron clave en el cumplimiento de los objetivos planteados.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Rendón Alvarado Axel Alexander** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo/a de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10/12/2025



Ing. Jimmy Villón Moreno, MSc
**DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. John Pinargote Álava, Mgtr
**PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Gregoria Arteaga Figueroa,
MSc.
**DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Blgo. Richard Duque Marín, Mgt
**DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Lic. Pascual Roca Silvestre, MSc.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido, ideas, datos y resultados expuestos en el presente trabajo de integración curricular con el tema “EVALUACIÓN DE DIETAS A BASE DE HARINA DE TENEBRIÓNIDOS DE LAS ESPECIES *Tenebrio molitor* Y *Zophoba morio* PARA LA CRIA DE ALEVINES DE *Oreochromis spp.*“, correspondiente exclusivamente al autor, y el patrimonio de esta y a la Universidad Estatal Península De Santa Elena.



Axel Alexander Rendón Alvarado

C.I. 0955292248

Contenido

1. RESUMEN	1
ABSTRACT	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. JUSTIFICACIÓN	7
4. OBJETIVO GENERAL	9
5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
6. HIPÓTESIS.....	10
CAPÍTULO II.....	11
7. MARCO TEÓRICO	11
7.1. Acuicultura y alimentación en tilapias.....	11
7.1.1. Importancia de la tilapia en la acuicultura	11
7.1.2. Necesidades nutricionales de los alevines.....	11
7.1.3. Búsqueda de ingredientes alternativos.....	13
7.2. Limitaciones de la harina de pescado	13
7.2.1. Presión sobre los ecosistemas marinos	13
7.2.2. Volatilidad del precio y acceso limitado	14
7.2.3. Impacto ambiental de su procesamiento	14
7.2.4. Necesidad de alternativas sostenibles	14
7.3. Insectos como alternativa en la alimentación acuícola.....	15
7.3.1. Composición nutricional de las harinas de insecto	15
7.3.2. Ventajas ecológicas y productivas.....	16
7.3.3. Aplicación en dietas acuícolas: evidencia en tilapias.....	17
7.4. Perfil nutricional de <i>T. molitor</i> y <i>Z. morio</i>	20
7.4.1. Proteínas y aminoácidos esenciales	20
7.4.2. Lípidos y perfil de ácidos grasos	21
7.4.3. Minerales y vitaminas.....	22
7.4.4. Quitina y fibra funcional.....	24
7.5. Aceptación y desempeño en tilapias	25
7.5.1. Efecto sobre parámetros productivos.....	25
7.5.2. Palatabilidad y digestibilidad.....	27
7.5.3. Consideraciones para su aplicación práctica.....	28
7.6. Impacto ambiental del uso de harinas de insecto	29
7.6.1. Reducción de la presión sobre ecosistemas marinos.....	29

7.6.2. Disminución de la huella de carbono y uso de recursos.....	29
7.6.3. Valorización de residuos orgánicos y economía circular.....	30
7.7. Evaluación del agua y residuos nitrogenados	31
7.7.1. Excreción de compuestos nitrogenados	31
7.7.2. Digestibilidad y retención de nitrógeno	33
7.7.3. Efectos sobre la calidad del agua.....	34
7.7.4. Consideraciones para formulación y manejo	35
CAPÍTULO III	37
8. MARCO METODOLÓGICO	37
8.1. Lugar de ensayo.....	37
8.1.1. Condiciones del sitio y su pertinencia.....	38
8.1.2. Integración productiva y aprovechamiento de residuos	38
8.2. Materiales	38
8.3. Asignación de tratamientos.....	39
8.4. Formulación de dietas.....	40
8.5. Análisis de contenido nutricional.....	42
8.5.1. Muestreo, rotulado y envío al laboratorio.....	42
8.5.2. Parámetros evaluados	42
8.5.3. Métodos analíticos y control de calidad	43
8.5.4. Cálculo y expresión de resultados	44
8.6. Control de crecimiento y supervivencia	44
8.6.1. Medición de crecimiento grupal	44
8.6.2. Evaluación de la conversión alimenticia.....	45
8.6.3. Registro de supervivencia.....	45
8.6.4. Procedimientos de manejo y bienestar animal.....	46
8.6.5. Análisis del desempeño zootécnico	46
8.7. Medición de compuestos nitrogenados en el agua.....	47
8.7.1. Parámetros y equipo utilizado	47
8.7.2. Procedimiento de muestreo y frecuencia de medición.....	47
8.7.3. Criterios de referencia e interpretación.....	48
8.7.4. Importancia ecológica y zootécnica.....	48
8.8. Análisis de datos.....	50
CAPÍTULO IV	51
9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	51
9.1. Crecimiento de los alevines de <i>Oreochromis spp.</i>	51
9.1.1. Variación de la longitud media.....	51

9.1.2. Variación de la masa media.....	53
9.1.3. Crecimiento total y tasas de incremento	54
9.2. Supervivencia	58
9.3. Calidad del agua.....	59
9.3.1. Amonio (mg/L).....	59
9.3.2. Nitrito (mg/L).....	61
9.3.3. Nitrato (mg/L)	62
9.4. Caracterización bromatológica de las dietas.....	64
9.4.1. Composición proximal de las dietas	64
9.4.2. Perfil vitamínico de las dietas.....	66
CAPÍTULO V	69
10. DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
10.1. Discusión.....	69
10.2. Conclusiones	72
10.3. Recomendaciones	73
11. BIBLIOGRAFÍA	74
12. Anexos.....	82
Anexo 1. Planteamiento del problema.....	82
Anexo 2. Promedios de longitud y masa	82
Anexo 3. Valores de compuestos nitrogenadas	83
Anexo 4. Registro de Supervivencia	84
Anexo 5. Análisis bromatológico de las dietas a base de <i>Tenebrio</i> y <i>Zophoba</i>	85
Anexo 7. Lote de <i>z. morio</i> deshidratado.....	88
Anexo 8. Medición de longitud de espécimen.....	89
Anexo 9. Medición de masa de espécimen.....	89
Anexo 10. Control de compuestos nitrogenados (amonio).....	90
Anexo 11. Test usado para medir los compuestos nitrogenados presentes en el agua	90
Anexo 12. Captura de muestras para medición de datos biométricos.....	91
Anexo 13. Visita técnica de tutor de trabajo de integración curricular.....	91
Anexo 14. Resultado del análisis por Compilatio.	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	37
Figura 2.....	52
Figura 3.....	54
Figura 4.....	57

Figura 5.....	58
Figura 6.....	59
Figura 7.....	61
Figura 8.....	62
Figura 9.....	64
Figura 10.....	66
Figura 11.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites tolerables de compuestos nitrogenados para tilapia.....	49
Tabla 2. Variación de la longitud media (cm) de los alevines alimentados con diferentes dietas durante el periodo experimental	51
Tabla 3. Variación de la masa media (g) de los alevines alimentados con las tres dietas experimentales.	53
Tabla 4. Crecimiento acumulado y tasas diarias de los alevines durante 58 días.....	55
Tabla 5. Indicadores de crecimiento: ganancia de peso (GP), tasa específica de crecimiento (TEG), índice de condición (IC) e incremento de biomasa total (IBT)	56
Tabla 6. Concentración de amonio (mg/L) por tratamiento.	60
Tabla 7. Concentración de nitrito (mg/L) por tratamiento.....	61
Tabla 8. Concentración de nitrato (mg/L) por tratamiento	63
Tabla 9. Composición proximal (%) de las dietas experimentales con harina de insectos.....	65
Tabla 10. Aporte energético estimado de las dietas experimentales.....	67

ABREVIATURAS

GP: Ganancia de peso.

TEG: Tasa específica de crecimiento.

IC: Índice de condición.

FCR: Factor de conversión alimenticia.

IBT: Incremento de biomasa total.

S (%): Supervivencia (porcentaje).

NH₃/NH₄⁺: Amoníaco no ionizado/ionizado.

NO₂⁻: Nitrito.

NO₃⁻: Nitrato.

TAN: Nitrógeno amoniacal total.

GLOSARIO

Alevín: Pez en etapa temprana de vida usado en crianzas experimentales.

Harina de insecto: Ingrediente proteico obtenido de *Tenebrio molitor* o *Zophobas morio* para formular dietas.

Composición proximal: Análisis de proteína, lípidos, humedad, cenizas y fibra del alimento.

Factor de conversión alimenticia (FCR): Eficiencia con que el pez convierte alimento en peso.

Tasa específica de crecimiento (TEG): Ritmo porcentual diario de aumento de peso.

Índice de condición (IC): Relación peso–longitud que refleja el estado corporal.

Nitrito (NO_2^-): Compuesto intermedio del ciclo del nitrógeno que puede afectar el transporte de oxígeno.

Nitrato (NO_3^-): Forma oxidada del nitrógeno; indica acumulación y estado de nitrificación del sistema.

1. RESUMEN

La presente investigación evaluó el uso de harinas de insecto como alternativa a insumos tradicionales en la alimentación de alevines de tilapia (*Oreochromis spp.*), empleando formulaciones con alta inclusión de harina de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* frente a un alimento comercial. Mediante un ensayo de alimentación en unidades de cultivo independientes, se realizó seguimiento del desempeño productivo a partir de mediciones biométricas periódicas y del registro de supervivencia, junto con el monitoreo de la calidad del agua mediante la observación de la dinámica de compuestos nitrogenados (amonio, nitrito y nitrato). Paralelamente, se caracterizó la composición proximal de las dietas para interpretar su aporte nutricional y su posible relación con las respuestas observadas. Los hallazgos muestran que las dietas basadas en harinas de insecto favorecieron el crecimiento respecto al control comercial, con una respuesta más consistente en el tratamiento formulado con *T. molitor*. En cambio, el tratamiento con *Z. morio* evidenció un buen desempeño, pero con una tendencia a mayores niveles de compuestos nitrogenados en el agua, lo que sugiere la necesidad de un manejo más fino de la ración y del sistema de cultivo. En términos nutricionales, *T. molitor* presentó un perfil más orientado a proteína, mientras que *Z. morio* mostró un carácter más lipídico y energético. Debido a esto, la harina de *T. molitor* se perfila como una opción especialmente favorable para mejorar el desempeño de alevines con menor presión sobre la estabilidad nitrogenada del sistema; *Z. morio* constituye una alternativa viable si se optimizan prácticas de alimentación y se mantiene un control riguroso de la calidad del agua, considerando el carácter exploratorio del estudio.

Palabras clave: *Tenebrio molitor*; *Zophoba morio*; tilapia; harina de insecto; compuestos nitrogenados.

ABSTRACT

*This study evaluated insect meals as an alternative to conventional ingredients in diets for tilapia fry (*Oreochromis spp.*), using formulations with a high inclusion of *Tenebrio molitor* and *Zophoba morio* meal compared with a commercial feed. A feeding trial was conducted in independent culture units, where productive performance was tracked through periodic biometric measurements and survival records. Water quality was also monitored by following the behavior of nitrogen compounds (ammonia, nitrite, and nitrate). In parallel, the diets were analyzed for proximate composition to better understand their nutritional contribution and how it might relate to the responses observed. Overall, the insect-based diets supported better growth than the commercial control, with the most consistent response in the group fed *T. molitor*. The *Z. morio* diet also performed well, but it showed a tendency toward higher nitrogen-compound levels in the water, suggesting that closer control of feeding rates and culture conditions is needed. From a nutritional standpoint, *T. molitor* showed a more protein-oriented profile, whereas *Z. morio* was more lipid- and energy-rich. Taken together, these results suggest that *T. molitor* meal is a particularly promising option to improve fry performance while placing less pressure on nitrogen stability in the system. *Z. morio* meal can also be a viable alternative, provided feeding practices are optimized and water quality is managed carefully, given the exploratory nature of the study.*

Keywords: *Tenebrio molitor*; *Zophoba morio*; tilapia; insect meal; nitrogen compounds.

2. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de promover una mayor sostenibilidad en la producción acuícola, en los últimos años se ha intensificado la búsqueda de ingredientes alternativos para la elaboración de alimentos balanceados, sobre todo en sistemas que dependen de la harina de pescado como principal fuente proteica. La acuicultura se ha consolidado como uno de los sectores de producción de alimentos de más rápido crecimiento a escala mundial, pero su expansión se enfrenta al reto de reducir la presión sobre las pesquerías destinadas a harina y aceite de pescado y, al mismo tiempo, mantener la rentabilidad y la calidad nutricional de las dietas comerciales (Dauda et al., 2019; Henry et al., 2015a).

En este contexto, las harinas de insecto, en particular las obtenidas a partir de larvas de escarabajos tenebriónidos como *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio*, se han propuesto como ingredientes proteicos alternativos debido a su elevado rendimiento biológico, su capacidad para valorizar residuos orgánicos y su aporte a esquemas de economía circular en la cadena agroalimentaria (Hong et al., 2020; Kuan et al., 2022a; Nogales-Mérida et al., 2019; Rumbos & Athanassiou, 2021a; Sánchez-Muros et al., 2014a).

Desde el punto de vista nutricional, las harinas de *T. molitor* y *Z. morio* contienen entre 45 y 60 % de proteína bruta en base seca, con un perfil de aminoácidos que puede situarse en niveles comparables a insumos proteicos convencionales como la harina de soya y cercano al de harinas de pescado de calidad media. La fracción lipídica puede alcanzar valores entre 25 y 35 % en harinas no desgrasadas y situarse entre 8 y 15 % cuando se somete a procesos de desgrasado, lo que se traduce en una alta densidad energética y en un perfil dominado por ácidos grasos monoinsaturados

y poliinsaturados (Chemello et al., 2021a; Gwaza et al., 2025b; Henry et al., 2015a; Mousavi et al., 2020a; Sánchez-Muros et al., 2014a).

En estas harinas, los carbohidratos están representados principalmente por quitina y otros polisacáridos estructurales asociados al exoesqueleto, que funcionan como fibra dietaria con efectos sobre la salud intestinal y la respuesta inmune, de forma que en niveles moderados de inclusión se consideran un componente funcional más que una fuente energética directa (Eggink et al., 2022a; Mousavi et al., 2020a).

Los coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína reportados para harinas de *T. molitor* y *Z. morio* en peces demuestran que, cuando el ingrediente se procesa adecuadamente y se controla el nivel de inclusión, la fracción de proteína digestible puede superar el 80 %, con valores por encima del 85 % en tilapia alimentada con dietas que incorporan harina desgrasada de *T. molitor* y coeficientes entre 82 y 88 % para harina de *Z. morio* en condiciones similares (Alves et al., 2021a; Fontes et al., 2019a; Nogales-Mérida et al., 2019; Sánchez-Muros et al., 2014a). Estos resultados respaldan el potencial de las harinas de tenebriónidos como ingredientes proteicos de alta calidad, siempre que se mantenga un equilibrio adecuado entre proteína, energía y fibra funcional en la formulación.

En alevines de tilapia (*Oreochromis* spp.), etapa caracterizada por un crecimiento acelerado y por la inmadurez relativa del tracto digestivo, los requerimientos de proteína digestible son elevados y cualquier desequilibrio en la dieta se refleja con rapidez en la tasa de crecimiento específico, en la conversión alimenticia y en la supervivencia. La literatura coincide en que dietas formuladas con niveles altos de proteína de buena digestibilidad y con una relación proteína energía cuidadosamente ajustada permiten maximizar la retención de nitrógeno en tejido y evitar

acumulaciones excesivas de lípidos, especialmente a nivel hepático (Alves et al., 2021a; Fontes et al., 2019a; Henry et al., 2015a). En este sentido, la tilapia se ha consolidado como una de las principales especies de cultivo en América Latina y en el mundo, y su expansión en sistemas intensivos ha incrementado la necesidad de contar con ingredientes proteicos sostenibles que aseguren el suministro de alimento sin incrementar la presión sobre los recursos marinos (Lopes et al., 2018a).

La sustitución parcial o total de la harina de pescado por harinas de *T. molitor* y *Z. morio* en dietas para tilapia juvenil puede mantener, e incluso mejorar, parámetros como el crecimiento, la conversión alimenticia, la condición corporal y la supervivencia, siempre que el nivel de inclusión no comprometa el balance de aminoácidos esenciales ni la estabilidad física del alimento (Alves et al., 2021a; El-Desouky et al., 2024; Fontes et al., 2019a; Madjos, 2019; Tubin et al., 2023a). Sin embargo, todavía existe la necesidad de generar información específica para etapas tempranas de cultivo y para condiciones particulares de manejo, que considere simultáneamente el desempeño productivo y los efectos sobre la calidad del agua.

La excreción de compuestos nitrogenados derivados del catabolismo proteico, principalmente amonio, nitrito y nitrato, constituye un factor clave en la sostenibilidad de los sistemas acuícolas intensivos, ya que concentraciones elevadas de estas especies pueden afectar la osmorregulación, la respiración, el transporte de oxígeno y, en general, el bienestar de los peces (Camargo et al., 2005; Dauda et al., 2019). Diversos autores señalan que la combinación de ingredientes altamente digestibles con formulaciones equilibradas favorece una mayor retención de nitrógeno en el organismo y una menor excreción al medio, lo que a su vez contribuye a

mantener la calidad del agua dentro de rangos seguros (Nogales-Mérida et al., 2019; Sánchez-Muros et al., 2014a).

Bajo este preámbulo, el presente estudio se plantea evaluar el efecto de dos dietas experimentales formuladas a partir de harinas de *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio* como principal fuente proteica sobre el crecimiento, la supervivencia y la calidad del agua en el cultivo de alevines de tilapia (*Oreochromis* spp.). Ambas formulaciones se comparan con una dieta de referencia basada en harina de pescado, diseñada para cubrir los requerimientos proteicos de la especie, con el fin de determinar si las harinas de tenebriónidos pueden sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado sin comprometer el desempeño zootécnico y manteniendo niveles adecuados de compuestos nitrogenados en el sistema. De esta manera se busca aportar evidencia técnica y ambiental que respalde el uso de harinas de insecto como alternativa viable para avanzar hacia sistemas de producción acuícola más sostenibles.

3. JUSTIFICACIÓN

El empleo de harinas de insecto obtenidas a partir de larvas de *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio* en la elaboración de dietas para alevines de tilapia (*Oreochromis* spp.) representa una alternativa de interés tanto desde el punto de vista productivo como ambiental, ya que permite disminuir la dependencia de la harina de pescado, aprovechar residuos orgánicos y favorecer esquemas de economía circular en la acuicultura, sin dejar de lado la necesidad de mantener un adecuado desempeño zootécnico en los sistemas de cultivo (Nogales-Mérida et al., 2019; Sánchez-Muros et al., 2014a). Estas harinas se caracterizan por un elevado contenido de proteína y lípidos, pero no presentan una composición idéntica entre sí, lo que implica que las dietas formuladas a partir de cada una de ellas aportan diferentes niveles de proteína bruta y energía metabolizable a los organismos en crecimiento.

Evaluar dietas que difieren en su contenido de proteína resulta válido y necesario porque la proteína es el nutriente de mayor costo en la alimentación de peces y, al mismo tiempo, el principal determinante del crecimiento, de la eficiencia de conversión alimenticia y de la supervivencia en etapas tempranas, de manera que variaciones relativamente pequeñas en su nivel pueden traducirse en diferencias importantes en la respuesta productiva de los alevines. En lugar de forzar formulaciones completamente isoproteicas que eliminen las diferencias propias de cada harina, este trabajo aprovecha la composición real de las harinas de *T. molitor* y *Z. morio* para comparar cómo se comportan los peces cuando se alimentan con dietas que, además de utilizar ingredientes alternativos, representan distintos niveles de proteína disponibles, lo que se aproxima con mayor fidelidad a las decisiones que debe tomar un productor cuando selecciona insumos con características nutricionales distintas.

Al mismo tiempo, la fracción de proteína que no se retiene en el tejido se cataboliza y se excreta en forma de compuestos nitrogenados disueltos, principalmente amonio, nitrito y nitrato, los cuales pueden acumularse en el agua hasta alcanzar concentraciones que afectan el bienestar de los peces y la estabilidad del sistema de cultivo, en especial en sistemas de alta densidad (Camargo et al., 2005; Dauda et al., 2019). Por ello, comparar dietas basadas en harinas de *T. molitor* y *Z. morio*, que aportan diferentes niveles de proteína y energía, permite determinar no solo cuál de ellas promueve un mejor crecimiento y una mayor supervivencia, sino también cuál favorece un uso más eficiente del nitrógeno y, en consecuencia, una menor carga de compuestos nitrogenados en el agua.

De esta forma, el estudio se justifica porque genera información aplicada sobre el comportamiento de alevines de tilapia alimentados con dietas formuladas a partir de harinas de tenebriónidos que difieren en su nivel de proteína, comparadas con una dieta comercial basada en harina de pescado, lo que aporta elementos técnicos para valorar la viabilidad de sustituir parcial o totalmente este insumo tradicional. Los resultados pueden servir de base para que productores y técnicos consideren el uso de harinas de insecto en la alimentación de tilapia, con el objetivo de reducir costos y dependencia de recursos marinos, a la vez que se mantienen rendimientos aceptables y se avanza hacia sistemas de producción acuícola más sostenibles.

4. OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de dos dietas experimentales formuladas con 60 % de harina de *Tenebrio molitor* o *Zophobas morio* y de una dieta comercial basada en harina de pescado, sobre el crecimiento, la supervivencia y las concentraciones de compuestos nitrogenados en el agua.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Registrar el crecimiento, la supervivencia y los principales indicadores zootécnicos de los alevines de *Oreochromis* spp.
2. Analizar el comportamiento de las concentraciones de amonio, nitritos y nitratos en el agua de los sistemas de cultivo.
3. Describir la composición bromatológica de las dietas elaboradas con harina de *Tenebrio molitor*, harina de *Zophobas morio*.

6. HIPÓTESIS

H1.- El tratamiento con harina de *Tenebrio molitor* presentará mayor crecimiento, mejor supervivencia y menores concentraciones de nitrógeno oxidado en el agua que el tratamiento con harina de *Zophobas morio* y la dieta comercial basada en harina de pescado.

H0.- Si los alevines de tilapia (*Oreochromis* spp.) son alimentados con dietas experimentales formuladas con 60 % de harina de *Tenebrio molitor* o *Zophobas morio* y con una dieta comercial basada en harina de pescado, no se observarán diferencias en el crecimiento, la supervivencia ni en las concentraciones de compuestos nitrogenados en el agua entre los tratamientos.

CAPÍTULO II

7. MARCO TEÓRICO

7.1. Acuicultura y alimentación en tilapias

7.1.1. *Importancia de la tilapia en la acuicultura*

La tilapia (*Oreochromis spp.*) se ha definido como el pez más básico para la acuicultura, es una especie rústica, tolera un rango amplio de condiciones ambientales, crece rápido, acepta bien los balanceados y se adapta tanto a sistemas familiares como a explotaciones intensivas (Tubin et al., 2020a). Esa combinación la vuelve un punto de apoyo para la seguridad alimentaria y para la economía local en países tropicales y subtropicales. En contextos con limitaciones hídricas o ingresos variables, su cultivo ofrece proteína asequible, empleo y opciones de diversificación productiva, una red de seguridad que ayuda a amortiguar shocks climáticos y de mercado (Lopes et al., 2018).

La tilapia también es una alternativa ideal para innovaciones en nutrición acuícola. Considerando que el alimento representa el mayor componente del costo operativo, y la dependencia de la harina de pescado puede verse limitada ante aspectos vinculados al costo y a la disponibilidad en algunas regiones, sobre todo en aquellas alejadas del mar. Por eso, cambiar el paradigma proteico no es solo un deseo ambiental, también es una necesidad económica para mantener la rentabilidad y escalar producción sin presionar a las pesquerías de forraje (Henry et al., 2015b).

7.1.2. *Necesidades nutricionales de los alevines*

En alevines de tilapia, la formulación de la dieta debe asegurar proteína digerible suficiente y una energía utilizable acorde al ritmo de crecimiento, porque en esta fase la

maduración del tracto gastrointestinal y de las enzimas digestivas es incompleta y cualquier desbalance en la relación proteína:energía (P:E) repercute de inmediato en la tasa de crecimiento específico (SGR) y en la conversión alimenticia (FCR). En la práctica, dietas isoproteicas/isolipídicas con control fino de aminoácidos esenciales, sobre todo lisina y metionina, maximizan la retención proteica y minimizan la excreción de nitrógeno; cuando falta energía, los aminoácidos se utilizan como sustrato energético y se resiente el crecimiento, mientras que un exceso energético puede reducir la ingesta y favorecer la deposición lipídica hepática (Fontes et al., 2019a; Henry et al., 2015).

La evidencia en tilapia juvenil muestra que las harinas de insecto son altamente digestibles si se corrigen los aminoácidos limitantes y se mantiene la proteína digerible objetivo; bajo esas condiciones, SGR y FCR suelen ser comparables a los del control con harina de pescado, señal de que la calidad (y no solo la cantidad) de la proteína disponible es el determinante inmediato del desempeño (Fontes et al., 2019; Henry et al., 2015; M. D. Abd Rahman Jabir, 2012; Sánchez-Muros et al., 2014)

Con harina no desgrasada de *Tenebrio* o *Zophoba* se ofrece una mayor densidad energética derivada de lípidos puede actuar como “ahorro proteico” si el P:E queda en rango; pero si la energía excede la capacidad de utilización del alevín o compromete la durabilidad del pellet (pellets más frágiles debido a un exceso de grasa superficial), aparecen ingestas irregulares, FCR menos eficiente y aumento del índice hepatosomático (HSI), por lo que conviene vigilar triglicéridos plasmáticos e incluir histología hepática en el protocolo (Henry et al., 2015; Sánchez-Muros et al., 2014)..

7.1.3. Búsqueda de ingredientes alternativos

Las harinas de insecto (principalmente *Tenebrio molitor*, *Zophoba morio* y *Hermetia illucens*) han ganado la atención de la industria por tres razones. Primero, su perfil proteico: con corrección de AAE limitantes (lisina, metionina), la PD y la digestibilidad aparente pueden sostener el desempeño en juveniles/alevines de tilapia, con valores de FCR y SGR comparables a dietas elaboradas a partir de harina de pescado (Nogales-Mérida et al., 2019). Segundo, su fracción lipídica aporta energía, clave para optimizar la relación P:E, aunque esto implica decidir entre harinas desgrasadas (mejor control de energía y del perfil de ácidos grasos) o full-fat (mayor densidad energética y riesgo de hiperlipidemia/peletizado si no se ajusta adecuadamente la formulación y el proceso). Tercero, su matriz estructural (quitina y derivados) Eggink (2022a) señala que actúa como fibra funcional e inmunomodulador leve, en esta especie en particular.

7.2. Limitaciones de la harina de pescado

7.2.1. Presión sobre los ecosistemas marinos

En la fase de alevinaje, el crecimiento rápido y la inmadurez funcional del aparato digestivo hacen que el aporte de proteína digerible (PD) y el perfil de aminoácidos esenciales (AAE) sean los determinantes inmediatos del desempeño. No basta con una “proteína bruta” alta: lo que condiciona la tasa de crecimiento específico (SGR) y la conversión alimenticia (FCR) es la fracción verdaderamente utilizable y el equilibrio de AAE, en tilapia, lisina y metionina suelen ser los limitantes críticos cuando se reemplaza harina de pescado por harinas de insecto (Henry et al., 2015b; Lopes et al., 2018).

7.2.2. Volatilidad del precio y acceso limitado

La dependencia histórica de la harina (y aceite) de pescado introduce una exposición estructural a la volatilidad: es un insumo sujeto a capturas de pelágicos pequeños y a shocks de oferta (eventos climáticos, regulación pesquera, competencia industrial), lo que se traduce en ciclos de precios y riesgo de desabastecimiento para el productor acuícola. En la práctica, esa volatilidad erosiona márgenes y dificulta la planificación de lotes y compras, especialmente en unidades de menor escala y en regiones interiores con cadenas logísticas largas (Henry et al., 2015b). La limitación de acceso no es solo económica; también es geográfica e infraestructural: cuando la harina de pescado llega, suele hacerlo con costos de transporte y tiempos que encarecen el alimento balanceado y reducen la capacidad de respuesta ante cambios de precio (Lopes et al., 2018).

7.2.3. Impacto ambiental de su procesamiento

El impacto ambiental de los ingredientes proteicos no depende solo del cultivo o captura del recurso de origen, sino también de cómo se procesan hasta convertirse en harina utilizable. En el caso de la harina de pescado, las revisiones subrayan que su huella está condicionada por la dependencia de capturas de pelágicos (presión sobre ecosistemas) y por operaciones termo-mecánicas intensivas (cocción, prensado, secado), con consumos energéticos relevantes y emisiones asociadas a la cadena de frío y transporte (Nogales-Mérida et al., 2019). La volatilidad del suministro, además, puede alargar la logística y aumentar la huella por transporte (Lopes et al., 2018).

7.2.4. Necesidad de alternativas sostenibles

La acuicultura ha crecido hasta convertirse en el sector de producción de alimentos

de origen animal de mayor expansión en el mundo. Ese crecimiento, no obstante, descansa en gran medida sobre una base frágil: la harina y el aceite de pescado como insumos estratégicos de los alimentos balanceados. La oferta de estos insumos no solo es limitada, sino intrínsecamente volátil por su dependencia de pesquerías silvestres sujetas a variabilidad climática y a cuotas de manejo cada vez más estrictas. El resultado es bien conocido por los productores: costos de alimentación impredecibles y una huella ambiental difícil de justificar a largo plazo (Drosdowech et al., 2024).

7.3. Insectos como alternativa en la alimentación acuícola

7.3.1. Composición nutricional de las harinas de insecto

Las harinas de insecto han emergido en las últimas dos décadas como uno de los ingredientes alternativos con mayor potencial para la nutrición acuícola debido a su elevado aporte proteico, su perfil de aminoácidos esenciales y su capacidad de ser producidas de forma sostenible a partir de residuos orgánicos. Diversos estudios científicos han caracterizado su composición nutricional, demostrando que especies como *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* poseen una fracción proteica de entre 45 % y 60 % en base a materia seca, dependiendo del sustrato de alimentación, la etapa de desarrollo y el procesamiento aplicado (Alves et al., 2021b). Esta concentración se aproxima a los valores característicos de harinas de pescado de calidad baja a media, lo que refuerza su potencial como sustituto parcial en dietas formuladas para peces (Henry et al., 2015b).

El contenido lipídico de las harinas de insecto oscila entre el 15 % y el 35 %, siendo relativamente elevado en comparación con otras fuentes proteicas animales no marinas. Este componente lipídico está dominado por ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados de

la serie n-6, especialmente ácido oleico y ácido linoleico, mientras que los niveles de EPA y DHA son bajos debido a su origen terrestre (Chemello et al., 2021b; Rumbos & Athanassiou, 2021b). Este rasgo obliga a considerar el equilibrio omega-3/omega-6 en dietas acuícolas, ya sea mediante el uso de harinas parcialmente desgrasadas o con la inclusión adicional de aceites marinos o microalgales (Zhang et al., 2022). Sin embargo, este contenido lipídico también aporta energía metabólica significativa que puede ejercer un efecto "ahorrador de proteína" si se mantiene una relación proteína-energía adecuada.

Uno de los componentes más discutidos en la literatura sobre nutrición acuícola con insectos es la quitina, principal componente estructural del exoesqueleto. Aunque es considerada una fibra no digerible, diversos estudios señalan que, en niveles moderados, puede ejercer efectos prebióticos sobre el microbiota intestinal y estimular la respuesta inmune innata en peces, incrementando parámetros como la actividad de lisozima y del complemento (Mousavi et al., 2020b; Sánchez-Muros et al., 2014b). No obstante, cuando su proporción excede niveles tolerables, puede interferir con la digestibilidad y reducir el aprovechamiento proteico, razón por la cual algunos procesos industriales incluyen desquitinización parcial para mejorar la calidad digestiva (Alvan-Aguilar et al., 2023; Alves et al., 2021b).

7.3.2. Ventajas ecológicas y productivas

Tras analizar la composición nutricional de las harinas de insecto, es necesario comprender por qué su incorporación en la alimentación acuícola ha pasado de ser considerada una alternativa experimental a constituir una solución estratégica ante los desafíos actuales del sector. Su relevancia trasciende el valor proteico y se basa en sus

ventajas ecológicas y productivas, que responden directamente a problemáticas críticas como la sostenibilidad ambiental, la volatilidad del mercado de ingredientes proteicos convencionales y la necesidad de independencia productiva en sistemas de cultivo de peces como la tilapia. En otras palabras, las harinas derivadas de insectos no solo cumplen una función nutricional, sino también económica, ecológica y tecnológica dentro de la cadena agroalimentaria.

Desde un enfoque ecológico, la principal ventaja de las harinas de insecto es que su producción ejerce una presión significativamente menor sobre los ecosistemas naturales en comparación con la producción de harina de pescado, la cual depende de capturas de peces pelágicos como la anchoveta (*Engraulis ringens*) y la sardina (*Sardinops sagax*), especies basales en redes tróficas marinas (Ghosh et al., 2024). Estudios comparativos indican que hasta un 20 % de las capturas mundiales se usan para fabricar harina y aceite de pescado, generando cuestionamientos éticos y ecológicos frente a la pérdida de biodiversidad marina (Buck & Langan, 2017; Henry et al., 2015b). En contraste, los insectos como *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* pueden ser criados en sistemas controlados con un requerimiento significativamente menor de agua, espacio y energía, al mismo tiempo que presentan altas tasas de conversión alimenticia (Ihuț et al., 2025; Oliveira et al., 2025). Esta diferencia reduce de manera considerable la huella ecológica asociada a la obtención de proteína para alimentación animal.

7.3.3. Aplicación en dietas acuícolas: evidencia en tilapias

La tilapia es uno de los peces de cultivo más importantes a nivel mundial debido a su rusticidad, rápido crecimiento y capacidad para adaptarse a diferentes sistemas productivos, desde acuicultura intensiva hasta biofloc y recirculación (Lopes et al., 2018).

No obstante, su producción se sostiene en gran medida sobre dietas balanceadas que tradicionalmente dependen de harina de pescado como fuente proteica principal, lo que genera un desafío económico y ambiental para la sostenibilidad del sector (Henry et al., 2015b).

Algunas investigaciones han evaluado la sustituibilidad de la proteína proveniente de harina de pescado por harinas de insecto dirigido a dietas destinadas a tilapia en fases de alevinaje y engorde. En uno de los estudios más citados, Jabir (2012) reportó que la inclusión del 25 % de harina de *T. molitor* en dietas isoproteicas no afectó de forma significativa la tasa de crecimiento específico, manteniendo valores comparables al tratamiento control ($p > 0.05$). Estos resultados fueron reforzados por Fontes et al. (2019b) quienes observaron que niveles de sustitución del 50 % mejoraron el factor de conversión alimenticia (FCR) hasta valores de 1.38 ± 0.03 sin comprometer la ganancia de peso. Esta eficiencia se explica por la elevada digestibilidad de las proteínas de insecto cuando son balanceadas con lisina y metionina (Mattioli et al., 2024; Sánchez-Muros et al., 2014b).

En la misma línea, Tubin et al. (2020b) evaluaron el reemplazo parcial de harina de pescado por *T. molitor* en juveniles de tilapia criados en sistemas biofloc, reportando que tasas de inclusión de hasta el 75 % no afectaron de forma negativa el crecimiento, además de mejorar parámetros hematológicos como hematocrito y hemoglobina, indicadores de buena condición fisiológica. Estos resultados sugieren que la harina de insecto tiene un efecto adicional como modulador metabólico y posible estimulante inmunológico, coincidiendo con lo reportado por Zhang et al. (2022) en cuanto a mejoras en la integridad intestinal asociadas a la presencia de quitina como fibra funcional.

En cuanto a *Zophoba morio*, aunque existen menos estudios en comparación con *T. molitor*, se ha demostrado que su harina posee un perfil nutricional muy similar, pero con mayor contenido energético debido a su fracción lipídica (Drosdowech et al., 2024) . Nogales-Mérida et al. (2019) observaron que la sustitución con harina de *Z. morio* a niveles del 30 al 45 % mejoraron ligeramente el índice de eficiencia proteica (PER) en tilapia sin alterar la supervivencia. Además, Mousavi et al. (2020b) documentaron efectos inmunoestimulantes asociados a la inclusión de harina de *Z. morio*, viéndose reflejado en incrementos de lisozima plasmática y actividad fagocítica.

Un aspecto relevante de la evidencia disponible es que los resultados positivos en crecimiento y conversión alimenticia pueden atribuirse tanto al aporte nutricional de las harinas de insecto como a la mejora en la palatabilidad del alimento y la eficiencia digestiva. Sánchez-Muros et al. (Sánchez-Muros et al., 2014b) indican que las harinas de insecto contienen péptidos bioactivos liberados durante la hidrólisis enzimática, que favorecen la actividad de proteasas y amilasas intestinales. Del mismo modo, el contenido moderado de quitina, lejos de ser solo un factor antinutricional, actúa como prebiótico que favorece el equilibrio del microbiota intestinal, aspecto clave en especies omnívoras como la tilapia (Mousavi et al., 2020b).

Sin embargo, también se han identificado limitaciones que es necesario considerar para una evaluación integral. Algunos estudios señalan que sustituciones superiores al 75 % pueden provocar aumento del índice hepatosomático (HSI) debido al exceso energético asociado a harinas de insecto no desgrasadas, además de alterar el perfil de ácidos grasos en músculo al reducir la proporción de omega-3 (Zhang et al., 2022). Asimismo, la deficiencia de metionina y lisina en harinas de insecto requiere suplementación para evitar reducción

de la síntesis proteica y eficiencia alimenticia (Henry et al., 2015b). Estas limitaciones no descartan su uso, pero subrayan la importancia de formular dietas balanceadas en términos de proteína digestible y energía utilizable, lo cual ha permitido obtener resultados consistentes en diferentes estudios (Tran et al., 2022).

7.4. Perfil nutricional de *T. molitor* y *Z. morio*

7.4.1. Proteínas y aminoácidos esenciales

Las proteínas constituyen el componente nutricional más relevante en la formulación de dietas para peces, no solo por su función estructural y metabólica, sino también por su implicación directa en el crecimiento tisular, la síntesis enzimática, la respuesta inmune y la reposición celular. En el caso de peces cultivados como la tilapia (*Oreochromis spp.*), los requerimientos proteicos son elevados en etapas tempranas debido a la rápida tasa de crecimiento y a la necesidad de mantener un metabolismo eficiente bajo condiciones de cultivo controladas (Henry et al., 2015; Lopes et al., 2018)..

Las harinas de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* contienen entre 45 % y 60 % de proteína bruta en base seca, valores comparables a los de insumos proteicos convencionales como la harina de soya (≈ 48 %) y cercanos a harinas de pescado de calidad media (≈ 60 – 65 %) (Alves et al., 2021b; Sánchez-Muros et al., 2014b). Más allá del contenido cuantitativo, lo relevante para especies acuícolas es la proporción de proteína digestible, que en el caso de las harinas de insecto ha mostrado coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) superiores al 85 % en tilapia cuando el ingrediente es correctamente procesado (Fontes et al., 2019b; Tubin et al., 2023b). Esta eficiencia se atribuye a la presencia de proteínas altamente biodisponibles, aunque puede verse ligeramente afectada por la presencia de quitina, que

actúa como fibra estructural no digerible en altas concentraciones (Mousavi et al., 2020b; Sánchez-Muros et al., 2014b)..

7.4.2. Lípidos y perfil de ácidos grasos

Los lípidos presentes en las harinas de insecto desempeñan un papel decisivo en la nutrición acuícola debido a su aporte energético y a su función estructural en el metabolismo celular de los peces. En el caso particular de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio*, la fracción lipídica es considerablemente mayor que la de otros ingredientes proteicos alternativos, con valores que oscilan entre el 25 y 35 % en base seca para harinas no desgrasadas y entre 8 y 15 % para versiones desgrasadas (Asimaki et al., 2025; Mattioli et al., 2024). Esta alta densidad energética resulta relevante en especies como la tilapia (*Oreochromis spp.*), en donde el equilibrio de la relación proteína–energía es fundamental para evitar el uso catabólico de aminoácidos como fuente energética, mejorando así la eficiencia alimenticia y reduciendo la excreción de nitrógeno al medio acuático (Gwaza et al., 2025a).

El aporte lipídico de estas harinas tiene efectos positivos sobre la eficiencia digestiva y el metabolismo energético cuando se formulan dietas isoenergéticas. Tubin et al. (2020b) demostraron que dietas experimentales con harina de *T. molitor* lograron valores de conversión alimenticia (FCR) significativamente menores (1.36 ± 0.05) que el control, indicando una mayor eficiencia en el aprovechamiento del alimento. Este efecto se asocia a que los lípidos, al ser utilizados como primera fuente energética, permiten que los aminoácidos dietéticos se destinen preferentemente a síntesis proteica y no a procesos de oxidación metabólica (Tran et al., 2022). En otras palabras, los lípidos presentes en harinas de insecto actúan como "ahorradores de proteína", lo cual es especialmente ventajoso en

fases de crecimiento acelerado como el alevinaje y la recría.

El contenido lipídico de estas harinas también presenta ventajas desde la perspectiva económica y ambiental. El aporte energético de los lípidos reduce la necesidad de incorporar fuentes adicionales de energía en la dieta, disminuyendo costos de formulación (Kuan et al., 2022b; Nogales-Mérida et al., 2019). Además, su origen sostenible las convierte en una herramienta estratégica dentro de modelos de producción circulares que buscan disminuir la dependencia de ingredientes de alto costo ambiental (Harsányi et al., 2020; Kuan et al., 2022b). Todo esto es indicativo de que los lípidos de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* no solo contribuyen al aporte energético de las dietas para tilapia, sino que cumplen un rol funcional en términos de eficiencia alimentaria, salud metabólica y sostenibilidad productiva.

7.4.3. Minerales y vitaminas

Los minerales y vitaminas desempeñan funciones esenciales en la nutrición de los peces, ya que están involucrados en procesos metabólicos fundamentales como la replicación celular, la regulación enzimática, la osmorregulación, el mantenimiento de estructuras corporales y la respuesta inmune (Lall & Kaushik, 2021). En tilapia (*Oreochromis spp.*), el aporte de micronutrientes adecuados en la dieta resulta determinante para alcanzar un crecimiento saludable y eficiente, evitando trastornos fisiológicos que comprometan el rendimiento productivo y el bienestar de los organismos.

Desde el punto de vista mineral, las harinas de insecto contienen niveles apreciables de fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg), hierro (Fe) y zinc (Zn), aunque se caracterizan por una baja concentración de calcio (Ca), debido a su anatomía basada en exoesqueleto de

quitina en lugar de estructuras calcificadas (Nogales-Mérida et al., 2019). Este desequilibrio genera una relación Ca:P inferior a 1:3, lo que puede resultar inadecuado para peces si no se corrige en la formulación, ya que un aporte insuficiente de calcio afecta negativamente la mineralización ósea, el desarrollo esquelético y la neurotransmisión (Zhang et al., 2022). En tilapia, la deficiencia de fósforo o un desequilibrio Ca:P inferior a 1:1 puede causar deformaciones esqueléticas, reducción del crecimiento y menor eficiencia alimenticia, efectos que deben evitarse mediante suplementación mineral en dietas basadas en ingredientes alternativos (Lopes et al., 2018).

El fósforo presente en harinas de insecto presenta una ventaja técnica frente al fósforo de origen vegetal, ya que no está ligado a fitatos como ocurre en la harina de soya, lo que mejora su biodisponibilidad para peces (Ebling et al., 2025). Asimismo, el zinc y el hierro presentes en estas harinas participan en procesos claves como la eritropoyesis, la síntesis de proteínas y la actividad enzimática antioxidante, contribuyendo a un sistema inmunológico más eficiente (Chandrapalan & Kwong, 2021). Motte et al. (2019) señalan que el zinc actúa como cofactor enzimático en más de 200 procesos biológicos, y su presencia adecuada en dietas para tilapia se ha asociado con mejoras en la ganancia de peso y el índice de conversión alimenticia. El magnesio, presente también en buena proporción en insectos, participa en la estabilización del ATP y la transmisión neuromuscular, resultando clave para el metabolismo energético en peces bajo condiciones de cultivo intensivo (Nogales-Mérida et al., 2019; Tubin et al., 2023b).

En cuanto a las vitaminas, las harinas de insecto contienen principalmente vitaminas del complejo B (B1, B2, B6, B12), esenciales para el metabolismo proteico y energético, y vitamina E (tocoferoles), con propiedades antioxidantes que protegen los lípidos celulares

del daño oxidativo (Alves et al., 2021b). Diversos estudios han evidenciado que dietas suplementadas con insectos mejoran parámetros hematológicos e inmunológicos en tilapia, debido a la presencia natural de compuestos bioactivos y antioxidantes que modulan la respuesta inmune (Mousavi et al., 2020b; Tubin et al., 2020b). Este efecto resulta relevante, especialmente en sistemas intensivos donde el estrés por densidad y condiciones ambientales puede comprometer la homeostasis fisiológica. Sin embargo, al igual que ocurre con los minerales, la variabilidad en el contenido vitamínico depende de factores como la dieta de cría del insecto, la etapa del ciclo de vida y el método de procesamiento, lo que subraya la necesidad de una estandarización industrial que garantice consistencia en su aporte nutricional (Nogales-Mérida et al., 2019).

7.4.4. Quitina y fibra funcional

La quitina es un polisacárido estructural presente en el exoesqueleto de los insectos y constituye uno de los componentes característicos de las harinas derivadas de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio*. Químicamente, la quitina es un polímero de N-acetilglucosamina similar a la celulosa vegetal, pero con enlaces β -(1 \rightarrow 4) más resistentes a la hidrólisis enzimática, lo que limita su digestión en pez es carentes de quitinasas endógenas (Sánchez-Muros et al., 2014b). Aunque históricamente ha sido considerada un factor antinutricional, su efecto en la nutrición de peces es más complejo y depende de factores como el nivel de inclusión dietética, el grado de polimerización, la especie objetivo y el procesamiento aplicado al ingrediente (Mousavi et al., 2020b).

En dietas acuícolas, este componente ha sido asociado con reducciones en la digestibilidad aparente de la proteína y la energía cuando se emplean altos niveles de

inclusión de harinas de insecto (Sánchez-Muros et al., 2014b). Esto se debe a que la quitina puede encapsular fracciones proteicas e interferir con la acción de proteasas digestivas, disminuyendo la absorción de aminoácidos y aumentando la excreción de nitrógeno al agua; no obstante, estos efectos negativos se mitigan cuando se utiliza harina parcialmente desgrasada y finamente molida, lo que mejora la accesibilidad enzimática del alimento (Eggink et al., 2022b).

Desde una perspectiva funcional, la quitina no debe considerarse exclusivamente como un factor antinutricional. Diversos estudios indican que, en niveles moderados de inclusión (1–2 % de la dieta), puede actuar como fibra prebiótica modulando la microbiota intestinal e incrementando la actividad de enzimas digestivas en peces (Mousavi et al., 2020b; Tubin et al., 2023b). La fermentación parcial de quitina en el intestino genera derivados como la quitoooligosacáridos (COS), moléculas bioactivas con propiedades inmunomoduladoras y antiinflamatorias (Sánchez-Muros et al., 2014b). Estos compuestos estimulan parámetros de la inmunidad innata en tilapia, como la actividad de la lisozima y del sistema complemento, además de mejorar la altura de las vellosidades intestinales, lo cual favorece la absorción de nutrientes (Mousavi et al., 2020b; Zhang et al., 2022). Estos beneficios explican que muchas dietas funcionales incluyan quitina o derivados como aditivos para fortalecer la salud intestinal y resistencia a enfermedades.

7.5. Aceptación y desempeño en tilapias

7.5.1. Efecto sobre parámetros productivos

En el caso de *Zophoba morio*, aunque existen menos estudios que con *Tenebrio molitor*, las observaciones sugieren un desempeño productivo equivalente o incluso superior

en algunos casos. Nogales-Mérida et al. (2019) mencionaron que la inclusión del 30 % al 45 % de harina de *Z. morio* en dietas para tilapia no solo mantuvo la tasa de crecimiento, sino que también mejoró el índice de eficiencia proteica (PER) en comparación con la harina de pescado. Estos resultados indican que la alta digestibilidad de la proteína de *Zophoba* y su contenido lipídico relativamente elevado favorecen la conversión energética y la deposición de biomasa. Sin embargo, otros estudios advierten que niveles de inclusión superiores al 50 % pueden generar acumulación lipídica en hígado, aumentando el índice hepatosomático (HSI), lo cual sugiere que la formulación debe considerar estrategias de desgrasado o balance energético (Zhang et al., 2022).

El desempeño productivo debe evaluarse tanto en términos de crecimiento, como en términos de supervivencia y respuesta fisiológica. Bajo este precedente, Mousavi et al. (2020b) y Tubin et al. (Tubin et al., 2023b) demostraron que las dietas con harinas de insecto pueden mejorar la supervivencia y reducir la mortalidad durante el engorde, gracias a los efectos inmunoestimulantes asociados a la quitina y a componentes bioactivos de estas harinas. Además, se observó que los peces alimentados con *T. molitor* y *Z. morio* mostraron mejor condición corporal y mayor homogeneidad de talla, lo cual es deseable desde el punto de vista productivo.

El factor de aceptación alimenticia también se refleja en los parámetros productivos. Diversos autores mencionan que la palatabilidad de las harinas de insecto es superior a la de algunos ingredientes vegetales, lo cual favorece la tasa de ingestión y el consumo diario de alimento (FI), especialmente en peces jóvenes (Sánchez-Muros et al., 2014b). Este comportamiento puede atribuirse al perfil de lípidos y péptidos aromáticos de los insectos, que actúan como atractantes naturales, favoreciendo una mayor eficiencia alimenticia.

7.5.2. Palatabilidad y digestibilidad

La aceptación del alimento y su aprovechamiento digestivo son dos aspectos clave para evaluar la viabilidad de nuevas fuentes proteicas en la nutrición acuícola. En el caso de las harinas de insecto provenientes de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio*, numerosos estudios han explorado su efecto en la palatabilidad —es decir, la disposición del pez para consumir voluntariamente el alimento— y en la digestibilidad, que determina qué fracción del alimento ingerido es realmente absorbida y utilizada para el crecimiento (Fontes et al., 2019b). Estos factores influyen directamente en los parámetros productivos analizados anteriormente y, por tanto, son determinantes en el desempeño zootécnico de la tilapia (*Oreochromis spp.*).

La digestibilidad de *Zophoba morio* también ha demostrado ser alta en tilapia, con coeficientes de digestibilidad de proteína reportados entre 80 % y 88 % (Nogales-Mérida et al., 2019). No obstante, se ha observado que su elevado contenido lipídico puede reducir la digestibilidad aparente de la energía si no se equilibra adecuadamente la dieta. Cuando la energía digestible excede los requerimientos metabólicos de los peces, puede disminuir la ingesta voluntaria o provocar acumulación de grasa hepática, comprometiendo la conversión alimenticia (Zhang et al., 2022). Por ello, algunos autores recomiendan el uso de harinas desgrasadas de *Zophoba* o el ajuste del perfil lipídico mediante aceites vegetales o marinos según el objetivo productivo (Alves et al., 2021b).

Un aspecto destacado en la literatura es la relación entre digestibilidad y morfología intestinal. Mousavi et al. (Mousavi et al., 2020b) demostraron que la inclusión moderada de harinas de insecto puede mejorar la altura de vellosidades intestinales y la relación

vellosidad-cripta (VH:CD), indicadores histológicos asociados a una mayor capacidad absorbente. Este efecto se atribuye a la quitina presente en pequeñas proporciones en las harinas de insecto, que actúa como fibra prebiótica modulando el microbiota intestinal y estimulando la secreción de enzimas digestivas (Sánchez-Muros et al., 2014b). Sin embargo, niveles excesivos de quitina pueden disminuir la digestibilidad de la proteína al interferir con la acción de proteasas, lo cual refuerza la importancia de un nivel de inclusión óptimo (Zhang et al., 2022).

7.5.3. Consideraciones para su aplicación práctica

Desde el punto de vista nutricional, la principal consideración práctica es el nivel de inclusión recomendado. La literatura científica coincide en que las harinas de *T. molitor* y *Z. morio* pueden sustituir entre el 25 % y 50 % de la proteína proveniente de harina de pescado sin afectar el rendimiento productivo ni la salud de la tilapia, siempre que las dietas sean formuladas con equilibrio nutricional (Fontes et al., 2019b; M. D. Abd Rahman Jabir, 2012; Tubin et al., 2023b). Sustituciones superiores al 50 % son posibles, pero requieren ajustes aminoacídicos (lisina y metionina), control del contenido lipídico y manejo de la quitina para evitar reducciones en digestibilidad (Nogales-Mérida et al., 2019; Sánchez-Muros et al., 2014b). En el caso de *Zophoba morio*, cuyos niveles de lípidos suelen ser más altos que los de *Tenebrio*, se recomienda preferir harinas parcialmente desgrasadas o equilibrar el perfil energético de la dieta para evitar hepatomegalia o exceso de acumulación de grasa (Zhang et al., 2022)

Desde el enfoque sanitario, la producción y procesamiento de harinas de insecto debe cumplir estándares de inocuidad. Aunque los insectos presentan bajo riesgo de

bioacumulación de metales pesados y contaminantes ambientales (Freccia et al., 2020) su cultivo puede verse comprometido si el sustrato de alimentación no está controlado microbiológicamente (Harsányi et al., 2020). Se recomienda el uso de tratamientos térmicos a 90–95 °C, secado higiénico y almacenamiento protegido contra oxidación lipídica, especialmente en *Zophoba morio*, cuyo contenido graso es más susceptible a deterioro microbiológico (Alves et al., 2021b).

7.6. Impacto ambiental del uso de harinas de insecto

7.6.1. Reducción de la presión sobre ecosistemas marinos

El desarrollo de alternativas sostenibles para la alimentación acuícola ha sido impulsado por la creciente preocupación ambiental derivada del uso intensivo de harina y aceite de pescado, ingredientes que históricamente han constituido la base proteica de los alimentos balanceados acuícolas. La producción mundial de harina de pescado depende en gran medida de la captura de peces pelágicos como anchoveta (*Engraulis ringens*), sardina (*Sardinops sagax*) y jurel (*Trachurus murphyi*), especies que cumplen un papel ecológico clave al sostener redes tróficas marinas (Freccia et al., 2020; *Looking at Edible Insects from a Food Safety Perspective*, 2021). Sin embargo, la demanda creciente de estos recursos para la industria acuícola ha intensificado la presión sobre los ecosistemas marinos, provocando riesgos de sobreexplotación, colapso de poblaciones locales y pérdida de biodiversidad (Henry et al., 2015b).

7.6.2. Disminución de la huella de carbono y uso de recursos

Uno de los argumentos más sólidos a favor del uso de harinas de insecto en nutrición acuícola es su menor impacto ambiental en comparación con las fuentes proteicas

convencionales, particularmente la harina de pescado y la harina de soya. En un contexto global en el que la acuicultura busca reducir su huella ambiental sin comprometer su productividad, el reemplazo parcial de la harina de pescado por ingredientes alternativos es una prioridad estratégica (FAO, 2021). Las harinas de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* representan una opción viable debido a la eficiencia ecológica de su producción y su capacidad de utilizar recursos de bajo costo con mínimos residuos.

Este punto resulta particularmente relevante en América Latina y Ecuador, donde el costo del alimento balanceado representa hasta el 70 % de los costos operativos en acuicultura. El desarrollo de proyectos locales de cultivo de insectos reduciría la dependencia de insumos importados, lo que resulta clave en contextos rurales y sistemas acuícolas de pequeña escala (FAO, 2019; Villarreal, 2023). Además, la producción descentralizada de insectos puede integrarse en sistemas agroindustriales existentes aprovechando residuos orgánicos como sustrato, lo que contribuye a disminuir el volumen de desechos y las emisiones asociadas a su degradación anaeróbica (Kuan et al., 2022b).

7.6.3. Valorización de residuos orgánicos y economía circular

La producción de harinas de insecto a partir de especies como *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* no solo responde a un enfoque nutricional y productivo para la acuicultura, sino que también se alinea con estrategias de sostenibilidad ambiental al permitir la valorización de residuos orgánicos dentro de un modelo de economía circular. A diferencia de los ingredientes proteicos convencionales como la harina de pescado o la harina de soya, cuya producción está basada en la extracción intensiva de recursos naturales o en monocultivos asociados a deforestación y degradación del suelo, los insectos pueden criarse

utilizando subproductos agroindustriales de bajo costo como fuente alimenticia (Harsányi et al., 2020; Kuan et al., 2022b).

La bioconversión realizada por los insectos es el eje central de su potencial ecológico. Larvas de *T. molitor* y *Z. morio* pueden transformar eficientemente residuos orgánicos —como salvado de trigo, subproductos frutícolas, residuos de banano, pulpa de cacao, afrecho de arroz o incluso residuos hortícolas— en biomasa proteica de alto valor nutricional y aplicaciones acuícolas comprobadas (Nogales-Mérida et al., 2019; Sánchez-Muros et al., 2014b). Esto significa que componentes orgánicos que normalmente terminarían en disposición final o contaminación ambiental, pasan a integrarse nuevamente a la cadena alimentaria como alimentos balanceados para peces, cerrando así el ciclo de nutrientes bajo el principio de economía circular (Kuan et al., 2022b).

7.7. Evaluación del agua y residuos nitrogenados

7.7.1. Excreción de compuestos nitrogenados

La excreción de compuestos nitrogenados en peces es un proceso fisiológico directamente vinculado al metabolismo de las proteínas dietarias y constituye un factor determinante en la sostenibilidad de los sistemas acuícolas. A diferencia de otros vertebrados, los peces eliminan la mayor parte del nitrógeno resultante del catabolismo de aminoácidos en forma de amonio (NH_4^+), una molécula altamente tóxica que es liberada principalmente a través de las branquias, con proporciones menores excretadas como urea o compuestos nitrogenados no proteicos (Ip, 2010). Este proceso adquiere relevancia en la producción de tilapia (*Oreochromis spp.*), ya que una inadecuada formulación de dietas puede aumentar la carga nitrogenada del sistema, comprometer la calidad del agua y generar

estrés fisiológico que impacta el crecimiento y la supervivencia de los organismos.

El metabolismo nitrogenado inicia con la desaminación oxidativa de aminoácidos en el hígado, proceso mediante el cual se remueve el grupo amino y se genera amonio como producto residual (Chew et al., 2005). Cuando la dieta presenta niveles excesivos de proteína o aminoácidos desequilibrados, una fracción importante de nitrógeno no se incorpora a la síntesis proteica y es desviada hacia rutas catabólicas para producir energía, aumentando así la excreción de amonio (Sánchez-Muros et al., 2014b). Este fenómeno disminuye la eficiencia proteica y eleva la carga metabólica, generando pérdidas económicas por uso ineficiente del alimento y riesgo ecológico por contaminación nitrogenada (Nogales-Mérida et al., 2019)

En acuicultura intensiva, la acumulación de amonio en el agua puede generar intoxicación aguda o crónica, afectando funciones esenciales como el equilibrio osmótico, la respiración y el transporte de oxígeno (Ip et al., 2010). Al elevarse el amonio no ionizado (NH_3) —forma tóxica cuya proporción aumenta con el pH y la temperatura— se compromete el transporte de oxígeno en sangre y puede producir daño branquial, letargia, anorexia y reducción del crecimiento (Henry et al., 2015b).

En este contexto, las harinas de insecto representan una alternativa interesante desde la perspectiva del metabolismo nitrogenado. Diversos estudios han demostrado que la sustitución parcial de harina de pescado por harinas de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* puede disminuir la excreción de nitrógeno en peces al mejorar la utilización de aminoácidos y la eficiencia alimenticia (Fontes et al., 2019b; Tubin et al., 2023b). Esta reducción se explica por dos mecanismos principales: (1) su contenido proteico de buena digestibilidad facilita un mayor aprovechamiento metabólico, disminuyendo el nitrógeno catabolizado; y

(2) la fracción lipídica de estas harinas actúa como fuente energética complementaria, reduciendo el uso de aminoácidos como sustratos energéticos y, en consecuencia, el catabolismo proteico (Sánchez-Muros et al., 2014b).

7.7.2. Digestibilidad y retención de nitrógeno

La digestibilidad de un ingrediente proteico y su capacidad para favorecer la retención de nitrógeno en el organismo son parámetros clave para evaluar su eficiencia metabólica en nutrición acuícola. En peces como la tilapia, especie utilizada comúnmente en estudios de evaluación proteica, la eficiencia de uso del nitrógeno dietario determina tanto el crecimiento como la carga nitrogenada excretada al medio acuático, impactando directamente el rendimiento productivo y la sostenibilidad del sistema de cultivo (Khalil et al., 2021)

La digestibilidad aparente de la proteína (CDA) refleja la fracción de nitrógeno realmente absorbida y utilizada en la síntesis proteica corporal. Se ha demostrado que tanto *Tenebrio molitor* como *Zophoba morio* presentan altos coeficientes de digestibilidad proteica, con valores generalmente superiores al 80 % en peces, siempre que el procesamiento de la harina reduzca el contenido de quitina y mejore la solubilidad proteica (Alves et al., 2021b; Sánchez-Muros et al., 2014b). En tilapia, Fontes et al. (2019b) reportaron CDA de proteína superiores al 85 % con inclusión de harina de *T. molitor* desgrasada, mientras que Nogales-Mérida et al. (2019) obtuvieron valores entre 82 % y 88 % para harina de *Z. morio* en condiciones similares.

La digestibilidad no depende únicamente de la composición química del ingrediente, sino también de su estructura física y procesamiento. La quitina presente en el exoesqueleto

de los insectos puede limitar la digestibilidad si se incluye en altos niveles, debido a que encapsula proteínas y dificulta el acceso de proteasas digestivas (Sánchez-Muros et al., 2014b). Sin embargo, cuando se emplean harinas desgrasadas o con molienda fina, este efecto es mínimo, y la fibra quitinosa puede incluso actuar como modulador digestivo al favorecer la salud intestinal y mejorar la eficiencia absorbente (Eggink et al., 2022b).

7.7.3. Efectos sobre la calidad del agua

La calidad del agua es uno de los factores más críticos en la acuicultura, debido a su influencia directa sobre la salud, el crecimiento y la supervivencia de los peces. El uso de ingredientes alimenticios afecta de forma significativa la dinámica de los compuestos nitrogenados y la carga orgánica del sistema, lo cual determina, en gran medida, la estabilidad del ambiente de cultivo (Khalil et al., 2021). En este contexto, la incorporación de harinas de insecto como *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* en dietas para tilapia ha demostrado tener efectos favorables sobre la calidad del agua al reducir la excreción de desechos metabólicos nitrogenados y disminuir la acumulación de materia orgánica, en comparación con otras fuentes proteicas convencionales como la harina de pescado o ingredientes vegetales (Sánchez-Muros et al., 2014b).

El efecto de la dieta sobre la calidad del agua se origina principalmente a partir de la excreción de amonio ($\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$), resultado del catabolismo de aminoácidos no utilizados para síntesis proteica (Khalil et al., 2021). Cuando una dieta presenta una baja digestibilidad proteica o un desequilibrio de aminoácidos esenciales, el pez debe catabolizar aminoácidos en exceso, liberando mayor cantidad de amonio al medio.

7.7.4. Consideraciones para formulación y manejo

El empleo de harinas de insecto como *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* en dietas para tilapia representa un avance significativo hacia una alimentación acuícola más eficiente y sostenible; sin embargo, su implementación exige considerar criterios de formulación y manejo nutricional que garanticen el óptimo aprovechamiento proteico y la reducción de excreciones nitrogenadas. Estas consideraciones no deben entenderse únicamente como ajustes dietéticos, sino como parte de una estrategia de gestión nutricional integral destinada a maximizar la eficiencia metabólica del pez dentro del sistema productivo (Sánchez-Muros et al., 2014).

Es ideal considerar el perfil de aminoácidos esenciales. Aunque las harinas de insecto presentan buena digestibilidad, suelen tener deficiencias relativas de lisina y metionina en comparación con la harina de pescado, lo que puede limitar la síntesis proteica si no se ajusta su aporte (Henry et al., 2015). La carencia de aminoácidos esenciales aumenta la deaminación de aminoácidos no limitantes, generando pérdidas metabólicas de nitrógeno (Khalil et al., 2021). Por lo tanto, dietas que incorporen harina de insecto deben formularse con corrección aminoacídica, ya sea mediante suplementación cristalina o mediante combinación de ingredientes que complementen el perfil esencial (Fontes et al., 2019; Tran et al., 2022).

En particular, la quitina en niveles controlados puede actuar como fibra funcional beneficiosa, pero su exceso interfiere con la digestión de proteínas. Por tanto, es aconsejable emplear harinas con procesamiento estandarizado, especialmente cuando se incluyen niveles superiores al 30 % de sustitución de proteína convencional (Nogales-Mérida et al.,

2019). Diversos autores recomiendan que al introducir harinas de insecto se realice un ajuste progresivo en la dieta para facilitar la adaptación digestiva y garantizar la continuidad del consumo voluntario, manteniendo tasas de alimentación basadas en biomasa real y condición fisiológica (Tubin et al., 2020b).

CAPÍTULO III

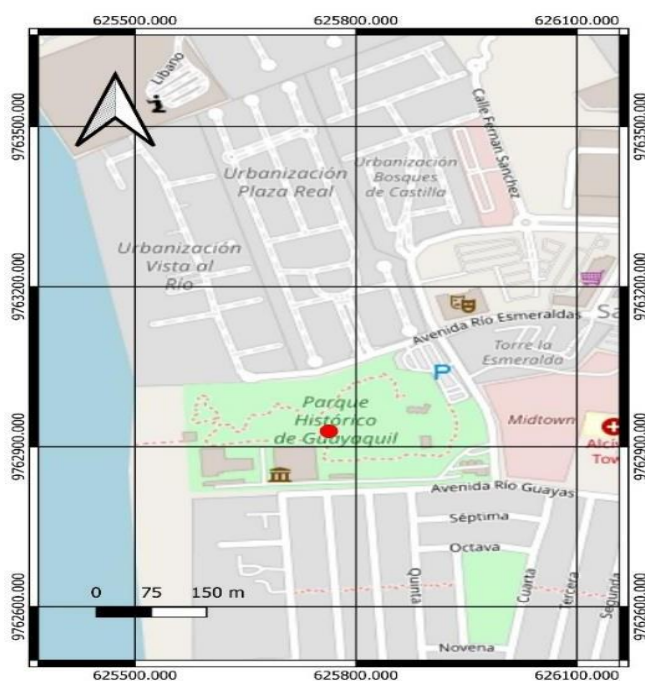
8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. Lugar de ensayo

El estudio se realizó en el cantón Samborondón, provincia del Guayas, específicamente en las instalaciones del Parque Histórico de Samborondón, el cual está ubicado en la Av. Río Esmeraldas, Samborondón 092301, Ecuador, con coordenadas en -2.14333, -79.86875. Esta institución se dedica al manejo y resguardo de fauna silvestre, así como al cuidado de animales de granja, lo que lo define como un referente regional en actividades de conservación, educación ambiental y sostenibilidad productiva.

Figura 1

Ubicación del área de estudio



8.1.1. Condiciones del sitio y su pertinencia

El Parque Histórico cuenta con infraestructura adecuada para llevar a cabo prácticas de manejo zootécnico y reproducción controlada. Estas condiciones ofrecen la oportunidad de establecer sistemas experimentales de producción de insectos y acuicultura a pequeña escala, bajo un enfoque integrado con los procesos ya existentes en el sitio.

8.1.2. Integración productiva y aprovechamiento de residuos

El sitio genera una cantidad considerable de residuos orgánicos reutilizables, derivados de la alimentación de animales silvestres y de granja, tales como sobrantes de frutas, vegetales, dietas formuladas parcialmente consumidas o descartadas. Estos desechos pueden ser empleados como sustrato para la cría de insectos detritívoros. La biomasa obtenida puede ser destinada tanto al consumo de especies silvestres bajo cuidado humano, como a la alimentación de animales de granja presentes en el parque (aves, peces, roedores).

8.2. Materiales

El material biológico estuvo constituido por alevines de tilapia (*Oreochromis* spp.) que se seleccionaron considerando individuos clínicamente sanos, con comportamiento activo y sin lesiones visibles en piel o aletas. Los organismos presentaron una longitud total cercana a 2,5 cm, medida desde la boca hasta el extremo distal de la aleta caudal, con un peso medio aproximado de 0,4 g y un diámetro corporal en torno a 0,7 cm, de manera que se trabajó con una población relativamente homogénea en cuanto a talla y condición al inicio del ensayo.

Como fuentes de proteína de origen animal para la elaboración de las dietas experimentales se emplearon larvas de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio*, procedentes de cepas mantenidas en cautiverio sobre un sustrato seco de avena en hojuelas, el cual funcionó simultáneamente como medio físico de cría y alimento base. Las larvas se mantuvieron hidratadas mediante el suministro periódico de trozos de manzana fresca, que aportaron agua estructural y carbohidratos simples sin generar un exceso de humedad en el sustrato. Como insumos complementarios se utilizaron harinas vegetales de soya, maíz y trigo, empleadas como fuentes adicionales de proteína y energía en la formulación de las dietas, junto con una dieta comercial a base de harina de pescado que se utilizó como alimento de referencia para el tratamiento control.

El sistema de cultivo estuvo conformado por tres tanques de fibra de vidrio con capacidad de 1000 litros cada uno, equipados con bombas de aire y difusores para mantener una aireación constante durante todo el periodo experimental. Los tanques se abastecieron con agua de red previamente acondicionada con clorador comercial antes de la introducción de los alevines. Para la elaboración de las dietas se utilizaron un procesador de alimentos destinado al mezclado y homogeneización de las materias primas, un horno deshidratador para el secado tanto de las larvas como del alimento preparado y una jeringa de 50 mL con salida cilíndrica de aproximadamente 2 mm, que se empleó como extrusor artesanal para conformar el pellet antes del secado final.

8.3. Asignación de tratamientos

El estudio se planteó como un ensayo nutricional exploratorio de un factor, en el que la variable independiente fue el tipo de dieta suministrada a los alevines de tilapia. Para ello se trabajó con tres tratamientos dietarios, cada uno asociado a una formulación diferente:

una dieta experimental con harina de *Tenebrio molitor*, una dieta experimental con harina de *Zophoba morio* y una dieta comercial basada en harina de pescado que se consideró como tratamiento control. Cada tratamiento se alojó en un tanque de fibra de vidrio con capacidad de 1000 litros, de modo que la unidad experimental quedó definida por el conjunto de peces contenidos en cada tanque.

Los alevines de *Oreochromis* spp. se distribuyeron en los tres tanques inmediatamente después del periodo de aclimatación, procurando que la asignación fuera aleatoria y que la talla inicial fuera lo más homogénea posible entre tratamientos. En cada tanque se mantuvieron 100 alevines, lo que permitió trabajar con una densidad de siembra acorde con el volumen disponible y con la etapa de desarrollo de los organismos. Todos los tratamientos se mantuvieron bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo durante el periodo experimental. Debido a que solo se dispuso de un tanque por tratamiento, el ensayo se consideró de carácter descriptivo y los resultados se interpretaron como tendencias comparativas entre dietas, reconociendo la ausencia de réplicas independientes para la aplicación de estadística inferencial.

8.4. Formulación de dietas

Para la elaboración de las dietas se trabajó con dos formulaciones experimentales a base de harina de insecto, asociadas a los tratamientos con harina de *Tenebrio molitor* y de *Zophoba morio*, y con una dieta comercial destinada al tratamiento control. En los tratamientos experimentales, la harina de insecto constituyó la principal fuente de proteína de origen animal y se combinó con harinas vegetales de soya, maíz y trigo, siguiendo las proporciones indicadas en la formulación seleccionada a partir de la bibliografía consultada, de manera que se obtuvieron mezclas adecuadas para la fase de alevinaje de tilapia. Para el

tratamiento control se utilizó una dieta comercial formulada para tilapia, con harina de pescado como fuente proteica de origen animal en una proporción análoga a la fracción de harina de insecto empleada en los tratamientos experimentales, lo que permitió contar con un punto de comparación basado en la práctica usual de alimentación. Todas las materias primas secas se pesaron en balanza y se mezclaron inicialmente en estado sólido hasta lograr una distribución uniforme de los ingredientes en cada dieta.

En lo referente al procesamiento del alimento, las larvas vivas de *T. molitor* y *Z. morio* se sometieron primero a un periodo de congelación de veinticuatro horas, con el propósito de sacrificarlas de manera rápida y facilitar su manipulación posterior. Una vez transcurrido este tiempo se dispusieron en bandejas en una sola capa y se deshidrataron en horno a 70 °C hasta obtener ejemplares completamente secos, que posteriormente se molieron hasta conseguir una harina de grano fino apta para el mezclado con las demás materias primas. Las harinas de insecto y los ingredientes vegetales se incorporaron en un procesador manual, donde se mezclaron hasta obtener una fase seca homogénea. A continuación, se añadió agua de forma gradual mientras se continuaba el mezclado, hasta formar una pasta homogénea, plástica y ligeramente húmeda, con una textura lo suficientemente compacta para mantener su forma al ser manipulada, pero a la vez lo bastante blanda como para permitir su paso continuo a través del orificio de extrusión sin fragmentarse.

La pasta obtenida se cargó en una jeringa de 50 mL con salida cilíndrica de aproximadamente 2 mm de diámetro interno y se extruyó sobre bandejas limpias, generando cordones continuos de alimento que, una vez formados, se cortaron en segmentos de longitud adecuada para el tamaño de la boca de los alevines. Estos fragmentos se

deshidrataron nuevamente en horno hasta recuperar una textura firme y seca, se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se almacenaron en recipientes limpios y cerrados, protegidos de la luz directa y de la humedad, hasta el momento de su suministro en cada tratamiento.

8.5. Análisis de contenido nutricional

El objetivo del análisis nutricional fue caracterizar la composición proximal y el perfil vitamínico de las dos dietas experimentales formuladas con harinas de insectos —M1: *Tenebrio molitor* y M2: *Zophoba morio*— para verificar la calidad del insumo ofrecido a los alevines y sustentar, con evidencia de laboratorio, las diferencias observadas en crecimiento, supervivencia y calidad del agua.

8.5.1. Muestreo, rotulado y envío al laboratorio

Se trabajó con dos muestras independientes del balanceado (M1 y M2), cada una de 200 g, en envase plástico limpio y cerrado. Las muestras fueron rotuladas con el código de identificación del tratamiento y remitidas a un laboratorio externo acreditado. El laboratorio registró la recepción, uso y conservación de las muestras conforme a sus procedimientos internos; dejó constancia de fechas de recepción, inicio y término de análisis, y emitió el informe técnico firmado digitalmente por el responsable. En el certificado se detallan los ítems de identificación, el número de muestras analizadas y las observaciones de validez (resultados aplicables únicamente a las muestras recibidas, límites de cuantificación e incertidumbre expandida).

8.5.2. Parámetros evaluados

Para M1 y M2 se determinaron los componentes proximales: carbohidratos

totales, fibra dietética, cenizas, grasa (extracto etéreo) y proteína bruta. Adicionalmente, se estimó energía de la grasa y energía total mediante cálculo calórico de macronutrientes. En un segundo bloque se cuantificó el perfil vitamínico por cromatografía líquida: vitaminas liposolubles (A, D₃, E, K₁) y vitaminas del complejo B (B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₉, B₁₂), además de vitamina C. Para cada analito se indicaron técnica instrumental y límite de cuantificación correspondiente.

8.5.3. Métodos analíticos y control de calidad

Los ensayos se realizaron conforme a métodos AOAC y procedimientos normalizados del laboratorio:

- ❖ Carbohidratos totales: AOAC 996.11 (por diferencia).
- ❖ Fibra dietética: AOAC 991.43.
- ❖ Cenizas: procedimiento gravimétrico reportado por el laboratorio.
- ❖ Grasa (extracto etéreo): AOAC 948.15 (21st).
- ❖ Proteína bruta: AOAC 940.25.
- ❖ Energía de la grasa y energía total: AOAC 996.06 (factores calóricos; apoyo instrumental para fracción grasa cuando aplicó).
- ❖ Vitaminas: HPLC-FLD para α -tocoferol y riboflavina (con derivatización postcolumna en tiamina), HPLC-UV para vitaminas A, D₃, K₁, B₃, B₅, B₆ y C, y LC-MS/MS para folatos totales (B₉) y cobalamina (B₁₂).

El informe técnico consigna límites de cuantificación por analito, alcance de acreditación de cada ensayo e incertidumbre expandida ($k=2$; 95 %), y establece que cualquier interpretación se realiza fuera del alcance acreditado.

8.5.4. Cálculo y expresión de resultados

Los carbohidratos se expresaron por diferencia a partir de los demás componentes (humedad/cenizas/proteína/grasa/fibra), según el método AOAC correspondiente. La energía total (kcal/kg) se obtuvo con AOAC 996.06 aplicando los factores calóricos de macronutrientes. Los resultados de composición proximal se reportaron en porcentaje (%) y los de vitaminas en mg/kg, indicando cuando corresponde el límite de cuantificación y las observaciones del certificado analítico.

8.6. Control de crecimiento y supervivencia

8.6.1. Medición de crecimiento grupal

Los individuos fueron medidos una vez por semana, se tomaron datos de masa mediante el uso de una balanza, y también se tomó la longitud total de 25 individuos al azar por muestreo. Se registraron los valores promedio de biomasa total (g) y longitud media (cm) por cada tanque experimental en cada muestreo semanal. A partir de estos datos se calcularon los siguientes indicadores zootécnicos:

Ganancia total de peso (GP)

$$GP = \text{Peso final total (g)} - \text{Peso inicial total (g)}$$

- **Tasa específica de crecimiento (TEG)**

$$TEG = \frac{(\ln P_f - \ln P_i)}{t} \times 100$$

Donde:

P_f = peso final total (g),

P_i = peso inicial total (g),

t = duración del ensayo (días).

- **Índice de condición (IC)**

$$IC = \left(\frac{\text{Peso}}{\text{Longitud}^3} \right) \times 100$$

Aplicado sobre los valores medios por cada tanque (Dağdelen & Taşbozan, 2023) (Engdaw, 2023).

- **Incremento de biomasa total (IBT)**

$$IBT = \text{Biomasa final (g)} - \text{Biomasa inicial (g)}$$

Este valor representa el aumento de masa total por cada uno de los tratamientos (Dağdelen & Taşbozan, 2023).

8.6.2. Evaluación de la conversión alimenticia

Se calculará la tasa de conversión alimenticia (FCR, por sus siglas en inglés) para cada grupo:

$$FCR = \text{Alimento consumido (g)} / \text{Ganancia de peso (g)}$$

Este parámetro es clave para determinar la eficiencia de la dieta y su relación con el crecimiento observado (Dağdelen & Taşbozan, 2023).

8.6.3. Registro de supervivencia

La supervivencia de los organismos se calculó a partir del número de individuos

al inicio y al final del experimento mediante la siguiente ecuación:

$$S(\%) = \frac{N_f}{N_i} \times 100$$

donde:

N_i = número inicial de peces,

N_f = número final de peces al concluir el ensayo (Debnath et al., 2025).

8.6.4. Procedimientos de manejo y bienestar animal

Todas las manipulaciones se realizarán bajo condiciones controladas para reducir el estrés y evitar lesiones en los peces. Se utilizarán redes de malla suave, contenedores oxigenados y protocolos de manejo rápido. Los peces serán retornados a sus respectivos tanques inmediatamente después del pesaje.

8.6.5. Análisis del desempeño zootécnico

El desempeño zootécnico de los alevines en cada tratamiento se analizó a partir de los indicadores calculados para todo el periodo experimental, considerando la ganancia total de peso, la tasa específica de crecimiento, el índice de condición, el factor de conversión alimenticia y el incremento de biomasa total. Para cada tratamiento se obtuvieron valores medios de estos parámetros a partir de los registros semanales de masa y longitud, y se organizaron en tablas y gráficos con el fin de describir las tendencias asociadas al tipo de dieta suministrada.

Dado que en el ensayo se trabajó con un solo tanque por tratamiento y no se dispuso de réplicas independientes, los resultados de desempeño zootécnico se trataron de manera descriptiva, sin aplicación de pruebas de hipótesis ni modelos estadísticos inferenciales. Las

comparaciones entre tratamientos se interpretaron como diferencias observadas en las medias y en la evolución de los indicadores a lo largo del tiempo, entendiendo que las conclusiones tienen un carácter exploratorio y están condicionadas por la limitación metodológica del diseño sin réplicas.

8.7. Medición de compuestos nitrogenados en el agua

8.7.1. Parámetros y equipo utilizado

Durante el ensayo se realizó un seguimiento de los principales compuestos nitrogenados disueltos en el agua de los tanques de cada tratamiento, con el fin de describir la dinámica del nitrógeno inorgánico en función del tipo de dieta suministrada. Los parámetros considerados fueron amonio, nitritos y nitratos, expresados en miligramos por litro. Para su determinación se emplearon kits colorimétricos comerciales de uso acuícola, que incluían los reactivos, cubetas y escalas de color necesarias para la lectura de los resultados. Estos kits están diseñados para la evaluación rutinaria de la calidad del agua en sistemas de cultivo, por lo que se utilizaron siguiendo estrictamente las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

8.7.2. Procedimiento de muestreo y frecuencia de medición

Las mediciones de compuestos nitrogenados se realizaron con una frecuencia semanal en cada tratamiento, manteniendo un horario fijo a lo largo del experimento para reducir la variabilidad asociada a fluctuaciones diarias en la calidad del agua. En cada ocasión se tomó una muestra de agua de la zona media del tanque, evitando remover el fondo y procurando que fuera representativa del volumen total. El agua se colectó en recipientes limpios y, de inmediato, se procesó con los kits comerciales: se añadieron los

reactivos específicos para cada parámetro, se respetaron los tiempos de reacción establecidos y, posteriormente, se comparó el color desarrollado con la escala incluida en cada estuche. Los valores obtenidos se registraron en hojas de campo y luego se organizaron en tablas y gráficos para su análisis descriptivo.

8.7.3. Criterios de referencia e interpretación

Los valores de amonio, nitritos y nitratos obtenidos mediante los kits comerciales se compararon con los rangos considerados aceptables para el cultivo de tilapia en sistemas intensivos, de acuerdo con la literatura especializada en calidad de agua para peces. Esta comparación permitió valorar si las concentraciones de compuestos nitrogenados se mantuvieron dentro de límites compatibles con el bienestar de los alevines y si se presentaron diferencias entre tratamientos asociadas al tipo de dieta utilizada. La información generada sirvió como base para relacionar el comportamiento de la calidad del agua con el desempeño zootécnico observado en los tratamientos.

8.7.4. Importancia ecológica y zootécnica

La acumulación de compuestos nitrogenados puede reflejar una ineficiente utilización del nitrógeno dietético, derivada de proteína no digerida o mal formulada, especialmente en dietas con ingredientes nuevos como las harinas de insecto (Khalil et al., 2021). La presencia de niveles altos de amoníaco no ionizado y nitritos pueden tener un impacto negativo en el sistema inmune, la salud branquial y el intercambio gaseoso.

Tabla 1***Límites tolerables de compuestos nitrogenados para tilapia***

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Efectos en tilapia si se supera	Referencia
Amoníaco no ionizado (NH ₃)	mg/L	≤ 0.05 mg/L	Estrés, daño branquial, disminución del crecimiento y mortalidad.	(Chew et al., 2005)
Amoníaco total (TAN)	mg/L	≤ 1.0 mg/L (a pH 7.5–8.0)	Aumento de NH ₃ con la temperatura y el pH; efectos tóxicos en tejidos.	(Emerson et al., 1975)
Nitritos (NO ₂ ⁻)	mg/L	≤ 0.5 mg/L	Metahemoglobinemia, reducción del transporte de oxígeno.	(Dauda et al., 2019)
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/L	≤ 100 mg/L	Generalmente tolerados; concentraciones altas afectan crecimiento a largo plazo.	(Camargo et al., 2005)

8.8. Análisis de datos

La información generada en los tratamientos se organizó en hojas de cálculo, donde se ingresaron los registros semanales de masa y longitud de los alevines, las cantidades de alimento suministradas, la biomasa inicial y final, la supervivencia y los valores de amonio, nitritos y nitratos obtenidos mediante los kits comerciales. A partir de estos registros se calcularon los indicadores zootécnicos descritos previamente, tales como ganancia total de peso, tasa específica de crecimiento, índice de condición, incremento de biomasa total, conversión alimenticia y supervivencia para cada tratamiento.

Con los datos procesados se obtuvieron promedios y, cuando fue pertinente, valores mínimo y máximo para cada variable en cada tratamiento, y se elaboraron tablas y gráficos que permitieron visualizar la evolución del crecimiento, de la supervivencia, de la eficiencia en el uso del alimento y de las concentraciones de compuestos nitrogenados en el agua a lo largo del periodo experimental. De esta manera fue posible describir tendencias asociadas al tipo de dieta suministrada, considerando en conjunto la composición bromatológica de las dietas, el desempeño zootécnico de los alevines y el comportamiento de la calidad del agua.

Dado que se trabajó con un solo tanque por tratamiento y no se dispuso de réplicas independientes, los datos se trataron exclusivamente mediante estadística descriptiva, sin modelos inferenciales para la comparación entre tratamientos. Las diferencias observadas en los indicadores zootécnicos y en los parámetros de calidad de agua se interpretaron como variaciones descriptivas entre tratamientos, y las conclusiones son de carácter exploratorio, reconociendo la limitación del diseño experimental en cuanto a la ausencia de réplica a nivel de unidad experimental.

CAPÍTULO IV

9. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

9.1. Crecimiento de los alevines de *Oreochromis spp.*

9.1.1. Variación de la longitud media

Durante los 58 días de ensayo, la longitud media de los alevines aumentó de forma sostenida en los tres tratamientos. Al inicio del experimento las tallas eran similares, con valores cercanos a 2,4 - 2,5 cm, lo que indica que los grupos partieron de una condición muy similar. A medida que avanzaron las semanas, se observó una separación progresiva de las curvas: los tratamientos alimentados con dietas a base de harina de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* comenzaron a situarse por encima del tratamiento control, que recibió la dieta comercial con harina de pescado.

Tabla 2

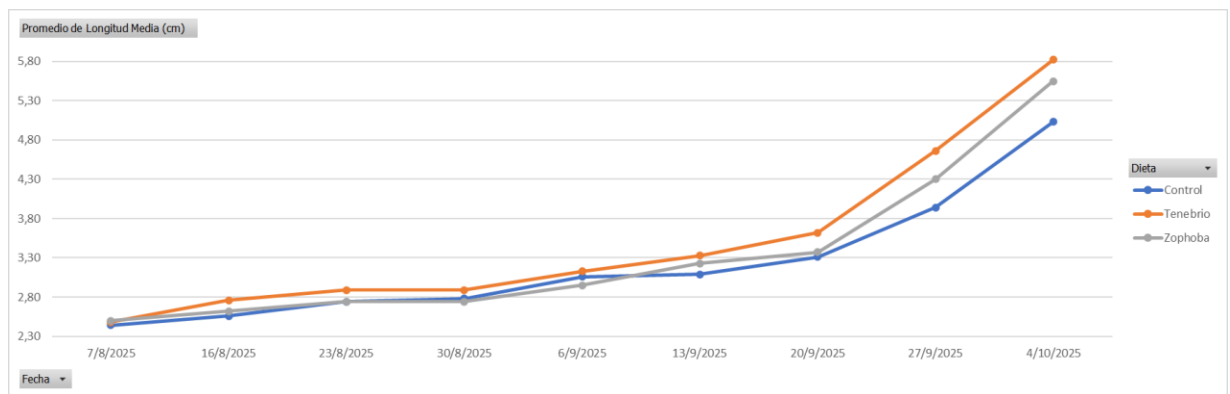
Variación de la longitud media (cm) de los alevines alimentados con diferentes dietas durante el periodo experimental.

Fecha	Control (cm)	<i>Tenebrio</i> (cm)	<i>Zophoba</i> (cm)
07-ago-2025	2,44	2,48	2,50
14-ago-2025	2,86	3,25	3,12
21-ago-2025	3,45	4,06	3,90
28-ago-2025	4,10	4,85	4,52
11-sep-2025	4,62	5,37	5,12
25-sep-2025	4,88	5,65	5,34
04-oct-2025	5,03 ^c	5,82 ^a	5,55 ^b

Hacia la mitad del ensayo la diferencia entre el control y los tratamientos con harinas de insectos ya era evidente, manteniendo un patrón en el que el tratamiento con *T. molitor* registró las mayores longitudes medias, seguido por el tratamiento con *Z. morio*, mientras que el tratamiento control se mantuvo en valores inferiores. Al finalizar el periodo experimental, las longitudes finales se situaron alrededor de 5,82 cm para el tratamiento con *Tenebrio*, 5,55 cm para *Zophoba* y 5,03 cm para el tratamiento control, lo que refleja un mayor incremento en los peces alimentados con harinas de tenebriónidos, especialmente con *T. molitor*.

Figura 2

Evolución de la longitud media (cm) de los alevines de tilapia alimentados con las tres dietas experimentales



En conjunto, estos resultados muestran una tendencia clara: las dietas experimentales con harinas de insectos favorecieron un crecimiento en longitud superior al observado en el tratamiento control, con una ventaja consistente del tratamiento con *Tenebrio molitor* sobre el tratamiento con *Zophoba morio*. Dado que el ensayo se realizó con un tanque por tratamiento y sin réplicas independientes, estas diferencias se interpretan como patrones descriptivos y los resultados se consideran de carácter exploratorio, aunque permiten identificar una respuesta positiva de la longitud media frente al uso de harinas de

tenebriónidos en la dieta de los alevines.

9.1.2. Variación de la masa media

El peso corporal de los alevines mostró un patrón similar al registrado para la longitud: en los tres tratamientos la masa media aumentó de forma gradual a lo largo del ensayo, pero el ritmo de incremento fue distinto según el tipo de dieta. Desde las primeras semanas se observó que los peces alimentados con las dietas formuladas con harinas de insectos comenzaron a ganar peso más rápido que los del tratamiento control, que recibió la dieta comercial a base de harina de pescado.

Tabla 3

Variación de la masa media (g) de los alevines alimentados con las tres dietas experimentales.

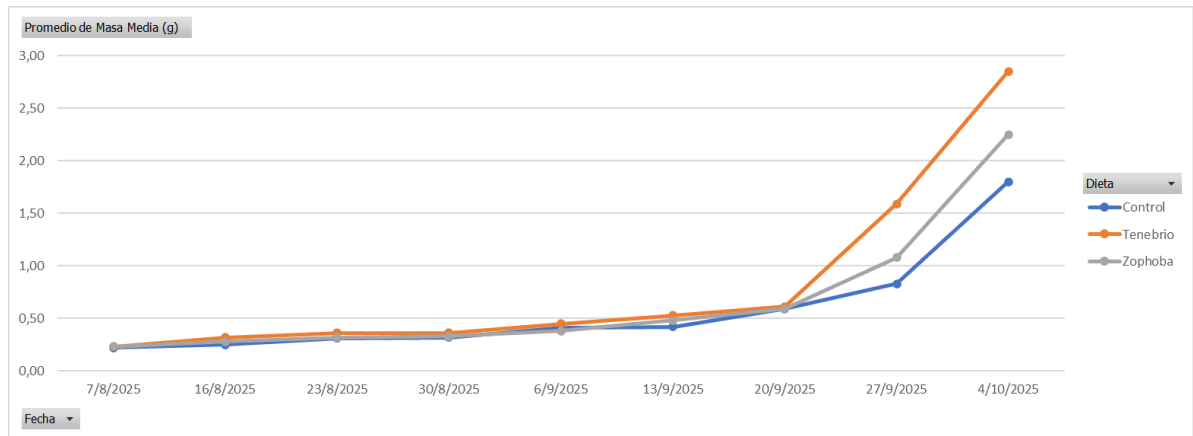
Fecha	Control (g)	Tenebrio (g)	Zophoba (g)
07-ago-2025	0,22	0,23	0,23
14-ago-2025	0,45	0,58	0,52
21-ago-2025	0,70	0,95	0,86
28-ago-2025	1,00	1,40	1,25
11-sep-2025	1,35	2,05	1,70
25-sep-2025	1,60	2,45	2,05
04-oct-2025	1,80^c	2,85^a	2,25^b

En las fechas intermedias del experimento ya se apreciaba una separación visible entre tratamientos, con valores de masa media mayores en el tratamiento con harina de *Tenebrio molitor*, seguido por el tratamiento con harina de *Zophoba morio*, mientras que el tratamiento control se mantuvo consistentemente por debajo. Al finalizar el periodo de 58

días, la masa media de los alevines alcanzó aproximadamente 2,85 g en el tratamiento con *T. molitor*, 2,25 g en el tratamiento con *Z. morio* y 1,80 g en el tratamiento control, lo que indica una ventaja clara en ganancia de peso cuando se utilizaron harinas de tenebriónidos, particularmente *Tenebrio molitor*, como principal fuente proteica de origen animal.

Figura 3

Evolución de la masa media (g) según tratamiento.



En conjunto, la evolución de la masa media sugiere que las dietas experimentales con harinas de insectos fueron mejor aprovechadas por los alevines que la dieta comercial, reflejándose en una mayor acumulación de biomasa en los tratamientos con *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio*. Estas diferencias se interpretan como tendencias descriptivas, ya que el estudio se realizó con un tanque por tratamiento y sin réplicas independientes, por lo que los resultados deben considerarse exploratorios y no como evidencia de diferencias estadísticas concluyentes entre tratamientos.

9.1.3. Crecimiento total y tasas de incremento

Al considerar el periodo completo de 58 días, los alevines de tilapia presentaron un crecimiento sostenido en los tres tratamientos, aunque con magnitudes distintas según el tipo de dieta suministrada. Tal como se resume en la siguiente tabla, el tratamiento con

harina de *Tenebrio molitor* alcanzó las mayores longitudes y masas finales, seguido por el tratamiento con harina de *Zophoba morio*, mientras que el tratamiento control, alimentado con la dieta comercial a base de harina de pescado, registró los menores incrementos en ambas variables.

Tabla 4

Crecimiento acumulado y tasas diarias de los alevines durante 58 días.

Tratamiento	Long. inicial (cm)	Long. final (cm)	Δ Long. (cm)	Tasa long. (cm/día)	Masa inicial (g)	Masa final (g)	Δ Masa (g)	Tasa masa (g/día)
Control	2,44	5,03 ^c	2,59 ^c	0,0447 ^c	0,22	1,80 ^c	1,58 ^c	0,0272 ^c
<i>Tenebrio</i>	2,48	5,82 ^a	3,34 ^a	0,0576 ^a	0,23	2,85 ^a	2,62 ^a	0,0452 ^a
<i>Zophoba</i>	2,50	5,55 ^b	3,05 ^b	0,0526 ^b	0,23	2,25 ^b	2,02 ^b	0,0348 ^b

La información de la Tabla 4 muestra que los alevines sometidos al tratamiento con *T. molitor* presentaron el mayor aumento absoluto de longitud y de peso, lo que se tradujo en un crecimiento más marcado a lo largo del ensayo. El tratamiento con *Z. morio* mostró valores intermedios, con incrementos superiores a los del tratamiento control, pero por debajo de los observados con *T. molitor*. En el tratamiento control, aunque también se registró un crecimiento evidente, la longitud y la masa finales se mantuvieron por debajo de las obtenidas con las dietas formuladas con harinas de insectos.

Cuando estos incrementos se expresan como tasas de incremento diario y se incorporan otros indicadores integrados de desempeño, como la ganancia total de peso, la tasa específica de crecimiento, el índice de condición y el incremento de biomasa total, se

mantiene el mismo patrón de respuesta entre tratamientos.

Tabla 5

Indicadores de crecimiento: ganancia de peso (GP), tasa específica de crecimiento (TEG), índice de condición (IC) e incremento de biomasa total (IBT).

Tratamiento	GP = Δ Masa (g)	TEG (%/día)	IC final ($K = W/L^3 \times 100$)	IBT (g)
<i>Control</i>	1,58	3,62	1,41	131,0
<i>Tenebrio</i>	2,62	4,34	1,45	250,6
<i>Zophoba</i>	2,02	3,93	1,31	186,3

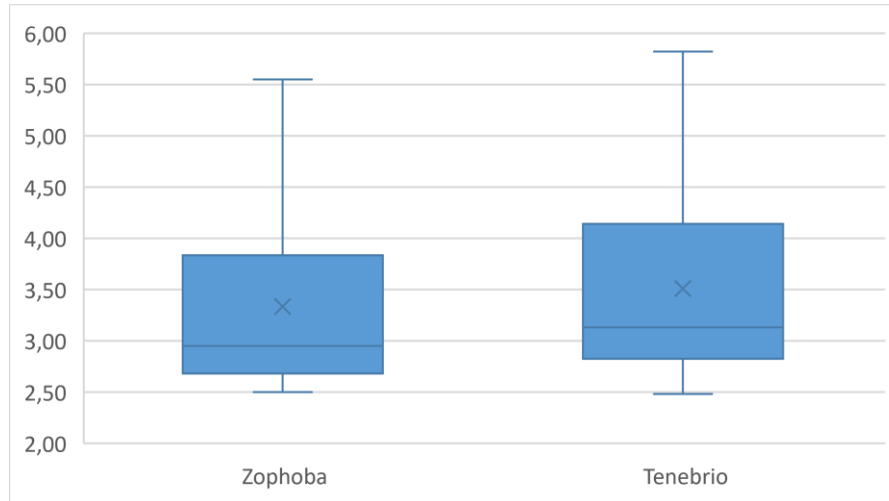
En la Tabla 5 se aprecia que el tratamiento con harina de *Tenebrio molitor* registró la mayor ganancia de peso y la tasa específica de crecimiento más alta, junto con un índice de condición ligeramente superior y el mayor incremento de biomasa total, lo que indica un mejor aprovechamiento de la dieta por parte de los alevines. El tratamiento con harina de *Zophoba morio* ocupó una posición intermedia, mientras que el tratamiento control presentó los valores más bajos en la mayoría de los indicadores considerados.

En la Figura 4 se aprecia la distribución del incremento de la longitud media de los alevines para los tratamientos con harina de *Zophoba morio* y *Tenebrio molitor*. El diagrama de cajas muestra que el tratamiento con *Tenebrio* presentó valores de incremento mayores en términos de mediana y promedio, además de un rango intercuartílico desplazado hacia longitudes más altas. En contraste, el tratamiento con *Zophoba* concentró la mayor parte de sus observaciones en valores inferiores, con una caja más baja y una mediana claramente por debajo de la registrada para *Tenebrio*. La presencia de puntos extremos indica que existieron algunos individuos con incrementos muy por encima o por debajo del resto, pero sin cambiar el patrón general: la dieta formulada con harina de *Tenebrio molitor* se asoció

a un aumento en longitud más marcado que la dieta con harina de *Zophoba morio*.

Figura 4

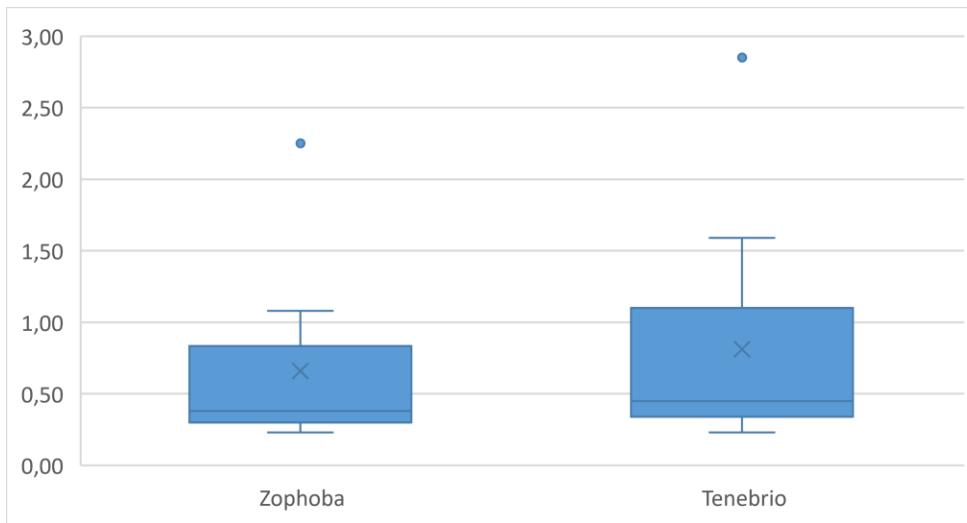
Incremento de la Longitud media (cm).



La Figura 5 resume el incremento de la masa media de los alevines en los tratamientos con harinas de *Zophoba morio* y *Tenebrio molitor*. De forma similar a lo observado en la longitud, el diagrama correspondiente a *Tenebrio* muestra una mediana y un promedio de incremento de peso superiores, con una caja situada en rangos de ganancia de masa más altos y un rango intercuartílico más amplio, lo que indica una mayor respuesta en términos de crecimiento ponderal. En el tratamiento con *Zophoba* la caja se ubica en valores menores, evidenciando un incremento de peso más limitado. Los valores atípicos representan algunos peces con respuestas extremas, pero el conjunto de los datos mantiene el mismo patrón: la dieta basada en harina de *Tenebrio molitor* favoreció un incremento de masa corporal mayor que la dieta con harina de *Zophoba morio* en el periodo evaluado.

Figura 5

Incremento de masa media (gr).

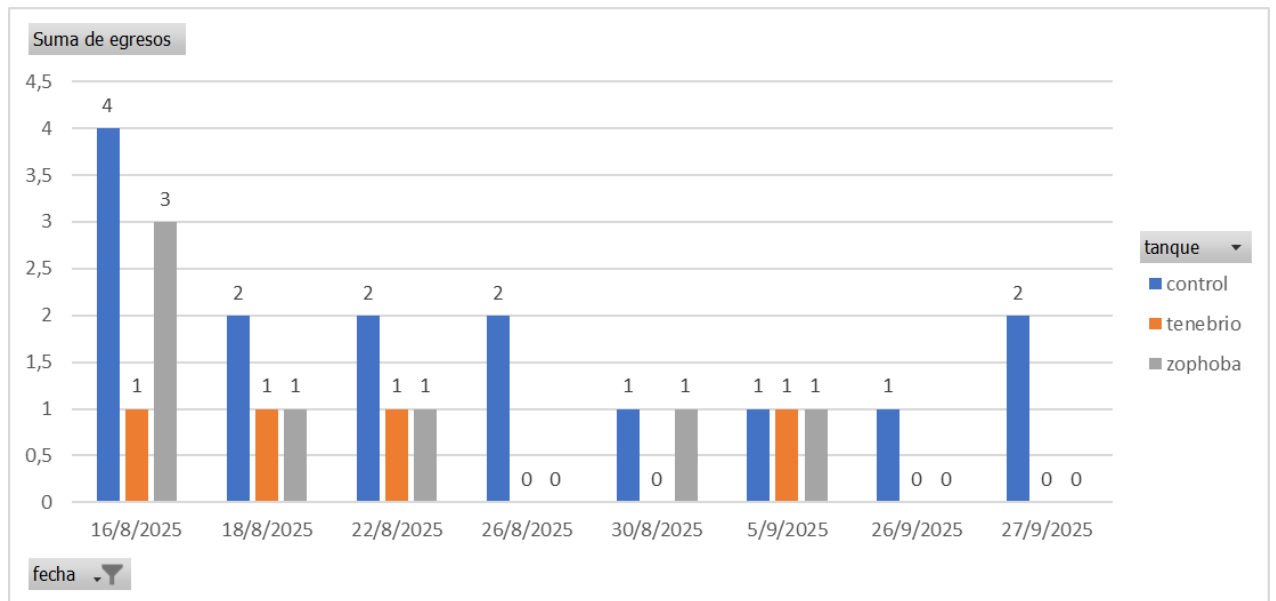


9.2. Supervivencia

Las tasas de supervivencia final se situaron en un rango entre 85 y 96 %, lo que, para condiciones de alevinaje en sistema intensivo, resulta compatible con un desempeño productivo adecuado y sin indicios de fallas graves en el manejo o en la calidad general del ambiente de cultivo. No obstante, la magnitud de la supervivencia no fue homogénea entre tratamientos y se observó una respuesta diferenciada según el tipo de dieta suministrada. De acuerdo con los registros finales, el tratamiento control, alimentado con la dieta comercial a base de harina de pescado, presentó 15 mortalidades y 85 organismos sobrevivientes, correspondientes a una supervivencia del 85 %. En el tratamiento con harina de *Tenebrio molitor* se registraron 4 mortalidades y 96 sobrevivientes, con una supervivencia del 96 %, mientras que el tratamiento con harina de *Zophoba morio* presentó 7 bajas y 93 peces vivos al final del ensayo, con una supervivencia del 93 %.

Figura 6

Registro de egresos por tratamiento.



9.3. Calidad del agua

9.3.1. Amonio (mg/L)

Durante el periodo experimental, la concentración de amonio en el agua de los tanques mostró diferencias entre tratamientos, aunque se mantuvo en valores relativamente bajos. En el tratamiento control, alimentado con la dieta comercial, los registros oscilaron entre 0 y 0,50 mg/L, con un valor medio cercano a 0,19 mg/L. En el tratamiento con harina de *Tenebrio molitor* las concentraciones se mantuvieron alrededor de 0,50 mg/L, con una media de 0,25 mg/L, mientras que en el tratamiento con harina de *Zophoba morio* se observaron los valores más elevados, entre 0,50 y 1,00 mg/L, con un promedio de 0,67 mg/L.

Tabla 6.

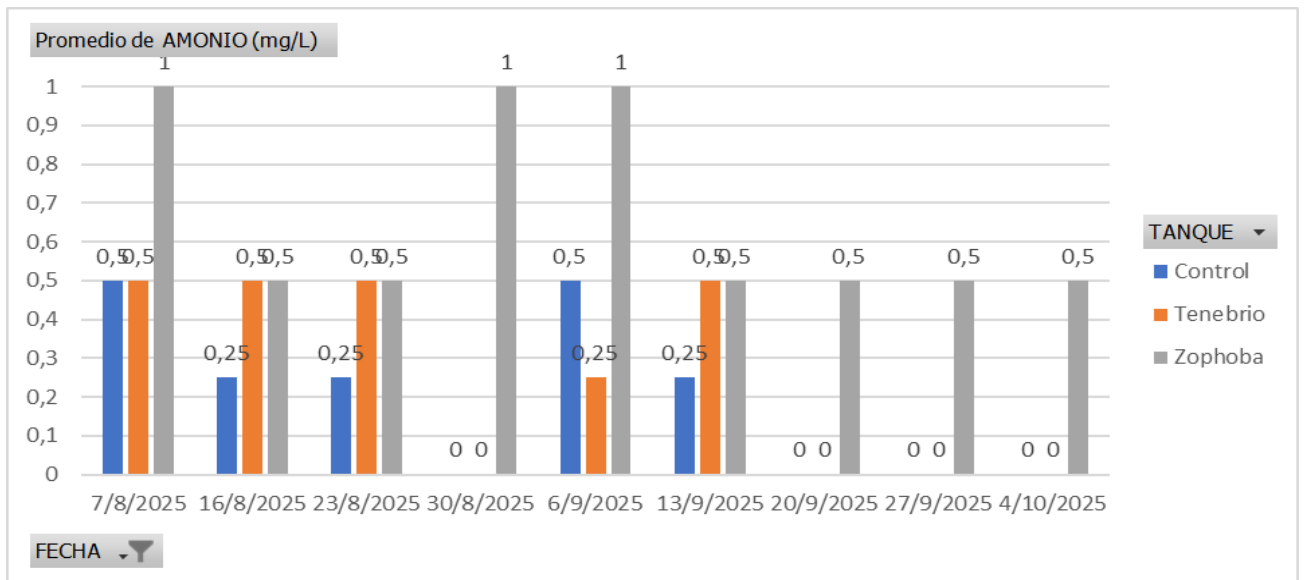
Concentración de amonio (mg/L) por tratamiento.

Tratamiento	Amonio mínimo	Amonio máximo	Amonio medio
Control	0,00	0,50	0,19
<i>Tenebrio</i>	0,50	0,50	0,25
Zophoba	0,50	1,00	0,67

En conjunto, estos resultados indican que el tratamiento con harina de *Zophoba morio* generó una carga amoniacal mayor a lo largo del ensayo, mientras que el tratamiento control y el tratamiento con *Tenebrio molitor* mantuvieron niveles más estables y próximos entre sí. A pesar de este incremento, las concentraciones de amonio permanecieron dentro de un rango bajo, lo que sugiere que el sistema de cultivo conservó una capacidad de nitrificación suficiente para evitar acumulaciones críticas durante el periodo de observación.

Figura 7

Amonio (mg/L) por tratamiento.



9.3.2. Nitrito (mg/L)

El nitrito presentó un comportamiento similar al descrito para el amonio, con valores más altos en el tratamiento con harina de *Zophoba morio* y niveles menores en los otros dos tratamientos. En el tratamiento control las concentraciones variaron entre 0,50 y 1,00 mg/L, con un promedio de 0,72 mg/L, mientras que en el tratamiento con harina de *Tenebrio molitor* se registró el mismo rango, con una media de 0,78 mg/L. En el tratamiento con *Zophoba morio* los valores fluctuaron entre 1,00 y 5,00 mg/L, alcanzando un promedio de 2,06 mg/L.

Tabla 7.

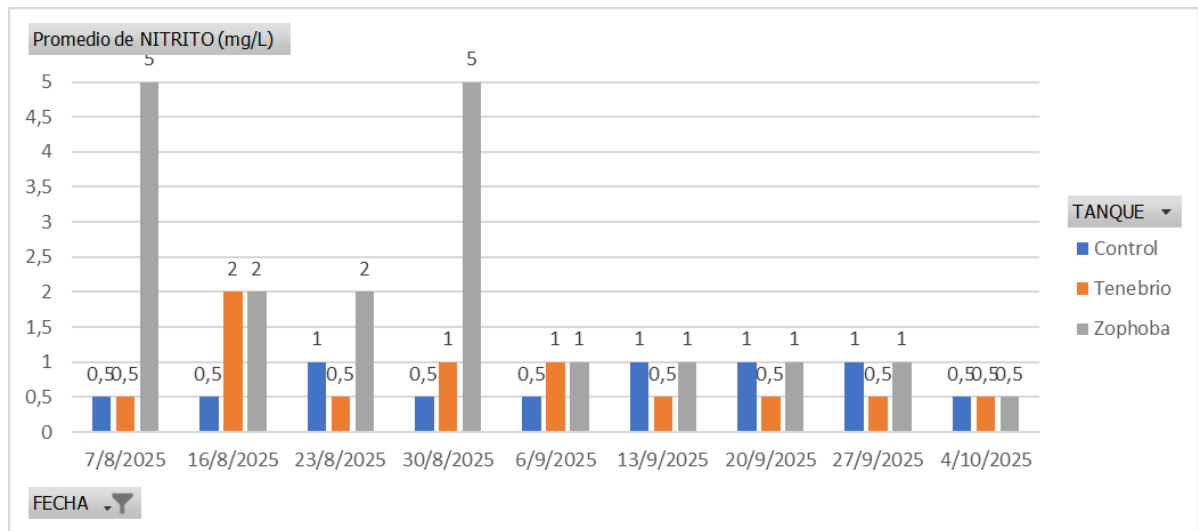
Concentración de nitrito (mg/L) por tratamiento.

Tratamiento	Nitrito mínimo	Nitrito máximo	Nitrito medio
Control	0,50	1,00	0,72
Tenebrio	0,50	1,00	0,78
Zophoba	1,00	5,00	2,06

De esta manera, los tanques correspondientes al tratamiento control y al tratamiento con harina de *Tenebrio molitor* mantuvieron concentraciones de nitrito relativamente estables, mientras que el tratamiento con *Zophoba morio* mostró incrementos más marcados a lo largo del ensayo. Aunque se registraron picos puntuales, las mediciones semanales indican que el sistema de cultivo consiguió transformar parte del amonio liberado por las dietas, evitando aumentos sostenidos de nitrito en los tratamientos control y *Tenebrio molitor*.

Figura 8

Nitrito (mg/L) en los tres tratamientos.



9.3.3. Nitrito (mg/L)

En el caso del nitrato, considerado la forma oxidada final del nitrógeno inorgánico en el sistema, se observó un gradiente más marcado entre tratamientos. El tratamiento control presentó concentraciones entre 5,0 y 10,0 mg/L, con un promedio de 11,11 mg/L, valores muy similares a los registrados en el tratamiento con harina de *Tenebrio molitor*, donde el rango también fue de 5,0

a 10,0 mg/L y la media fue de 10,56 mg/L. En contraste, el tratamiento con harina de *Zophoba morio* alcanzó los valores más altos, entre 10,0 y 20,0 mg/L, con un promedio cercano a 18,89 mg/L.

Tabla 8.

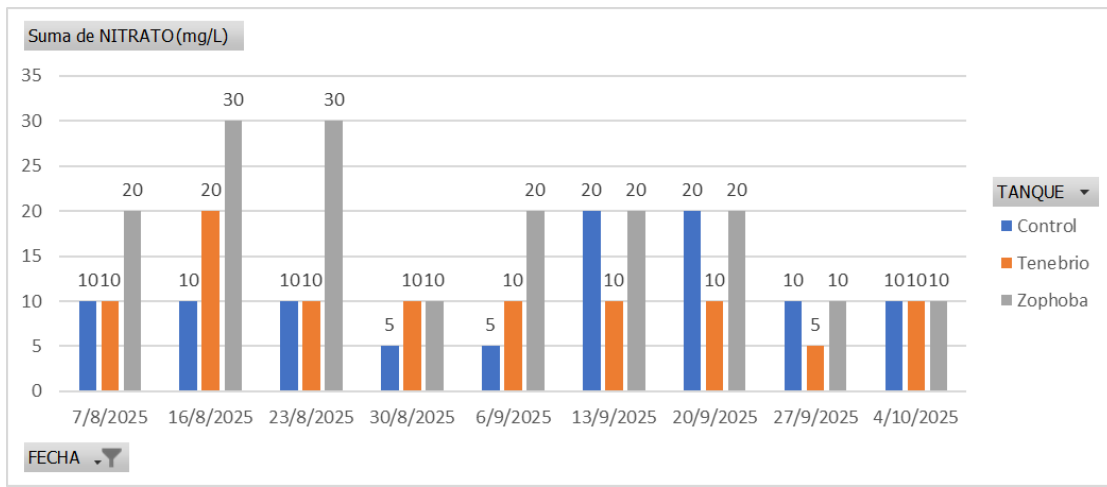
Concentración de nitrato (mg/L) por tratamiento.

Tratamiento	Nitrato mínimo	Nitrato máximo	Nitrato medio
Control	5,0	10,0	11,11^b
<i>Tenebrio</i>	5,0	10,0	10,56^b
<i>Zophoba</i>	10,0	20,0	18,89^a

Este patrón sugiere que el sistema transformó el amonio y el nitrito provenientes de las dietas en nitrato, especialmente en el tratamiento con *Zophoba morio*, donde la carga nitrogenada asociada al alimento fue mayor. Sin embargo, las concentraciones registradas se mantuvieron dentro de un rango compatible con el cultivo de tilapia en sistemas intensivos, lo que indica que, a pesar de las diferencias entre tratamientos, la calidad del agua se conservó en niveles aceptables durante el ensayo.

Figura 9

Nitrato (mg/L) por tratamiento.



9.4. Caracterización bromatológica de las dietas

9.4.1. Composición proximal de las dietas

La caracterización bromatológica de las dietas experimentales mostró diferencias claras en la composición proximal entre la mezcla elaborada con harina de *Tenebrio molitor* (M1) y la formulada con harina de *Zophoba morio* (M2). En la dieta M1 se registró el mayor contenido de proteína bruta, con un valor cercano al 40 %, mientras que en la dieta M2 la proteína se situó alrededor del 38 %. Ambos valores se encuentran dentro del rango recomendado para dietas prácticas destinadas a alevines de tilapia, por lo que, desde el punto de vista proteico, las dos formulaciones pueden considerarse adecuadas para la etapa de alevinaje.

En cuanto a la fracción lipídica, la dieta M2 presentó el mayor porcentaje de extracto etéreo, con aproximadamente 20 %, frente a un valor cercano al 17 % en M1. Esta diferencia se refleja en el aporte energético estimado, ya que la dieta con harina de *Zophoba morio* mostró una densidad energética ligeramente superior a la de la dieta con *Tenebrio molitor*. Los carbohidratos totales y la fibra dietética se mantuvieron en rangos moderados en ambas dietas, con un contenido algo

mayor de carbohidratos en la mezcla de *Tenebrio* y valores de fibra muy similares entre tratamientos, mientras que las cenizas presentaron porcentajes cercanos entre sí, lo que indica aportes comparables de minerales totales.

En conjunto, la composición proximal sugiere que la dieta con *Tenebrio molitor* ofrece una mayor proporción de proteína con un nivel moderado de grasa, mientras que la dieta con *Zophoba morio* aporta algo menos de proteína, pero una fracción lipídica más elevada y, en consecuencia, una mayor energía metabolizable. Estas diferencias ayudan a explicar, al menos en parte, el mejor desempeño zootécnico observado en el tratamiento con *Tenebrio molitor* y la mayor carga de nitrógeno oxidado en el agua asociada al tratamiento con *Zophoba morio*.

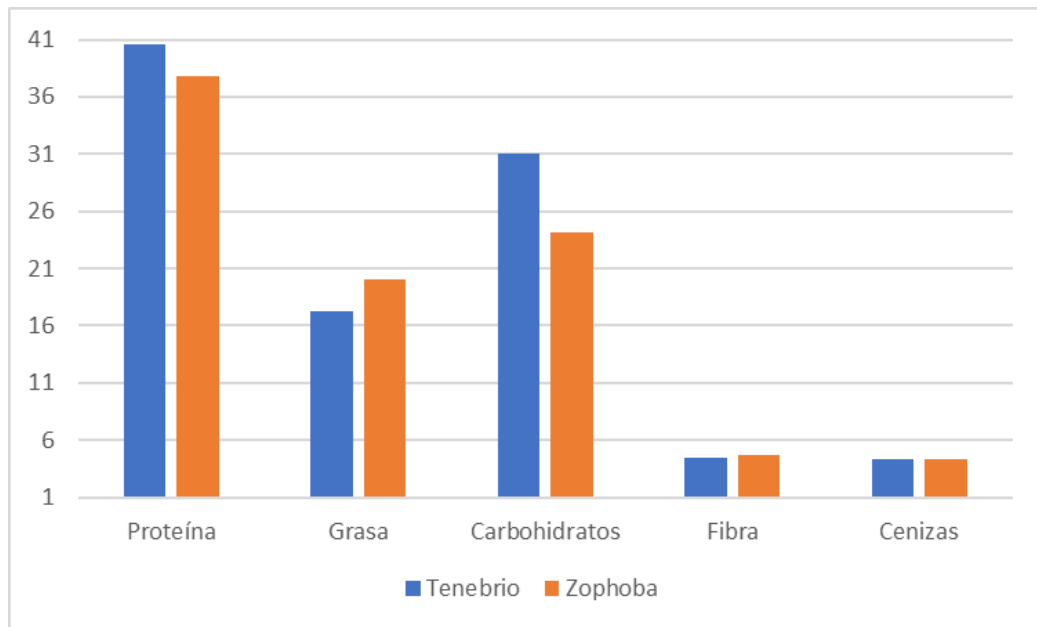
Tabla 9.

Composición proximal (%) de las dietas experimentales con harina de insectos.

Parámetro	M1 – <i>Tenebrio</i>	M2 – <i>Zophoba</i>
Carbohidratos totales (%)	31,0	24,2
Fibra dietética (%)	4,5	4,7
Cenizas (%)	4,3	4,3
Grasa / extracto etéreo (%)	17,3	20,0
Proteína bruta (%)	40,6	37,8

Figura 10

Comparación de la composición proximal de las dos dietas experimentales.



9.4.2. Perfil vitamínico de las dietas

Además de la composición proximal, se determinó el contenido de vitaminas liposolubles y del complejo B en las dietas experimentales. En términos generales, ambas formulaciones presentaron un perfil vitamínico amplio y compatible con los requerimientos nutricionales de los alevines de tilapia, sin indicios de deficiencias marcadas. La dieta M1, elaborada con harina de *Tenebrio molitor*, mostró concentraciones ligeramente superiores de varias vitaminas, entre ellas la vitamina E y diferentes vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina y niacina), micronutrientes que participan de forma directa en procesos de protección frente al estrés oxidativo y en el metabolismo energético de los peces.

La dieta M2, formulada con harina de *Zophoba morio*, presentó valores muy próximos a los de M1 en la mayoría de las vitaminas determinadas, manteniéndose dentro de rangos considerados adecuados para dietas prácticas. Las diferencias observadas fueron, en general, de

pequeña magnitud y no sugieren una desventaja nutricional marcada en cuanto a micronutrientes, aunque la ligera ventaja de *Tenebrio molitor* en vitamina E y vitaminas del complejo B podría contribuir a un mejor estado fisiológico y a una respuesta de crecimiento más eficiente en el tratamiento correspondiente.

En conjunto, los resultados del análisis vitamínico confirman que las dos dietas basadas en harinas de tenebriónidos aportaron niveles adecuados de micronutrientes para el desarrollo de los alevines, por lo que las variaciones observadas en crecimiento, supervivencia y calidad del agua se asocian principalmente al balance entre proteína y energía y a la forma en que cada tratamiento aprovechó el nitrógeno dietario, más que a posibles carencias vitamínicas.

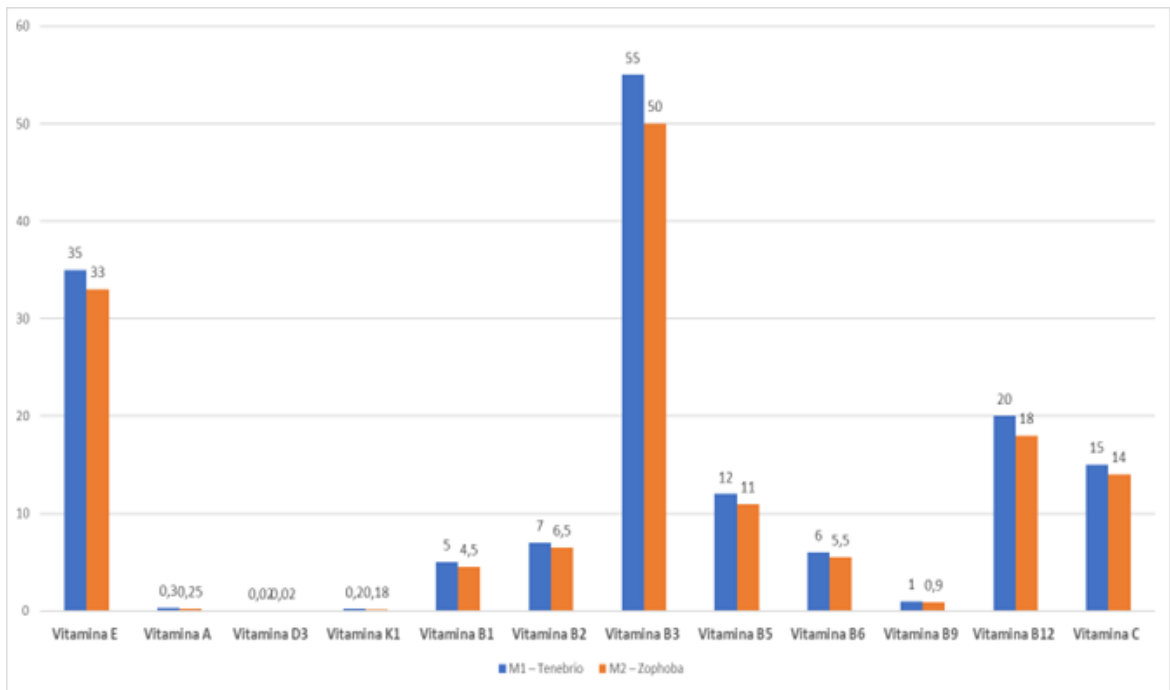
Tabla 10.

Aporte energético estimado de las dietas experimentales.

Parámetro energético	M1 – <i>Tenebrio</i>	M2 – <i>Zophoba</i>
Energía por grasa (kcal/kg)	≈ 156	≈ 180
Energía total estimada (kcal/kg)	≈ 420	≈ 428

Figura 11

Perfil vitamínico de las dietas experimentales.



CAPÍTULO V

10. DISCUSIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

10.1. Discusión

Al revisar de manera conjunta los resultados de crecimiento, supervivencia, calidad del agua y composición de las dietas, se observa un patrón bastante consistente: el tratamiento alimentado con la dieta formulada a base de harina de *Tenebrio molitor* se ubicó por encima de los demás en la mayoría de los indicadores, el tratamiento con *Zophoba morio* mostró un desempeño intermedio y el tratamiento control, con dieta comercial a base de harina de pescado, quedó en último lugar. Esta tendencia se repite en la ganancia de peso, la tasa específica de crecimiento, el índice de condición, el incremento de biomasa total y la supervivencia, lo que sugiere que las harinas de tenebriónidos utilizadas fueron capaces de cubrir adecuadamente los requerimientos nutricionales de los alevines de tilapia en las condiciones del ensayo. Fontes indicaba que la inclusión de harina de *T. molitor* en dietas para tilapia puede mantener, e incluso mejorar, el crecimiento y la conversión alimenticia siempre que la dieta se formule respetando un balance apropiado entre proteína y energía, algo que coincide con lo observado en este estudio.

En el caso del tratamiento con *Tenebrio molitor*, la dieta presentó el mayor contenido de proteína bruta y una fracción lipídica moderada, además de valores apreciables de vitamina E y vitaminas del complejo B. Henry señalaba que, en peces cultivados, una relación equilibrada entre proteína digerible y energía metabolizable permite que la proteína se destine principalmente a la síntesis de nuevos tejidos y no a la producción de energía, lo que se traduce en mejores tasas de crecimiento y en un uso más eficiente del alimento. Los resultados de este trabajo apuntan en esa dirección: los alevines alimentados con la dieta de *Tenebrio* alcanzaron mayores longitudes y

masas finales, mostraron un índice de condición ligeramente superior y presentaron la supervivencia más alta del experimento.

El tratamiento con *Zophoba morio* presentó una situación diferente. Aunque la dieta permitió un crecimiento y una supervivencia mejores que la dieta comercial, su desempeño fue inferior al de *Tenebrio* y se acompañó de concentraciones más altas de nitrito y nitrato en el agua. La dieta de *Zophoba* se caracterizó por un contenido de grasa y una energía total mayores, con una proporción de proteína algo menor. Khalil indicaba que, cuando la energía de la dieta es relativamente alta o el balance de nutrientes no se ajusta a los requerimientos de la especie, una fracción mayor de la proteína ingerida no se incorpora al crecimiento, sino que se cataboliza y se excreta en forma de compuestos nitrogenados. Este planteamiento ayuda a explicar por qué el tratamiento con *Zophoba morio* estuvo asociado a los valores medios más altos de nitrógeno oxidado, pese a que el crecimiento fue aceptable: la dieta se aprovechó, pero probablemente con una eficiencia menor en términos de retención de nitrógeno.

En los tres tratamientos las concentraciones de amonio, nitrito y nitrato se mantuvieron dentro de rangos considerados tolerables para tilapia en sistemas intensivos. Camargo indicaba que esta especie posee una tolerancia relativamente amplia a los compuestos nitrogenados si se compara con otros peces de cultivo, aunque también advertía que niveles sostenidos de nitrito y nitrato por encima de ciertos límites pueden afectar el crecimiento y comprometer la salud a largo plazo. De manera similar, Dauda señalaba que la acumulación de estos compuestos suele estar asociada tanto a dietas menos eficientes como a prácticas de manejo que no controlan adecuadamente la carga orgánica del sistema. En el presente estudio no se registraron episodios de mortalidad masiva ni signos claros de intoxicación, lo que sugiere que el sistema de cultivo y las prácticas de manejo fueron suficientes para amortiguar los efectos de las diferencias entre dietas;

sin embargo, el comportamiento del tratamiento con *Zophoba* indica que en sistemas con menor recambio de agua o tiempos de cultivo más prolongados podría ser necesario extremar el monitoreo para evitar problemas.

La comparación con el tratamiento control es especialmente relevante, porque la dieta comercial representa lo que se utiliza en muchos sistemas de engorde y alevinaje. En este caso, el alimento comercial produjo los menores incrementos de longitud y masa, así como la supervivencia más baja. Nogales-Mérida comentaba que las harinas de insecto, cuando se formulan de manera adecuada, pueden sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado sin deteriorar el crecimiento; incluso, en algunos casos, se ha reportado un desempeño superior, siempre que el perfil de aminoácidos esenciales se ajuste a las necesidades de la especie. Los resultados obtenidos respaldan esa idea y muestran que, para las condiciones de este ensayo, las dietas con harinas de tenebriónidos no solo igualaron, sino que superaron el comportamiento de la dieta comercial en términos de crecimiento y supervivencia, con especial énfasis en el tratamiento con *Tenebrio molitor*.

Por último, es importante insistir en la principal limitación del estudio. El diseño experimental se basó en un solo tanque por tratamiento, sin réplicas independientes. Tal como se señala en la revisión metodológica, en estas condiciones no es posible estimar de manera confiable el error experimental ni aplicar pruebas estadísticas de comparación entre tratamientos. Por esa razón, los resultados deben interpretarse como descripciones de tendencias y no como evidencias concluyentes de superioridad de una dieta sobre otra. Aun así, la coherencia del patrón observado entre los diferentes indicadores sugiere que las harinas de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* tienen un potencial real como ingredientes alternativos para la alimentación de alevines de tilapia, y ofrece una base útil para diseñar estudios posteriores con diseños más robustos.

10.2. Conclusiones

La dieta formulada con harina de *Tenebrio molitor* permitió alcanzar los mejores resultados de desempeño zootécnico en los alevines de tilapia, reflejados en mayores incrementos de longitud y masa, mayor ganancia total de peso, tasas específicas de crecimiento más altas, un índice de condición ligeramente superior y la supervivencia más elevada del ensayo, en comparación con el tratamiento con harina de *Zophoba morio*, el cual de todas formas mostró valores superiores a los del tratamiento control.

Por otro lado, dieta elaborada con harina de *Zophoba morio* estuvo asociada a valores medios más altos de nitrito y nitrato en el agua, aunque dentro de rangos compatibles con el cultivo de tilapia, lo que sugiere una utilización del nitrógeno dietario menos eficiente que en el tratamiento con *T. molitor*, en el cual además de valores biométricos superiores asociados a un mejor aprovechamiento nutricional, los niveles de nitritos, nitratos y amonio eran mínimos al igual que en la dieta control.

La caracterización bromatológica de las dietas experimentales confirmó que la dieta con harina de *Tenebrio molitor* presentó un mayor contenido de proteína y un perfil vitamínico ligeramente más favorable, mientras que la dieta con *Zophoba morio* aportó una fracción lipídica y una energía total más elevadas. Estas diferencias en la composición proximal se reflejaron en el desempeño de los peces y en la dinámica de los compuestos nitrogenados en el agua. No obstante, debido a la ausencia de réplicas experimentales independientes por tratamiento, las conclusiones derivadas de este estudio deben considerarse exploratorias y válidas únicamente para las condiciones específicas del ensayo.

10.3. Recomendaciones

Considerar el uso de harina de *Tenebrio molitor* como opción prioritaria para la formulación de dietas destinadas a alevines de tilapia en sistemas de cultivo similares al evaluado, ya que en este estudio se asoció a un mejor desempeño en crecimiento y supervivencia, manteniendo al mismo tiempo concentraciones de compuestos nitrogenados compatibles con una buena calidad del agua.

Emplear la harina de *Zophoba morio* como ingrediente alternativo viable, procurando ajustar el nivel de inclusión y la relación proteína:energía de la dieta para evitar un exceso de fracción lipídica, y acompañar su uso con un monitoreo frecuente de amonio, nitrito y nitrato, de modo que se puedan aplicar medidas de manejo oportunas si se detectan incrementos sostenidos de nitrógeno oxidado en el sistema de cultivo.

Desarrollar estudios futuros que incorporen réplicas independientes por tratamiento y formulaciones con niveles de proteína y energía claramente definidos, así como evaluar combinaciones de harinas de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* y su integración en esquemas de economía circular. De esta manera será posible confirmar los patrones observados, fortalecer la evidencia sobre el uso de harinas de tenebriónidos como alternativa parcial a la harina de pescado y avanzar hacia sistemas de producción de tilapia más sostenibles desde el punto de vista nutricional y ambiental.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Alvan-Aguilar, M. A., Tello-García, P., Chu-Ochoa, Y. F., & Chu-Koo, F. W. (2023). Reemplazo de la harina de pescado por harina de *Tenebrio molitor* en dietas para crustáceos: Efectos en el crecimiento y la respuesta inmune. *Revista Peruana de Investigación Agropecuaria*, 2(2), e51. <https://doi.org/10.56926/repia.v2i2.51>
- Alves, A. P. D. C., Paulino, R. R., Pereira, R. T., Costa, D. V., & Rosa, P. V. (2021a). Nile tilapia fed insect meal: Growth and innate immune response in different times under lipopolysaccharide challenge. *Aquaculture Research*, 52(2), 529-540. <https://doi.org/10.1111/are.14911>
- Alves, A. P. D. C., Paulino, R. R., Pereira, R. T., Costa, D. V., & Rosa, P. V. (2021b). Nile tilapia fed insect meal: Growth and innate immune response in different times under lipopolysaccharide challenge. *Aquaculture Research*, 52(2), 529-540. <https://doi.org/10.1111/are.14911>
- Asimaki, A., Psafakis, P., Gkalogianni, E.-Z., Katouni, A.-M., Berillis, P., Kormas, K. A., Rumbos, C. I., Athanassiou, C. G., Vasilaki, A., Fountoulaki, E., Henry, M., Mente, E., Gisbert, E., & Karapanagiotidis, I. T. (2025). The Effects of Dietary Fishmeal Substitution by Full-Fat and Defatted *Zophobas morio* Larvae Meals on Juvenile Gilthead Seabream (*Sparus aurata*): An Integrative Approach. *Aquaculture Nutrition*, 2025(1), 8885509. <https://doi.org/10.1155/anu/8885509>
- Buck, B. H., & Langan, R. (Eds.). (2017). *Aquaculture Perspective of Multi-Use Sites in the Open Ocean*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-51159-7>
- Camargo, J. A., Alonso, A., & Salamanca, A. (2005). Nitrate toxicity to aquatic animals: A review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere*, 58(9), 1255-1267. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.10.044>
- Chandrapalan, T., & Kwong, R. W. M. (2021). Functional significance and physiological regulation of essential trace metals in fish. *Journal of Experimental Biology*, 224(24), jeb238790. <https://doi.org/10.1242/jeb.238790>

- Chemello, G., Biasato, I., Gai, F., Capucchio, M. T., Colombino, E., Schiavone, A., Gasco, L., & Pauciullo, A. (2021a). Effects of *Tenebrio molitor* larvae meal inclusion in rainbow trout feed: Myogenesis-related gene expression and histomorphological features. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1211-1221. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1945959>
- Chemello, G., Biasato, I., Gai, F., Capucchio, M. T., Colombino, E., Schiavone, A., Gasco, L., & Pauciullo, A. (2021b). Effects of *Tenebrio molitor* larvae meal inclusion in rainbow trout feed: Myogenesis-related gene expression and histomorphological features. *Italian Journal of Animal Science*, 20(1), 1211-1221. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1945959>
- Chew, S. F., Wilson, J. M., Ip, Y. K., & Randall, D. J. (2005). Nitrogen Excretion And Defense Against Ammonia Toxicity. En *Fish Physiology* (Vol. 21, pp. 307-395). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(05\)21008-7](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(05)21008-7)
- Dağdelen, Y., & Taşbozan, O. (2023). Determination of Growth and Nutritional Composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed With L-Glutamic Acid Supplemented Feeds. *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgah*, 75(2). <https://doi.org/10.46989/001c.90850>
- Dauda, A. B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A. S., & Akinwale, A. O. (2019). Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries*, 4(3), 81-88. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002>
- Debnath, S., Parvez, Md. S., Sadia, S., Hossain, K. M. R., & Ahsan, Md. N. (2025). Effect of Dietary Protein Levels on Growth, Body Composition, and Haematology of Tilapia in Biofloc Without Solid Management System. *Aquaculture, Fish and Fisheries*, 5(1), e70046. <https://doi.org/10.1002/aff2.70046>
- Drosdowech, S., Bezner, S., Daisley, B., Chiasson, M., Easton, A., Rooney, N., & Huyben, D. (2024). Influence of feeding black soldier fly (*Hermetia illucens*), cricket (*Grylloides sigillatus*), and superworm (*Zophobas morio*) on the gut microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Applied Microbiology*, 135(12), lxae295. <https://doi.org/10.1093/jambio/lxae295>
- Ebling, M. L. P., Taschetto, E. A., Pelizari, A., Pietro, B. C., Loureiro, B. B., Lazzari, R., Borille, R., &

- Lovatto, N. D. M. (2025). Tenebrio Molitor larvae meal and evaluation of nutritional composition and apparent digestibility coefficient in silver catfish (*Rhamdia quelen*) feed. *Ciência Rural*, 55(9), e20240408. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20240408>
- Eggink, K. M., Pedersen, P. B., Lund, I., & Dalsgaard, J. (2022a). Chitin digestibility and intestinal exochitinase activity in Nile tilapia and rainbow trout fed different black soldier fly larvae meal size fractions. *Aquaculture Research*, 53(16), 5536-5546. <https://doi.org/10.1111/are.16035>
- Eggink, K. M., Pedersen, P. B., Lund, I., & Dalsgaard, J. (2022b). Chitin digestibility and intestinal exochitinase activity in Nile tilapia and rainbow trout fed different black soldier fly larvae meal size fractions. *Aquaculture Research*, 53(16), 5536-5546. <https://doi.org/10.1111/are.16035>
- 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(1), 2442308. <https://doi.org/10.1155/2024/2442308>
- Emerson, K., Russo, R. C., Lund, R. E., & Thurston, R. V. (1975). Aqueous Ammonia Equilibrium Calculations: Effect of pH and Temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32(12), 2379-2383. <https://doi.org/10.1139/f75-274>
- Engdaw, F. (2023). Morphometric relations and diet compositions of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn. 1758) in Lake Tana Gorgora gulf, Ethiopia. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 26(3), 169-180. <https://doi.org/10.47853/FAS.2023.e14>
- Fontes, T. V., De Oliveira, K. R. B. D., Gomes Almeida, I. L., Maria Orlando, T. M., Rodrigues, P. B., Costa, D. V. D., & Rosa, P. V. E. (2019a). Digestibility of Insect Meals for Nile Tilapia Fingerlings. *Animals*, 9(4), 181. <https://doi.org/10.3390/ani9040181>
- Fontes, T. V., De Oliveira, K. R. B. D., Gomes Almeida, I. L., Maria Orlando, T. M., Rodrigues, P. B., Costa, D. V. D., & Rosa, P. V. E. (2019b). Digestibility of Insect Meals for Nile Tilapia Fingerlings. *Animals*, 9(4), 181. <https://doi.org/10.3390/ani9040181>

- Freccia, A., Sergio Bee Tubin, J., Nishioka Rombenso, A., & Gustavo Coelho Emerenciano, M. (2020). Insects in Aquaculture Nutrition: An Emerging Eco-Friendly Approach or Commercial Reality? En Q. Lu & M. Serajuddin (Eds.), *Emerging Technologies, Environment and Research for Sustainable Aquaculture*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.90489>
- Ghosh, D., Mondal, K., Das, S., Haque, S., Mukherjee, K., & Das, A. (2024). Bioconversion of insect protein biomass into a fishmeal alternate for freshwater fish, *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852) diets. *Journal of Insects as Food and Feed*, *11*(6), 1119-1130. <https://doi.org/10.1163/23524588-00001111>
- Gwaza, T., Kang'ombe, J., Sikawa, D., Simfukwe, K., Singoyi, P., Mphande, J., & Kaunda, E. (2025a). Growth, feed utilization and digestibility of *Oreochromis shiranus* (Boulenger 1905) fed dietary yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) meal raised in earthen ponds. *Cogent Food & Agriculture*, *11*(1), 2519813. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2519813>
- Gwaza, T., Kang'ombe, J., Sikawa, D., Simfukwe, K., Singoyi, P., Mphande, J., & Kaunda, E. (2025b). Growth, feed utilization and digestibility of *Oreochromis shiranus* (Boulenger 1905) fed dietary yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) meal raised in earthen ponds. *Cogent Food & Agriculture*, *11*(1), 2519813. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2519813>
- Harsányi, E., Juhász, C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., Fekete, G., Varga, Z. I., Aleksza, L., & Gyuricza, C. (2020). Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements. *Insects*, *11*(9), 604. <https://doi.org/10.3390/insects11090604>
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015a). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, *203*, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001>
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G., & Fountoulaki, E. (2015b). Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, *203*, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.03.001>

- Hong, J., Han, T., & Kim, Y. Y. (2020). Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal: A Review. *Animals*, *10*(11), 2068.
<https://doi.org/10.3390/ani10112068>
- Ihuț, A., Răducu, C., Uiuu, P., & Munteanu, C. (2025). From Gut to Fillet: Comprehensive Effects of *Tenebrio molitor* in Fish Nutrition. *Fishes*, *10*(9), 468. <https://doi.org/10.3390/fishes10090468>
- Ip, Y. (2010). Ammonia production, excretion, toxicity, and defense in fish: A review. *Frontiers in Physiology*, *1*. <https://doi.org/10.3389/fphys.2010.00134>
- Khalil, H. S., Momoh, T., Al-Kenawy, D., Yossa, R., Badreldin, A. M., Roem, A., Schrama, J., & Verdegem, M. (2021). Nitrogen retention, nutrient digestibility and growth efficiency of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed dietary lysine and reared in fertilized ponds. *Aquaculture Nutrition*, *27*(6), 2320-2332. <https://doi.org/10.1111/anu.13365>
- Kuan, Z.-J., Chan, B. K.-N., & Gan, S. K.-E. (2022a). Worming the Circular Economy for Biowaste and Plastics: *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, and *Zophobas morio*. *Sustainability*, *14*(3), 1594. <https://doi.org/10.3390/su14031594>
- Kuan, Z.-J., Chan, B. K.-N., & Gan, S. K.-E. (2022b). Worming the Circular Economy for Biowaste and Plastics: *Hermetia illucens*, *Tenebrio molitor*, and *Zophobas morio*. *Sustainability*, *14*(3), 1594. <https://doi.org/10.3390/su14031594>
- Lall, S. P., & Kaushik, S. J. (2021). Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish. *Animals*, *11*(9), 2711. <https://doi.org/10.3390/ani11092711>
- Looking at edible insects from a food safety perspective.* (2021). FAO. <https://doi.org/10.4060/cb4094en>
- Lopes, P. F. M., Carvalho, A. R., Villasante, S., & Henry-Silva, G. G. (2018). Fisheries or aquaculture? Unravelling key determinants of livelihoods in the Brazilian semi-arid region. *Aquaculture Research*, *49*(1), 232-242. <https://doi.org/10.1111/are.13452>
- M. D. Abd Rahman Jabir. (2012). Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. *African Journal of Biotechnology*, *11*(24). <https://doi.org/10.5897/AJB11.1084>

- Madjos, G. G. (2019). Formulation of *Tenebrio Molitor* (Mealworm) Larvae Pellet for *Oreochromis Niloticus* (Nile Tilapia) Feed Production. *International Journal of Oceanography & Aquaculture*, 3(3). <https://doi.org/10.23880/ijoac-16000174>
- Mattioli, S., Fratini, F., Cacchiarelli, C., Martinis, V., Tuccinardi, T., Paci, G., Dal Bosco, A., & Mancini, S. (2024). Chemical composition, fatty acid profile, antioxidant content, and microbiological loads of lesser mealworm, mealworm, and superworm larvae. *Italian Journal of Animal Science*, 23(1), 125-137. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2293856>
- Motte, C., Rios, A., Lefebvre, T., Do, H., Henry, M., & Jintasatporn, O. (2019). Replacing Fish Meal with Defatted Insect Meal (Yellow Mealworm *Tenebrio molitor*) Improves the Growth and Immunity of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Animals*, 9(5), 258. <https://doi.org/10.3390/ani9050258>
- Mousavi, S., Zahedinezhad, S., & Loh, J. Y. (2020a). A review on insect meals in aquaculture: The immunomodulatory and physiological effects. *International Aquatic Research*, 12(2). [https://doi.org/10.22034/iar\(20\).2020.1897402.1033](https://doi.org/10.22034/iar(20).2020.1897402.1033)
- Mousavi, S., Zahedinezhad, S., & Loh, J. Y. (2020b). A review on insect meals in aquaculture: The immunomodulatory and physiological effects. *International Aquatic Research*, 12(2). [https://doi.org/10.22034/iar\(20\).2020.1897402.1033](https://doi.org/10.22034/iar(20).2020.1897402.1033)
- 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>
- 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>
- Oliveira, J. S., Ribeiro, C. D. F., Souza, C. O. D., & Ribeiro, C. V. D. M. (2025). Mapping the use of insects in animal feed: Scientific and technological data of *Tenebrio molitor*, *Hermetia illucens*, and *Zophobas morio*. *Animal Production Science*, 65(9). <https://doi.org/10.1071/AN24415>

- Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2021a). The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A ‘Sleeping Giant’ in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science*, 21(2), 13. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab014>
- Rumbos, C. I., & Athanassiou, C. G. (2021b). The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera:Tenebrionidae): A ‘Sleeping Giant’ in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science*, 21(2), 13. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab014>
- Sánchez-Muros, M.-J., Barroso, F. G., & Manzano-Agugliaro, F. (2014a). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>
- Sánchez-Muros, M.-J., Barroso, F. G., & Manzano-Agugliaro, F. (2014b). Insect meal as renewable source of food for animal feeding: A review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 16-27. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.068>
- Social and economic performance of tilapia farming in Brazil*. (2019). FAO. <https://doi.org/10.4060/CA5304EN>
- Tran, H. Q., Nguyen, T. T., Prokešová, M., Gebauer, T., Doan, H. V., & Stejskal, V. (2022). Systematic review and meta-analysis of production performance of aquaculture species fed dietary insect meals. *Reviews in Aquaculture*, 14(3), 1637-1655. <https://doi.org/10.1111/raq.12666>
- Tubin, J. S. B., Boeing, E. W., Ghizzo, J. B., Freccia, A., & Emerenciano, M. G. C. (2023a). Níveis de inclusão de farinha de inseto (*Tenebrio molitor*) em dietas de tilápia do Nilo em tanques de recirculação. *Research, Society and Development*, 12(10), e18121043276. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i10.43276>
- Tubin, J. S. B., Boeing, E. W., Ghizzo, J. B., Freccia, A., & Emerenciano, M. G. C. (2023b). Níveis de inclusão de farinha de inseto (*Tenebrio molitor*) em dietas de tilápia do Nilo em tanques de recirculação. *Research, Society and Development*, 12(10), e18121043276. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i10.43276>
- Tubin, J. S. B., Paiano, D., Hashimoto, G. S. D. O., Furtado, W. E., Martins, M. L., Durigon, E., &

- Emerenciano, M. G. C. (2020a). Tenebrio molitor meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. *Aquaculture*, 519, 734763. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734763>
- Tubin, J. S. B., Paiano, D., Hashimoto, G. S. D. O., Furtado, W. E., Martins, M. L., Durigon, E., & Emerenciano, M. G. C. (2020b). Tenebrio molitor meal in diets for Nile tilapia juveniles reared in biofloc system. *Aquaculture*, 519, 734763. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734763>
- Villarreal, H. (2023). Shrimp farming advances, challenges, and opportunities. *Journal of the World Aquaculture Society*, 54(5), 1092-1095. <https://doi.org/10.1111/jwas.13027>
- Zhang, J., Dong, Y., Song, K., Wang, L., Li, X., Tan, B., Lu, K., & Zhang, C. (2022). Effects of the Replacement of Dietary Fish Meal with Defatted Yellow Mealworm (*Tenebrio molitor*) on Juvenile Large Yellow Croakers (*Larimichthys crocea*) Growth and Gut Health. *Animals*, 12(19), 2659. <https://doi.org/10.3390/ani12192659>

12. ANEXOS

Anexo 1. Planteamiento del problema

¿La harina de *Tenebrio molitor* y *Zophoba morio* puede sustituir eficientemente a la harina de pescado como fuente proteica para la elaboración de alimento balanceado para alevines de tilapia?

Anexo 2. Promedios de longitud y masa

7/8/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
control	2,44	0,22
zophoba	2,5	0,23
tenebrio	2,48	0,23

16/8/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
Control	2,56	0,25
Zophoba	2,62	0,28
Tenebrio	2,76	0,32

23/8/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
Control	2,74	0,31
Zophoba	2,74	0,32
Tenebrio	2,89	0,36

30/8/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
Control	2,78	0,32
Zophoba	2,74	0,33
Tenebrio	2,89	0,36

6/9/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
Control	3,06	0,41
Zophoba	2,95	0,38
Tenebrio	3,13	0,45

13/9/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
Control	3,09	0,42
Zophoba	3,23	0,48
Tenebrio	3,33	0,53

20/9/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
Control	3,31	0,59
Zophoba	3,37	0,59
Tenebrio	3,62	0,61

27/9/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
Control	3,94	0,83
Zophoba	4,3	1,08
Tenebrio	4,66	1,59

4/10/2025

Tanque	Longitud media (cm)	Masa media (g)
Control	5,03	1,8
Zophoba	5,55	2,25
Tenebrio	5,82	2,85

Anexo 3. Valores de compuestos nitrogenadas

FECHA	TANQUE	AMONIO (mg/L)	NITRITO (mg/L)	NITRATO (mg/L)
7/8/2025	Control	0,5	0,5	10

	Zophoba	1	5	20
	Tenebrio	0,5	0,5	10
16/8/2025	Control	0,25	0,5	10
	Zophoba	0,5	2	30
	Tenebrio	0,5	2	20
23/8/2025	Control	0,25	1	10
	Zophoba	0,5	2	30
	Tenebrio	0,5	0,5	10
30/8/2025	Control	0	0,5	5
	Zophoba	1	5	10
	Tenebrio	0	1	10
6/9/2025	Control	0,5	0,5	5
	Zophoba	1	1	20
	Tenebrio	0,25	1	10
13/9/2025	Control	0,25	1	20
	Zophoba	0,5	1	20
	Tenebrio	0,5	0,5	10
20/9/2025	Control	0	1	20
	Zophoba	0,5	1	20
	Tenebrio	0	0,5	10
27/9/2025	Control	0	1	10
	Zophoba	0,5	1	10
	Tenebrio	0	0,5	5
4/10/2025	Control	0	0,5	10
	Zophoba	0,5	0,5	10
	Tenebrio	0	0,5	10

Anexo 4. Registro de Supervivencia

fecha	tanque	egresos
16/8/2025	control	4
	tenebrio	1
	zophoba	3
18/8/2025	control	2
	tenebrio	1
	zophoba	1
22/8/2025	control	2
	tenebrio	1
	zophoba	1
26/8/2025	control	2
30/8/2025	control	1
	zophoba	1
5/9/2025	control	1

	tenebrio	1
	zophoba	1
26/9/2025	control	1
27/9/2025	control	2
total	control	15
total	zophoba	7
total	tenebrio	4

Anexo 5. Análisis bromatológico de las dietas a base de Tenebrio y Zophoba.



INFORME DE ENSAYO N° 207132

Solicitante : AXEL RENDON ALVARADO
 Cliente : PARQUE HISTORICO
 Dirección : Avenida Central y avenida Rio Esmeraldas Samborondón, Guayaquil
 Producto : BALANCEADO DE TENEBRIO/ZOPHOBA
 Número de Muestras : 2 muestras
 Presentación : Envase Plástico
 Procedencia de la muestra : Muestras proporcionadas por el cliente
 Identificación de la muestra : M1

-Peso: 200
 -Unid. Med: g
 -Descripción/Lote: Ingrediente: Tenebrios
 M2
 -Peso: 200
 -Unid. Med: g
 -Descripción/Lote: Ingrediente: zophobas

Fecha de recepción de las muestras : 25/09/2025
 Fecha de inicio de análisis : 25/09/2025
 Fecha de término de análisis : 27/10/2025
 Orden de Trabajo (OT) : 1048-19

-M1

Parámetro	Acred.	Result.	UND.	LOQ
Carbohidratos totales	-	31.0	%	
Energía de la grasa (calorías de grasa)	-	≈156 kcal	Calorías	
Energía total (calorías)	-	≈420 kcal	Calorías	
Fibra dietética	-	4.5	%	
Cenizas	-	4.3	%	
Grasa(*)	-	17.3	%	
Proteína	A2LA/SAE	40.6	%	

-M2

Parámetro	Acred.	Result.	UND.	LOQ
Carbohidratos totales	-	24.2	%	
Energía de la grasa (calorías de grasa)	-	≈180 kcal	Calorías	
Energía total (calorías)	-	≈428 kcal	Calorías	
Fibra dietética	-	4.7	%	
Cenizas	-	4.3	%	
Grasa(*)	-	20.0	%	
Proteína	A2LA/SAE	37.8	%	

Método

Carbohidratos totales	AOAC 996.11, RVE-CTD-LAB-SOP-090
Energía de la grasa (calorías de la grasa)	AOAC 996.06 / Determinación por GC-FID, modificado 2015
Energía total (calorías)	AOAC 996.06 / Cálculo calórico de macronutrientes
Fibra dietética	AOAC 991.43, RVE-CTD-LAB-SOP-099
Cenizas	AOAC 238.06 BE-CTD-LAB-SOP-131
Grasa(*)	(AOAC 211H 948.15) Grasa en productos marinos
Proteína	(AOAC 940.25) BE-CTD-LAB-SOP-138

Cdla. Guayaquil, Tercer Callejon 14 Solar 4, y Emilio Soro Lorento MZ. 8, Guayaquil-Ecuador.
 PBX:(593-4) 2399-192 * FAX(593-4)2399-201





INFORME DE ENSAYO N° 207132

ANEXO 1 – Determinación de Vitaminas – Cromatografía Líquida (HPLC / LC-MS/MS) M1

Vitamina	Método	LOQ (mg/kg)	Valor
Vitamina E (α-tocoferol)	HPLC-FLD (fluorescencia) HPLC-UV	0.5	35.0
Vitamina A (retinol)	HPLC-UV HPLC-UV HPLC-FLD	0.1	0.30
Vitamina D ₃ (colecalciferol)	(derivatización post-columna) HPLC-FLD	0.01	0.02
Vitamina K ₁ (fioquinona)	HPLC-UV HPLC-UV HPLC-UV LC-MS/MS	0.05	0.20
B ₁ (Tiamina)	LC-MS/MS HPLC-UV	0.2	5.0
B ₂ (Riboflavina)		0.1	7.0
B ₃ (Niacina)		0.5	55.0
B ₅ (Ácido pantoténico)		0.5	12.0
B ₆ (Piridoxina)		0.2	6.0
B ₉ (Folatos totales / ácido fólico)		0.05	1.0
B ₁₂ (Cobalamina)		1.0	20.0
Vitamina C (Ácido ascórbico)		1.0	15.0

ANEXO 2 – Determinación de Vitaminas – Cromatografía Líquida (HPLC / LC-MS/MS) M2

Vitamina	Método	LOQ (mg/kg)	Valor
Vitamina E (α-tocoferol)	HPLC-FLD (fluorescencia) HPLC-UV	0.5	33.0
Vitamina A (retinol)	HPLC-UV HPLC-UV HPLC-FLD	0.1	0.25
Vitamina D ₃ (colecalciferol)	(derivatización post-columna) HPLC-FLD	0.01	0.02
Vitamina K ₁ (fioquinona)	HPLC-UV HPLC-UV HPLC-UV LC-MS/MS	0.05	0.18
B ₁ (Tiamina)	LC-MS/MS HPLC-UV	0.2	4.5
B ₂ (Riboflavina)		0.1	6.5
B ₃ (Niacina)		0.5	50.0
B ₅ (Ácido pantoténico)		0.5	11.0
B ₆ (Piridoxina)		0.2	5.5
B ₉ (Folatos totales / ácido fólico)		0.05	0.90
B ₁₂ (Cobalamina)		1.0	18.0
Vitamina C (Ácido ascórbico)		1.0	14.0

Cdla. Guayaquil, Tercer Callejon 14 Solar 4, y Emilio Soro Lorento MZ. 8, Guayaquil-Ecuador.
PBX:(593-4) 2399-192 * FAX:(593-4)2399-201





INFORME DE ENSAYO N° 207132

Nota 1:

Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) en el laboratorio.
La identificación de las muestras es responsabilidad del cliente.
Bureau Veritas Ecuador S.A. no se responsabiliza por la información proporcionada.
Este reporte no debe ser reproducido parcial o totalmente, excepto con la aprobación escrita del laboratorio.
La información contenida en este certificado está sujeta a validación por las partes interesadas.

Las opiniones / interpretaciones que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE y A2LA.

Nota 2:

CCA: Límite de Decisión
ND: No detectable al límite de detección
LOQ: Límite de cuantificación, LOD: Límite de detección
(±)U Incertidumbre) U EXPANDIDA, basada en un nivel de confianza de K = 2 (95%)
% R. Es el % de recuperación declarado, constituye un dato referencial de la muestra control corrida por el Batch de análisis, no corrige el valor obtenido
(*) Parámetro fuera del alcance de Acreditación
(**) Por fuera de rango de validación del método
(***) Parámetros Subcontratados

Guayaquil, 24 de Octubre de 2025

Bureau Veritas Ecuador
A Bureau Veritas Group Company
<2027#62027>

Firmada Digitalmente por:
MARTHA NAVARRETE LOYOLA
Fecha: 24/10/2025 06:18:31 PM

Gerente de Laboratorio

Cdla. Guayaquil, Tercer Callejon 14 Solar 4, y Emilio Soro Lorento MZ. 8, Guayaquil-Ecuador.
PBX:(593-4) 2399-192 * FAX:(593-4)2399-201



Anexo 6. Valores Nutricionales de dieta comercial.

Proteína cruda (mín.)	35.0%
Grasa cruda (mín.)	5.0%
Fibra cruda (máx.)	5.0%
Ceniza (máx.)	8.0%
Humedad (máx.)	11.0%

Anexo 7. Lote de *z. morio* (izq.) y *T. molitor* (der) deshidratados.



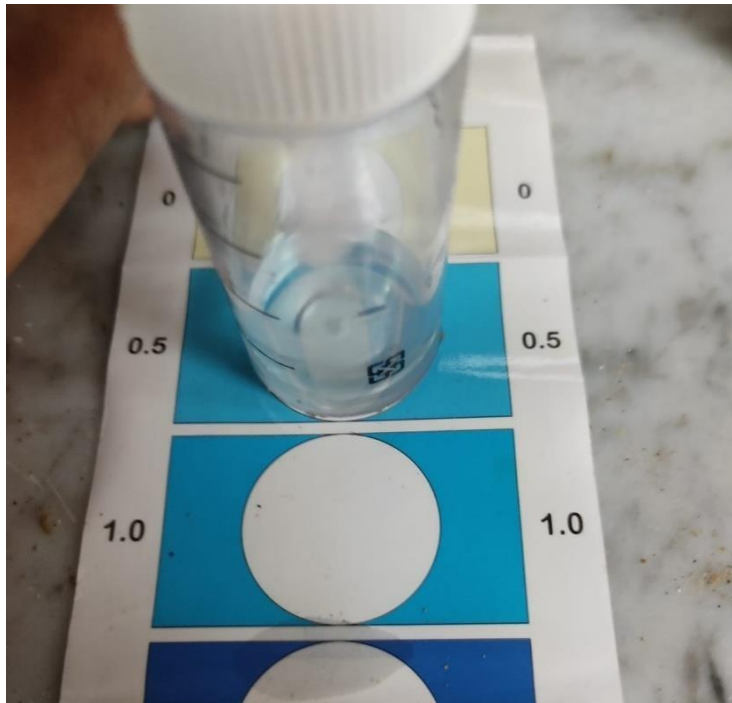
Anexo 8. Medición de longitud de espécimen



Anexo 9. Medición de masa de espécimen



Anexo 10. Control de compuestos nitrogenados (amonio).



Anexo 11. Test usado para medir los compuestos nitrogenados presentes en el agua



Anexo 12. Captura de muestras para medición de datos biométricos



Anexo 13. Visita técnica de tutor de trabajo de integración curricular.



Anexo 14. Resultado del análisis por Compilatio.



CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Compilatio Rendon 2


0% Similitudes
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

0% Idiomas no reconocidos

10% Textos potencialmente generados por la IA

10%

Textos sospechosos



Nombre del documento: Compilatio Rendon 2.pdf

ID del documento: 2241c4a6895e796264027c593470560529e2dc57

Tamaño del documento original: 587,96 kB

Autor: Axel Rendón

Depositante: Axel Rendón Fecha de depósito: 6/11/2025 Tipo de carga: url_submission fecha de fin de análisis: 6/11/2025

Número de palabras: 14.823

Número de caracteres: 99.474

Ubicación de las similitudes en el documento:

Anexo 15. Valores iniciales y finales de longitud y masa en los alevines

Anexo - Hoja: 4-10

FECHA	TANQUE	LONGITUD (CM)	MASA (G)
2025-10-04	control	4.8	1.55
2025-10-04	control	4.78	1.53
2025-10-04	control	5.0	1.75
2025-10-04	control	5.02	1.76
2025-10-04	control	5.1	1.86
2025-10-04	control	5.2	1.97
2025-10-04	control	5.03	1.78
2025-10-04	control	5.06	1.81
2025-10-04	control	4.93	1.68
2025-10-04	control	4.89	1.63
2025-10-04	control	5.34	1.75
2025-10-04	control	4.56	1.33
2025-10-04	control	5.36	2.15
2025-10-04	control	5.0	1.75
2025-10-04	control	5.0	1.75
2025-10-04	control	5.2	1.97
2025-10-04	control	5.0	1.75
2025-10-04	control	5.32	2.11
2025-10-04	control	5.01	1.76
2025-10-04	control	5.04	1.79

2025-10-04	control	5.2	1.86
2025-10-04	control	4.79	1.63
2025-10-04	control	5.3	1.91
2025-10-04	control	5.3	1.91
2025-10-04	control	5.1	1.8
2025-10-04	control	5.3	1.8
2025-10-04	zophoba	5.7	2.08
2025-10-04	zophoba	5.87	2.15
2025-10-04	zophoba	5.9	1.86
2025-10-04	zophoba	5.2	1.92
2025-10-04	zophoba	5.32	2.25
2025-10-04	zophoba	6.01	1.92
2025-10-04	zophoba	5.32	1.92
2025-10-04	zophoba	5.64	2.07
2025-10-04	zophoba	5.76	1.99
2025-10-04	zophoba	5.34	1.93
2025-10-04	zophoba	5.9	2.88
2025-10-04	zophoba	5.32	2.11
2025-10-04	zophoba	4.98	1.73
2025-10-04	zophoba	5.5	2.33
2025-10-04	zophoba	5.7	2.61
2025-10-04	zophoba	5.8	2.75
2025-10-04	zophoba	5.76	2.7
2025-10-04	zophoba	5.75	2.69
2025-10-04	zophoba	5.32	2.11
2025-10-04	zophoba	5.0	1.75
2025-10-04	zophoba	5.25	2.02
2025-10-04	zophoba	5.98	2.99
2025-10-04	zophoba	5.76	2.7
2025-10-04	zophoba	5.86	2.82
2025-10-04	zophoba	5.68	2.66
2025-10-04	zophoba	5.93	2.93

2025-10-04	tenebrio	5.96	2.96
2025-10-04	tenebrio	5.89	2.87
2025-10-04	tenebrio	5.98	2.99
2025-10-04	tenebrio	5.9	2.88
2025-10-04	tenebrio	5.6	2.46
2025-10-04	tenebrio	5.887	2.95
2025-10-04	tenebrio	5.95	2.96
2025-10-04	tenebrio	5.98	2.99
2025-10-04	tenebrio	6.02	3.05
2025-10-04	tenebrio	5.86	2.82
2025-10-04	tenebrio	5.97	2.97
2025-10-04	tenebrio	5.98	2.99
2025-10-04	tenebrio	6.28	3.46
2025-10-04	tenebrio	6.04	3.07
2025-10-04	tenebrio	6.05	3.09
2025-10-04	tenebrio	5.89	2.87
2025-10-04	tenebrio	5.56	2.41
2025-10-04	tenebrio	6.0	3.02
2025-10-04	tenebrio	5.78	2.7
2025-10-04	tenebrio	5.9	2.88
2025-10-04	tenebrio	5.54	2.38
2025-10-04	tenebrio	5.32	2.11
2025-10-04	tenebrio	5.98	2.99
2025-10-04	tenebrio	5.76	2.7
2025-10-04	tenebrio	5.69	2.59

Anexo - Hoja: talla inicial

FECHA	TANQUE	LONGITUD (CM)	MASA (G)
2025-08-07	control	2.75	0.31
2025-08-07	control	2.42	0.21
2025-08-07	control	2.23	0.17

2025-08-07	control	2.34	0.2
2025-08-07	control	2.21	0.16
2025-08-07	control	2.76	0.31
2025-08-07	control	2.87	0.35
2025-08-07	control	2.72	0.3
2025-08-07	control	2.13	0.15
2025-08-07	control	2.76	0.31
2025-08-07	control	2.34	0.19
2025-08-07	control	2.45	0.22
2025-08-07	control	2.43	0.22
2025-08-07	control	2.32	0.19
2025-08-07	control	2.23	0.19
2025-08-07	control	2.34	0.19
2025-08-07	control	2.34	0.19
2025-08-07	control	2.23	0.17
2025-08-07	control	2.23	0.17
2025-08-07	control	2.65	0.15
2025-08-07	control	2.34	0.13
2025-08-07	control	2.32	0.19
2025-08-07	control	2.32	0.19
2025-08-07	control	2.12	0.15
2025-08-07	control	2.87	0.35
2025-08-07	control	2.65	0.28
2025-08-07	zophoba	2.76	0.31
2025-08-07	zophoba	2.64	0.27
2025-08-07	zophoba	2.65	0.27
2025-08-07	zophoba	2.54	0.24
2025-08-07	zophoba	2.32	0.19
2025-08-07	zophoba	2.32	0.19
2025-08-07	zophoba	2.76	0.31
2025-08-07	zophoba	2.65	0.27
2025-08-07	zophoba	2.32	0.19

2025-08-07	zophoba	2.43	0.21
2025-08-07	zophoba	2.54	0.24
2025-08-07	zophoba	2.76	0.19
2025-08-07	zophoba	2.76	0.31
2025-08-07	zophoba	2.65	0.27
2025-08-07	zophoba	2.54	0.24
2025-08-07	zophoba	2.34	0.19
2025-08-07	zophoba	2.64	0.31
2025-08-07	zophoba	2.76	0.27
2025-08-07	zophoba	2.43	0.21
2025-08-07	zophoba	2.64	0.27
2025-08-07	zophoba	2.34	0.19
2025-08-07	zophoba	2.22	0.17
2025-08-07	zophoba	2.23	0.17
2025-08-07	zophoba	2.22	0.16
2025-08-07	zophoba	2.24	0.17
2025-08-07	zophoba	2.24	0.17
2025-08-07	tenebrio	2.0	0.35
2025-08-07	tenebrio	2.87	0.24
2025-08-07	tenebrio	2.54	0.25
2025-08-07	tenebrio	2.43	0.28
2025-08-07	tenebrio	2.87	0.21
2025-08-07	tenebrio	2.39	0.22
2025-08-07	tenebrio	2.45	0.19
2025-08-07	tenebrio	2.34	0.19
2025-08-07	tenebrio	2.54	0.19
2025-08-07	tenebrio	2.34	0.24
2025-08-07	tenebrio	2.54	0.24
2025-08-07	tenebrio	2.34	0.19
2025-08-07	tenebrio	2.76	0.31
2025-08-07	tenebrio	2.87	0.34
2025-08-07	tenebrio	2.65	0.27

2025-08-07	tenebrio	2.54	0.24
2025-08-07	tenebrio	2.12	0.15
2025-08-07	tenebrio	2.23	0.17
2025-08-07	tenebrio	2.43	0.21
2025-08-07	tenebrio	2.54	0.24
2025-08-07	tenebrio	2.65	0.27
2025-08-07	tenebrio	2.11	0.14
2025-08-07	tenebrio	2.34	0.19
2025-08-07	tenebrio	2.54	0.24
2025-08-07	tenebrio	2.65	0.27