



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE
GUAYAQUIL**

CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGÍA

TEMA:

**FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO PARA ALEVINES DE
TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*) PROVENIENTE DEL INSECTO *HERMETIA
ILLUCENS* COMO UNA ALTERNATIVA DE PIENSO COMERCIAL**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del

Título de: **INGENIERIA EN BIOTECNOLOGÍA**

AUTORES: JORGE AUGUSTO JARA MONTALVÁN

CHRISTIAN ABEL MORÁN PAREDES

TUTOR: JOFFRE RICARDO MEDINA VILLAVICENCIO

Guayaquil – Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Nosotros, Jorge Augusto Jara Montalván con documento de identificación N°0923734230 y Christian Abel Moran Paredes con documento de identificación N° 0958377574; manifestamos que: Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Jorge Augusto Jara Montalván

CC: 0923734230



Christian Abel Moran Paredes

CC: 0958377574

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Jorge Augusto Jara Montalván con documento de identificación No. 0923734230 y Christian Abel Moran Paredes con documento de identificación No. 0958377574, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del: FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO PARA ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*) PROVENIENTE DE INSECTO *HERMETIA ILLUCENS* COMO UNA ALTERNATIVA DE PIENSO COMERCIAL el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Biotecnología, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

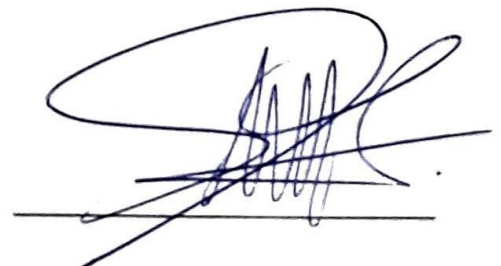
Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Jorge Augusto Jara Montalván

CC: 0923734230



Christian Abel Moran Paredes

CC: 0958377574

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joffre Ricardo Medina Villavicencio con documento de identificación N°0917305146, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO PARA ALEVINES DE TILAPIA ROJA (*OREOCHROMIS SP.*) PROVENIENTE DE INSECTO *HERMETIA ILLUCENS* COMO UNA ALTERNATIVA DE PIENSO COMERCIAL, realizado por Jorge Augusto Jara Montalván con documento de identificación N° 0923734230 y por Christian Abel Moran Paredes con documento de identificación N° 0958377574, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajos Experimentales que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Joffre Ricardo Medina Villavicencio

CC: 0917305146

DEDICATORIAS

JORGE JARA M.

Cuando emprendí este viaje sabía a qué me enfrentaba, estaba consciente de los retos que me encontraría y aquellos obstáculos que me llevarían a pensar si lo estaba haciendo bien. Pese a todo lo que pudo haber pasado a lo largo del tiempo siempre salí adelante, siempre que me encontraba con algún punto crítico en esta etapa de mi vida recordaba por quien lo hacía, por aquellos que siempre me han demostrado que, pese a que el mundo te muestre lo complicado que puede llegar a ser, siempre puedes salir adelante si así te lo propones y no importará que tiempo te tomé demostrarlo, uno siempre logrará levantarse desde lo más profundo para empezar de nuevo a subir.

Por esta razón quiero dedicar este trabajo a mis padres Martha Katherine Montalván Gonzaga y Jorge Bernardo Jara Castañeda, aquellos quienes fueron mi pilar en este viaje, quienes me han otorgado todo su apoyo y de no ser por ellos no sería la persona en la que me he convertido hoy en día. Ellos siempre serán mi ejemplo para seguir, aquello que añoro con ansias algún día llegar alcanzar y son ellos la razón de por la cual lo daría todo por ver que estén orgullosos de que hicieron un maravilloso trabajo.

A mi hermana menor Keyla Mariana Jara Montalván, pese a que siempre está enfocada en sus estudios ha logrado demostrar que, con esfuerzo y sacrificio, puede superar cualquier obstáculo si así se lo propone. Además de siempre demostrar que hay que verle un punto bueno a cada decisión que tomes.

Y aquellas personas que tienen mi respeto por la ayuda que me han brindado, sin duda alguna tienen todo mi aprecio, pero al ser demasiadas solo quisiera decirles que agradezco que hayan sido participes en mi vida y que siempre los tendré en mente cada vez que se me presente alguna oportunidad, recordando que quienes me rodean están ahí por alguna razón.

CHRISTIAN MORÁN P.

Este trabajo lo dedico a mi Dios, señor creador de tobo bien, El que me ha dado la vida y todo lo bueno que soy. A mis padres en especial a mi amada madre Rosa Paredes por apoyarme incondicionalmente a lo largo de mi vida estudiantil que con su constante inspiración me ha llevado a un camino de comprensión y ánimo para seguir adelante y para poder llegar al sitio en el que me encuentro hoy, culminando mi carrera como profesional para ponerme al servicio de esta sociedad que tanto me necesita.

A mis profesores los cuales me han transmitido muchos conocimientos, valores y sabios consejos que me han permitido formarme como un profesional de bien.

A mis amigos y compañeros que a lo largo de estos años de estudio me han apoyado con sus consejos, por su confianza y por compartir momentos de preparación, de estudio y juntos poder llegar a la meta de ser profesionales de excelencia; y a Pamela Bonifaz, por su paciencia y apoyo me ha impulsado en alcanzar mis objetivos, animándome en cada momento del camino brindándome palabras de aliento y acompañándome en mi preparación de ser un profesional, el cual es un logro que compartiremos ambos.

AGRADECIMIENTOS

JORGE JARA M.

Agradezco en primer lugar a Dios, por permitirme haber llegado hasta este momento en mi vida, lo que me hace feliz saber que siempre estará ahí en todo momento que lo necesite.

A mis padres y mi hermana que lo son todo para mí por haberme demostrado que yo sí puedo lograrlo y que no desespere ante cualquier adversidad que se me presente, siempre habrá solución para todo y solo es cuestión de saber que camino tomaras en tus decisiones.

Agradezco aquellos Docentes quienes lo dan todo por sus alumnos, demostrando por medio de sus enseñanzas lo divertido que puede hacer enfocarse en las materias y si deseo enfocarme en alguna rama siempre lo haga por lo nuevo que puedo llegar aprender. Además, siempre enseñando a valorar cada momento de mi formación profesional y que no hay límite, ni edad para seguir aprendiendo.

A mi familia en general, pese a que muchos han intervenido en esta etapa de mi vida y agradezco haya sido así, me invitaron a superarme, cada anécdota que alguna vez me contaron fue suficiente para entender que todo lo que comienzo tengo que acabarlo tarde o temprano, siendo así muchas de sus historias aquellos que me ha inspirado a demostrarles que hicieron lo correcto en contarme sobre sus experiencias y que aquellas cosas por lo más chico que sea, me enseñan a que estoy rodeado de personas maravillosas.

Agradezco a todas las personas que han sido partícipes de la tesis. A mi tutor Ing. Joffre Ricardo Medina Villavicencio por su aporte al mejoramiento del presente proyecto, al Ing. Kevin

Gabriel Cedeño Vines por su colaboración en el ámbito científico, al Ing. Jaime Alberto Naranjo Moran por las indicaciones para mejorar el presente trabajo y por la revisión de este.

CHRISTIAN MORÁN P.

Doy un inmenso agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana por habernos impartido la carrera de Ing. En biotecnología, preparándonos para poder ser egresados de bien, así mismo por habernos brindado las instalaciones para poder llevar a cabo la parte experimental del proyecto a presentar.

Agradezco a ESPOL TECH E.P. (laboratorio de análisis de alimentos y ambiente PROTAL-ESPOL) por haberme brindado el espacio de sus laboratorios para poder realizar una parte experimental necesaria para llevar a cabo el trabajo realizado, así mismo por brindarme la oportunidad de aprender con ellos.

También quiero extender un agradecimiento a los docentes que estuvieron presentes en el transcurso del presente trabajo, por su guía experta y su paciencia, sus conocimientos fueron esenciales en cada etapa de este proyecto.

Este trabajo de tesis es un testimonio de la colaboración y el compromiso de muchas personas y organizaciones. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte de este importante capítulo de mi vida académica.

RESUMEN

En el transcurso de los años, el sector acuícola ha experimentado diversas dificultades en cuanto a la adquisición de piensos alimenticios para las dietas de tilapias, el requisito nutricional de los peces requiere piensos de buena calidad, pero los altos costos de producción han llevado a las industrias a buscar una alternativa de balanceados que satisfagan los requerimientos nutricionales de los peces. La harina de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) en los últimos años se la ha introducido en la alimentación de animales como un componente alternativo sostenible y de gran valor nutricional, sus estudios se entablan en la piscicultura, como el caso de la dieta de las tilapias y de camarones, una de las capacidades que tiene el insecto es la de transformar los desechos orgánicos en proteínas y grasas de alta calidad, teniendo una capacidad potencial muy prometedora para la inclusión en dieta de los peces, reemplazando de hasta en un 70% la harina de pescado, de la misma forma podría sustituir la materia prima vegetal de las formulaciones comerciales, la harina de MSN puede ser beneficiosa y muestra una buena factibilidad en abordar los desafíos de las producciones de alimentos animales. La tilapia roja ha sido un pez cultivado que se beneficia de la inclusión de la harina de insecto proporcionando niveles nutricionales adecuados y muy favorables para el crecimiento, engorde y reproducción de las especies en la piscicultura, es así como el insecto de MSN ha presentado un prometedor camino en la acuicultura con sostenibilidad y eficiencia.

Palabras claves: Acuícola, *Hermetia illucens*, piscicultura, sostenibilidad, balanceados, proteína, eficiencia, harina de insecto.

ABSTRACT

Over the years, the aquaculture sector has experienced various difficulties regarding the acquisition of food feed for tilapia diets, the nutritional requirement of fish requires good quality feed, but high production costs have led to industries to look for an alternative of balanced that satisfy the nutritional requirements of the fish. Black soldier fly meal (*Hermetia illucens*) in recent years has been introduced into animal feed as a sustainable alternative component of great nutritional value, its studies are established in fish farming, as in the case of the diet of tilapia and shrimp, one of the capacities of the insect is to transform organic waste into high-quality proteins and fats, having a very promising potential capacity for inclusion in the diet of fish, replacing up to 70% Fishmeal, in the same way, could replace the vegetable raw material of commercial formulations, MSN meal can be beneficial and shows a good feasibility in addressing the challenges of animal feed productions. The red tilapia has been a farmed fish that benefits from the inclusion of insect meal, providing adequate and very favorable nutritional levels for the growth, fattening and reproduction of the species in fish farming, this is how the MSN insect has presented a promising path in aquaculture with sustainability and efficiency.

Keywords: Aquaculture, *Hermetia illucens*, fish farming, sustainability, balanced, protein, efficiency, insect meal.

INDICE DE CONTENIDO

Capítulo 1.....	22
Antecedentes.....	22
1.1. Introducción	22
1.2. Planteamiento del problema.....	24
1.3. Formulación del problema	25
1.4. Justificación de la investigación	25
1.5. Delimitaciones	26
1.6. Objetivos.....	27
1.6.1. Objetivo general	27
1.6.2. Objetivos específicos.....	27
1.7. Hipótesis	27
Capítulo 2.....	29
Marco teórico	29
2.1. Fundamentos teóricos	29
2.1.1. Mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>)	29
2.1.3 Etapas de desarrollo de la MSN	30
2.1.4. Condiciones ambientales para la crianza de la MSN (<i>Hermetia illucens</i>).....	31
2.1.4.1. Temperatura	31
2.1.4.2. Humedad	32

2.1.5. Harina de larvas de Mosca Soldado Negro (HLMSN)	33
2.1.6. Tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.).....	33
2.1.6.2. Generalidades	35
2.1.6.3. Características	36
2.1.7. Etapas de crecimiento	38
2.1.8. Requerimiento nutricional	39
2.1.8.1. Proteína.....	39
2.1.8.2. Carbohidratos	39
2.1.8.4. Grasas	40
2.1.9. Tipos de alimento en la crianza de tilapias	41
2.1.9.1 Alimentos naturales o vivos	42
2.1.9.2. Alimentos Caseros o Suplementarios.....	42
1.2.9.3. Alimentos extruidos o peletizados	43
Capítulo 3.....	44
Materiales y metodología	44
3.1. Localización del trabajo.....	44
3.1.1. Localización espacial	44
3.1.2. Localización temporal.....	45
3.2. Materiales.....	45
3.2.1. Unidades biológicas.	45

3.2.2. Material de vidrio.....	45
3.2.3. Material de plástico.....	46
3.2.4. Equipos.....	46
3.2.5. Otros materiales.....	47
3.2.6. Materiales de escritorio.....	47
3.3. Tipo y diseño de investigación.....	47
3.4. Población y muestra.....	48
3.4.1. Crianza de larvas.....	48
3.4.2. Crianza de alevines.....	48
3.4.3. Ensayo final.....	48
3.5. Variables.....	49
3.5.1. Variable dependiente.....	49
3.5.2. Variable independiente.....	49
3.6. Recogida de datos.....	49
3.7. Procedimientos.....	49
3.7.1. Diseño de criadero de larvas.....	50
3.7.2. Parámetros para crianza (MSN).....	51
3.7.3. Adaptación de larvas de (MSN).....	51
3.7.4. Alimentación de larvas (MSN).....	52
3.7.5. Colecta.....	54

3.7.6. Lavado y almacenamiento de las larvas	55
3.7.7. Elaboración de Harina de Larva de Mosca Soldado Negra	56
3.7.7.1. Secado de larvas	57
3.7.7.2. Triturado	57
3.7.7.3 Almacenamiento de harina de larva MSN.....	58
3.7.7.4. Determinación de proteína en HLMSN	59
3.7.7.5. Formulación de mezclas con Harina de Mosca Soldado Negro	59
3.7.7.6. Mezclado	60
3.7.7.7. Extrusión.....	60
3.7.8. Crianza de alevines de tilapia.....	61
3.7.9. Instalación y montaje de peceras.....	62
3.7.10. Adaptación de alevines.....	63
3.7.11. Parámetros de condicionamiento en peceras de alevines.....	64
3.7.11.1 Temperatura.....	64
3.7.11.2. pH	65
3.7.12. Alimentación de alevines de tilapia	66
3.7.12.1. Cálculo de biomasa con 75 individuos y 5 de muestreo.....	66
3.7.12.2. Cálculo de alimento diario.....	66
3.7.13. Limpieza y desinfección de peceras.....	67
3.7.14. Medición de crecimiento de alevines	67

3.7.15. Determinación de proteínas en alevines.....	68
3.7.15.1. Preparación de la muestra.....	68
3.7.15.2 Digestión.....	69
3.7.15.3. Destilación.....	70
3.7.15.4. Titulación.....	71
3.7.15.5. Cálculo del porcentaje de N y de proteína en las muestras de peces digestadas	71
3.7.16. Cálculo de porcentaje de mortalidad.....	72
Capítulo 4.....	73
Resultados y discusiones.....	73
4.1. Porcentaje de rendimiento.....	73
4.2. Análisis bromatológico de las diferentes harinas (comercial, harina LMSN, harina formulada).....	74
4.3. Parámetros de crecimiento de tilapias.....	75
4.3.1. PH.....	77
4.3.2. Temperatura.....	80
4.4. Análisis composicional de proteína en tilapias.....	80
4.5. Cantidad de alimento diario suministrado.....	82
4.6. Cálculo de Alimentación diaria.....	82
4.7. Mortalidad.....	82

Capítulo 5.....	83
Conclusión y recomendaciones	83
5.1. Conclusiones	83
5.1.1. Primera.....	83
5.1.2. Segunda	83
5.1.3. Tercera.....	83
5.1.4. Cuarta.....	84
5.2 Recomendaciones.....	85
Bibliografía	86
ANEXOS	98

Índice de tabla

Tabla 1: Calsificacion taxonomica de MSN	29
Tabla 2. Clasificación taxonómica Tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.).....	35
Tabla 3: Requerimientos nutricionales de la tilapia roja (<i>Oreochromis</i> sp.).....	41
Tabla 4: composición de proteína en peces	53
Tabla 5: Contenido de grasa y proteínas en insecto MSN (%peso seco).....	54
Tabla 6: Parámetros bromatológicos analizados en las harinas de estudio.....	74
Tabla 7: Condiciones de crianza de tilapias y evaluación de crecimiento.	76
Tabla 8: Comparación de pH en cuanto al tamaño de alevines de tilapia	78
Tabla 9: Tabla de medias representadas en LSD	79
Tabla 10: Composición de proteína en peces.....	81

Índice de Figuras

Figura 1: Ciclo de vida de Mosca soldado negro (<i>Hermetia illucens</i>).....	30
Figura 2: Ciclo de vida de la tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>).....	38
Figura 3: Punto de crianza de larvas de mosca, ubicado en parroquia Chongón.....	44
Figura 4: Laboratorio de análisis SEBIOCA, ubicado en ESPOL.....	45
Figura 5: Flujograma de procesos (Primera fase).....	50
Figura 6: Adecuación del lugar de crianza de las larvas de <i>Hermetia illucens</i>	52
Figura 7: Colecta manual de las larvas MSN.....	55
Figura 9: Lavado y almacenamiento de LMSN.....	56
Figura 10: Flujograma de procesos (segunda fase).....	56
Figura 11: Secado por convección forzada.....	57
Figura 13: Elaboración de la harina de <i>Hermetia illucens</i>	58
Figura 14: Flujograma para proceso de obtención de la harina.....	59
Figura 15: Formulación de la harina MSN.....	60
Figura 16: Proceso de extrusión de la harina LMSN.....	61
Figura 17: Montaje de peceras para la crianza de los alevines de tilapia.....	62
Figura 18: Adaptación de alevines de tilapia a nuevas condiciones.....	64
Figura 20: Termómetros fijos para medición de temperatura en peceras.....	65
Figura 22: Preparación de las muestras para el proceso de determinación de proteína... ..	68
Figura 25: Proceso de digestión para determinación de proteínas.....	69
Figura 25: Comparación de condiciones de pH en cuanto al tamaño de alevines de tilapia.	69

Figura 26: Comparación de condiciones de pH en cuanto al tamaño de alevines de tilapia.	69
Figura 27: Proceso de destilación de las muestras digestadas.).....	70
Figura 28: Diagrama de medias comparativas de pH en relación con el tamaño	79

ABREVIATURA

T (Temperatura)

MSN (Mosca Soldado Negro)

LMSN (Larva de Mosca Soldado Negra)

HCP (Harina comercial de peces)

HR (Humedad relativa)

AS (Aceite de soya)

MF (Materia fresca)

MS (Materia seca)

PC (Proteína cruda)

SIMBOLOGIA

°C Grados Celsius

d Días

g Gramo

Φ Humedad

mg Miligramo

kg Kilogramo

% Porcentaje

W Watts

m Metro

*m*² Metro cuadrado

mm Milímetro

cm Centímetro

*cm*² Centímetro cuadrado

*cm*³ Centímetro cúbico

Capítulo 1

Antecedentes

1.1. Introducción

Basado en un amplio estudio acerca de la Mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) se ha demostrado que las larvas poseen propiedades ricas en proteínas y grasas, lo que las convierte en una alternativa viable a los ingredientes convencionales utilizados en la alimentación animal, como son la harina proveniente de pescado o la soja. Estos insectos tienen un amplio aspecto investigativo lo que permite encontrar un uso potencial en las diferentes áreas de la investigación, siendo posible incluirla en la elaboración de alimentos para distintos animales (Changping He, 2021).

Un estudio en base a la mosca soldado negro (MSN) fue llevado a cabo por Ximena Barriga (Marcapura, 2019) con su tema de tesis “Efecto del uso de diferentes concentraciones de harina de larva de moca soldado negro (HLMSN) sobre el comportamiento productivo de cuyes en crecimiento-engorde alimentados con raciones mixtas” en donde detalla el uso potencial de insectos para buscar y obtener una alternativa en la alimentación de animales de corral, modificando la dieta de cuyes de crecimiento para poder determinar el uso del insecto *Hermetia illucens* como una fuente rica en proteína, mostrándonos que estos insectos tienen un rendimiento mayor a otras proteínas de origen animal o vegetal con valores superiores mostrando en sus resultados un incremento de peso por semana y visualizando su morfología llega a la conclusión de que estos insectos pueden ser una buena opción para una dieta alternativa a las existentes (Marcapura, 2019).

El trabajo investigativo “La mosca soldado negro puede reemplazar la harina de soja en cerdos en crecimiento” presentado por un grupo de investigadores Soumya Kar, Mari Smits y Leo

(Kar, 2021), de la universidad de Wageningen y la Universidad de Leiden, en la cual su estudio se basó en el cambio de dieta de los cerdos de engorde alimentándolos con harina a base de (*Hermetia illucens*) como fuente de proteína con un estudio denominado FeedOmics el cual se basa en la recopilación de datos de la microbiota del intestino delgado y el análisis de los metabolitos en la sangre para así poder determinar el impacto de la ingesta de insecto en el grupo de cerdos experimentales verificando los taxones microbianos los cuales pueden ser indicadores de un intestino sano, mostrando en los resultados que la ingesta de harina de insecto tiene un efecto positivo en los cerdos (Kar, 2021).

En la tesis desarrollada por Matheus Figueredo y Balaguera Albarracín (2021) “Alternativas de alimentación de mono gástricos a base de larvas de soldado negra *Hermetia illucens*”, detalla un amplio papel de aplicación de la MSN, empezando por la alimentación de animales destinados al consumo humano, en este estudio se dedicó a la evaluación, caracterización y comparación del rendimiento en crecimiento de los animales alimentados con la MSN como una fuente rica en proteína, el trabajo concluye con la obtención resultados aceptables lo que se estipula que la ingesta de insectos puede ser una alternativa demasiado aceptable para un futuro (Figueredo Matheus, 2021).

En la universidad de Pamplona se presentó un trabajo de tesis titulado “Evaluación de la inclusión de harina de larva de mosca soldado negro (HLMSN) en la dieta para juveniles del pez ángel (*Pterophyllum scalare*)” por Arturo Santiago Gómez y José James Guerrero (2021), en donde se evalúa la inclusión de HLMSN en diferentes concentraciones para analizar el rendimiento de la ingesta de este tipo de alimentación en peces en donde gracias a una caracterización bromatológica se detalla que este insecto se compone de 40-45% en proteína resaltando que se debe tener en cuenta las condiciones en las que se obtendrán los insectos y criándolos de una manera aséptica y

muy cuidadosa para así poder tener los requerimientos necesarios que deben tener los insectos para poderlos introducir en la alimentación para peces, en este estudio se detallan las concentraciones recomendables de esta harina para el mantenimiento adecuado en el sector de piscicultura (Gómez & Guerrero, 2021)

Debido a los estudios ya mencionados se desea hacer uso de esta información para realizar de manera adecuada este proyecto y lograr demostrar que el uso de MSN puede abarcar distintas áreas en el ámbito científico, logrando buscar en este insecto un uso potencial para la elaboración, desarrollo y creación de balanceados como fuente de proteínas en la alimentación de animales.

1.2. Planteamiento del problema

Las nuevas líneas de investigación destinadas a la obtención de bioproductos canalizada hacia la producción de balanceados para animales de tipo acuícola, las materias primas pueden ser de tipo animal o vegetal, la elaboración de harinas balanceadas que cubran el requerimiento nutricional de los alevines con nuevas tecnología evitará que se sigan explotando recursos naturales y ser sustituidos por alternativas de insectos ricos en proteínas (Del Hierro Escobar, 2022).

La fabricación de harinas a partir de invertebrados busca, alternativas sostenibles que demanden menores tiempo de producción y este efecto se multiplique en los costos y los beneficios nutricionales de los animales acuáticos a alimentar, en este caso la experimentación se la realizo con alevines de tilapia (Milthon, 2023).

Una de las problemáticas que se encuentra en la producción de harinas comerciales es la obtención de grandes cantidades de materia prima proveniente de animal o vegetal para lograr incluirla dentro de sus productos balanceados, además de considerar que estas materias tienen que poseer características nutricionales optimas que garantice un mejor crecimiento y desarrollo del

pez. (Polo, 2022). Lo que involucra que se busque otros tipos de materia que brinden esas características nutricionales sin llegar a abusar o explotar de otros recursos para obtener mejores resultados. Se ha visto en la actualidad que la inclusión de harina de insecto dentro de estos tipos de alimentos ha dado buenos resultados en la creación de bioproductos para el ámbito alimenticio, siendo esta la razón por la cual se ha optado por incorporar harina a base de insecto el cual demanda menos recursos y se puede obtener de forma rápida (Vega, 2018)

A nivel de evaluación de este tipo de harinas en laboratorios de análisis la harina comercial demanda la implementación de más protocolos específicos que se adapten al respectivo análisis, mientras que por las harinas de insectos no requieren análisis tan estrictos para evaluación, lo que beneficia aquellas empresas que requieran saber con exactitud qué características posee cada una en un periodo corto y con precisión, decidiendo si de verdad cumplen con lo que ellos desean alcanzar en su producto y así considerar que es una fuente alternativa de proteína eficaz en cuanto a la inclusión de la dieta de tilapias (Josse, 2018).

1.3. Formulación del problema

¿El alimento balanceado proveniente de insecto puede ser utilizado como alternativa para reemplazar el alimento balanceado comercial?

1.4. Justificación de la investigación

Dentro del sector acuícola la nutrición es uno de los puntos más importantes a tomar en cuenta debido a que la alimentación es un factor de mayor peso en la crianza de peces, por esta razón estos sectores se han visto en la necesidad de buscar alternativas para reducir el uso de harinas proveniente de pescado para evitar la sobreexplotación de estos recursos para la elaboración de balanceados.

La harina comercial implementada para su uso dentro de muchas dietas debido a su alto valor nutricional tiene un proceso de producción basado en la combinación de varias harinas, entre ellas de pescado, maíz, soya, se considera un obtención de alto costo.

De acuerdo a estos antecedentes se propone la obtención de harina de larvas de mosca, como una opción alternativa, viable para ser aplicadas en la alimentación de animales, en especial para organismos de tipo acuático, sin embargo, aun con las investigaciones actuales para suministrar este tipo de harinas presentan algunos desafíos ante su digestibilidad y composición de ácidos grasos, por lo que es necesaria la continuidad de investigación de organismos con alto potencial para nutrición de distintas especies acuícolas.

Se ha considerado a la tilapia roja *Oreochromis* sp. un elemento fundamental para este trabajo, ya que posee una gran capacidad de adaptabilidad, esta capacidad del pez se debe a que se debe al cruce de 4 especies diferentes de tilapias, lo cual convierten en un pez apto para estudio y crianza con cambios de condiciones como temperatura y calidad de agua, por lo cual el presente trabajo busca evaluar y desarrollar un balanceado proteico con características de alto valor nutricional como alternativa del alimento comercial para peces, teniendo el conocimiento que este pez pueda adaptarse a diferentes condiciones.

En el siguiente trabajo, se propone formular un alimento balanceado proveniente de un insecto, específicamente de la larva de MSN, por consiguiente, evaluar y analizar la ganancia de peso en peces, de esta manera proponerlo como alternativa para piensos comerciales de tipo acuícola.

1.5. Delimitaciones

Para la determinación de contenido proteico dentro de las muestras de harina que se utilizan para la formulación de alimento, se emplean sustancias como son Ácido sulfúrico concentrado y

Ácido clorhídrico, los cuales son categorizadas como sustancias controladas y restringidas en el país, por lo cual dificulta su obtención para los respectivos análisis. La mayoría de los métodos que se encargan de la determinación de proteínas en cualquier tipo de muestra requiere el uso de estas sustancias y no hay un estudio que respalden la determinación de manera más precisa por parte de algún otro método donde no involucre estos reactivos.

La obtención de alevines de tilapia roja solo puede ser conseguidos en temporadas de desove o aguaje, los cuales ocurren en ciertos meses del año y hay que esperar alrededor de 7 a 8 meses para obtener las primeras crías para poder ser utilizadas en este tipo de proyectos investigativos.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Formular un alimento balanceado para alevines de tilapia roja (*Oreochromis* sp.) proveniente de insecto *Hermetia illucens* como una alternativa de pienso comercial.

1.6.2. Objetivos específicos

- Evaluar la cantidad de proteína en harina a base de mosca soldado negro mediante métodos fisicoquímicos.
- Determinar parámetros de crecimiento en alevines de tilapia por ensayos físicos.
- Utilizar análisis Kjeldahl para conocer la cantidad de proteína total obtenida en alevines de tilapia.

1.7. Hipótesis

H1: El alimento a base de insectos mejora significativamente el rendimiento de crecimiento de los peces en comparación con un alimento tradicional.

H0: No hay diferencia significativa en el rendimiento de crecimiento de los peces alimentados con el alimento a base de insectos en comparación con los peces alimentados con un alimento tradicional.

H1: El pH del agua influye de manera significativa el rendimiento de crecimiento y ganancia de peso en los alevines de tilapia.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Fundamentos teóricos

2.1.1. Mosca soldado negro (*Hermetia illucens*)

Nombre científico *Hermetia illucens*, perteneciente a la familia de los dípteros, El aspecto físico de la MSN se distingue por su cuerpo alargado de color negro, que contrasta de forma significativa el aspecto de las moscas convencionales y es común encontrarla en áreas de clima tropical y elevadas temperaturas (Singh & Kumari, 2019).

Este insecto en los últimos años ha sido de mucho interés por científicos, por su gran capacidad de reciclar y hacer proceso de bioconversión de residuos orgánicos, así mismo se ha ganado gran popularidad debido a que las larvas de este insecto pueden ser empleadas en alimentación de animales agrícolas destinados a la alimentación humana como cerdos, gallinas, peces y demás animales de corral (Cristopher Rodriguez-Moreira).

Tabla 1: Clasificación taxonómica de MSN

Dominio:	Eucariota
Reino:	Animalia
Clase:	Insecta
Orden:	Díptera
Suborden:	Brachycera
Familia:	Stratiomyidae
Subfamilia:	Hermetiinae
Género:	Hermetia
Especie:	H. illucens

Fuente: (Gallino, 2008).

Nota: Se indica los niveles taxonómicos del insecto mosca soldado negro (*Hermetia illucens*).

2.1.3 Etapas de desarrollo de la MSN

La primera fase del ciclo de vida de la MSN es en estado de huevo de una longitud de 1mm de color amarillo pálido, una hembra adulta puede depositar una masa de alrededor de 500 huevecillo cerca de materia orgánica para que puedan eclosionar a larvas en cuatro días, pasado este tiempo se forman larvas en donde es considerada una de las etapas con mayor relevancia en el desarrollo de la MSN por lo que en esta etapa se alimentará y aprovechara de manera más efectiva la materia orgánica en la que fueron colocadas en el inicio por la hembra adulta (Oviedo Olvera, Garcia Trejo, & Gutierrez Antonio, 2022).

Parte del ciclo larval tiene estadías de 6 etapas con un tiempo de 15 o más días en la última fase de estadía larval, esta se oscurece conociéndose como pre pupa después se dispersan colocándose en áreas secas y resguardadas, desarrollándose así la fase de pupa tomando un tiempo aproximado de dos semanas para luego estar en fase adulta, estas tienen una longitud de 15 a 20 mm, con alas traslucidas extendidas a lo largo del torso a partir desde el segundo segmento torácico, dos días después de surgir y pasar de pupa a adulto puede estar disponibles para el apareamiento (Romero, 2022).

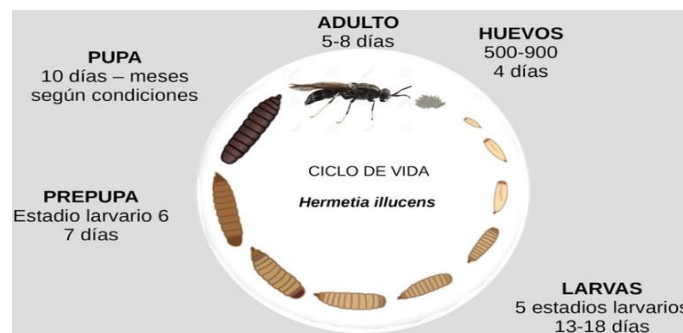


Figura 1: Ciclo de vida de Mosca soldado negro (*Hermetia illucens*).

Nota: El grafico representa el ciclo de MSN con el tiempo que se toma entre cada una de las fases a la que corresponde el crecimiento y desarrollo de la MSN. Tomado de: (Capsavida, 2022).

2.1.4. Condiciones ambientales para la crianza de la MSN (*Hermetia illucens*)

Es necesario tener en cuenta aspectos fundamentales al criar la MSN, con el fin de crear un entorno propicio que favorezca su crecimiento y desarrollo óptimos, esto también permitiría mejorar su habilidad reproductiva y acelerar el proceso de eclosión, dado que las condiciones ambientales tienen el potencial de influir aspecto positivo o negativo en su desarrollo, es relevante señalar que, en situaciones de temperaturas bajas, el período larval podría extenderse desde unas semanas hasta 4 meses (Chassouant, 2020).

2.1.4.1. Temperatura

La MSN es particularmente sensible al entorno en el que se encuentra, lo cual constituye uno de los factores fundamentales que influyen en su desarrollo estas moscas prosperan dentro de un intervalo de temperatura que va desde 21 hasta 26°C, este rango es denominado como "umbral de desarrollo" si este umbral se sobrepasa, las larvas pueden experimentar una disminución en su velocidad de desarrollo e incluso, en los casos más adversos, su desarrollo podría detenerse por completo (Jutinico, 2023).

Para comprender mejor esta relación con la temperatura, se realiza un análisis a través de una curva de rendimiento térmico. Este análisis ha permitido establecer que el rango de temperatura óptimo para el desarrollo de la mosca soldado negro se encuentra entre 24 y 27°C (Hierro, Anrango, Ortiz, & Sanchez, 2021).

2.1.4.2. Humedad

En el desarrollo de la MSN también la humedad es un factor de mayor influencia en cuanto al crecimiento y ciclo de vida del insecto, se ha reportado que el porcentaje de humedad relativa del aire debe estar en un rango de 55 al 95%, con una evidencia de mayor crecimiento de pupas en un porcentaje del 85% (Holmes, Vanlaerhoven, & Tomberlin, 2012).

La humedad juega un papel sumamente influyente en el desarrollo de las larvas, y se erige como uno de los aspectos primordiales para lograr un desarrollo larvario óptimo y la prosperidad en el crecimiento y la supervivencia se halla intrínsecamente vinculada tanto a esta variable como a otros factores clave, un exceso de humedad puede tener repercusiones significativas en el ritmo de crecimiento de las larvas, impactando de manera muy negativa su eficacia en términos de velocidad; este exceso de humedad crea un ambiente poco propicio para la etapa subsecuente del proceso de cultivo, dificultando el progreso fluido del desarrollo larvario (Muhamad Salam, y otros, 2022). La regulación adecuada de la humedad, por lo tanto, se erige como un factor crítico para asegurar un entorno óptimo en el criadero de las LMSN, el mantener un equilibrio preciso en los niveles de humedad no solo favorece la tasa de crecimiento y desarrollo larvario, sino que también incide en la calidad del producto final, evitando la formación de material compacto y dificultando la posterior manipulación del cultivo (Insect School, 2022).

La revisión de las diferentes literaturas ha revelado que las condiciones ideales para criar la MSN se encuentran en un entorno tropical, donde la temperatura óptima varía entre 21-27°C, con un porcentaje de humedad relativa de hasta un 80%, los estudios disponibles respaldan la idea de que, dentro de estos intervalos de condiciones ambientales, las MSN pueden prosperar y desarrollarse de manera satisfactoria en términos de crecimiento, indiferente al lugar en donde se encuentren.

2.1.5. Harina de larvas de Mosca Soldado Negro (HLMSN)

El empleo de insectos como fuente de alimento para aves de corral y peces está ganando terreno, ya que estos insectos son una valiosa fuente de proteínas, lípidos, grasas, vitaminas y minerales. Esta tendencia podría representar una alternativa favorable para sustituir las fuentes convencionales de proteínas, como la harina de pescado que tiene disponibilidad limitada, así como la soya que está experimentando un aumento en su costo (Ordoñez, y otros, 2020).

La consideración de *Hermetia illucens* como componente en la formulación de piensos o balanceados destinados a la alimentación de la acuicultura y la producción animal, ha sido objeto de interés debido a su contenido nutricional destacado y a su enfoque hacia la sostenibilidad. Las larvas de *Hermetia illucens* presentan un elevado contenido de proteínas, que se encuentra en un rango del 42% al 56%, junto con grasas saludables que varían entre el 19% y el 37%. Estas características hacen que este insecto sea una prometedora fuente para enriquecer las dietas de aves de corral, peces y cerdos, gracias a sus perfiles de aminoácidos y ácidos grasos beneficiosos (Hu, y otros, 2020).

2.1.6. Tilapia roja (*Oreochromis* sp.)

Este género de pez es criado a nivel global en acuicultura y es muy valorado como fuente de alimento debido a sus propiedades nutricionales, la crianza posee una notable versatilidad, lo que confiere a estas especies una capacidad de resistencia en diversos entornos con capacidad para subsistir y reproducirse en una diversidad de hábitats acuáticos, la tilapia roja se destaca por su distintiva coloración, que en ciertas variantes puede mostrar tonos rojos o anaranjados, estos peces son apreciados por su tasa de rápido crecimiento y su adaptación a diversas condiciones ambientales, lo que ha impulsado la expansión de su crianza debido a la creciente demanda de su carne, la cual es de buen sabor y de textura suave, este incremento en la producción está en línea

con su uso tanto en aplicaciones comerciales como en la producción de alimentos para el consumo humano (Baquero, 2022).

La cualidad más sobresaliente de la tilapia radica en su notable capacidad de adaptarse a diferentes tipos de alimentos, por lo que en la crianza de este pez se emplean una variedad de fuentes de alimentación, como detritus y residuos de plantas vasculares de manera natural, junto con la provisión de alimentos artificiales provenientes de la industria agrícolas, estos últimos están compuestos por formulaciones que combinan proteínas tanto de origen animal como vegetal, con el propósito de mejorar y enriquecer la dieta de estas especies. (Asopespa, 2018). El peso de la tilapia puede alcanzar entre 1 y 1.5 libras en un lapso que abarca de 6 a 9 meses, estos atributos estarán influenciados por la forma en que se les alimente y por los métodos de cultivo implementados (Pangea-animales, 2020).

Tabla 2. Clasificación taxonómica Tilapia roja (*Oreochromis* sp.)

Reino:	Animalia
Filo:	Chordata
Clase:	Actinopterygii
Orden:	Perciformes
Familia:	Chiclidae
Género:	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>Oreochromis</i> sp.
Fuente: (Angel, Huerta, Brito, & Carrio, 2014).	

Nota: En la tabla se muestra la clasificación que corresponde a la tilapia roja (Totocayo, 2018).

Otra de las ventajas de las tilapias rojas es la capacidad de resistir a distintos niveles de salinidad, lo que permite tener sistemas de cultivos de aguas dulces como ambientes de aguas saladas, debido a su notable tolerancia y preferencia por las aguas estancadas o poco activas, como estanques, lagos, lagunas y embalses, pudiendo encontrar refugio en estos cuerpos de aguas pudiendo así tolerar niveles reducidos de oxígeno disuelto en el agua (Ojeda, 2018).

En comparación con otras variantes de tilapia como la negra o la plateada, la tilapia roja no posee una designación específica en la taxonomía basada en un nombre científico, esto se debe a que su origen proviene de un cruce entre cuatro especies distintas de tilapia: tres de origen africano y una de origen israelí de este cruce resulta en un pez con un fenotipo que exhibe colores rojos o anaranjados en su aspecto externo, además, esta combinación de varias especies de tilapia brinda la oportunidad de generar un híbrido que aprovecha la diversidad genética, lo cual aporta beneficios como un aumento en la masa muscular y en la calidad de la carne, seguido de otras ventajas como la reducción en la porción de viseras, disminución de espinas y se caracteriza por su rápida reproducción, resistencia a enfermedades y una adaptabilidad superior en comparación con otras especies de tilapia (Totocayo, 2018).

2.1.6.2. Generalidades

Los orígenes y la distribución de la tilapia roja se especifican en regiones tropicales de África, la crianza de la tilapia roja ha incrementado con el tiempo, así como la distribución y la localización de la especie, estableciéndose en diversas partes del mundo en especial en regiones con climas tropicales y subtropicales, la capacidad que tiene esta especie de tilapia para prosperar en diferentes condiciones ha sido un enfoque en la industria acuícola para la reproducción y distribución con valor comercial (Pesca, 2018).

Con anterioridad, la tilapia se criaba y comercializaba en Asia y África. No obstante, a medida que el tiempo avanzó, su aceptación se extendió a nivel mundial, lo que llevó a su introducción en diversas partes del globo mediante la reproducción en diversas regiones internacionales. Estas variedades de tilapia tienen una distribución limitada a zonas caracterizadas por climas tropicales o subtropicales, ya que son capaces de prosperar y subsistir en condiciones de temperatura que no descienden de 24-25°C (MexicanFish, 2015).

La tilapia roja es una especie cultivable en aumento, en donde su producción alcanza nuevos números en cuanto a los últimos años, la tilapia era un pez que se capturaba desde sus entornos naturales, pero al ver la demanda en aumento, ha llevado a la industria acuícola a cultivar de forma artificial en estanques, piscinas o sistemas en donde se puedan producir en cantidad y en calidad, esto ha sido una alternativa a la sobreexplotación de los recursos y fuentes naturales en donde se obtenían y extraían estas especies, ya que su captura en hábitat natural iba en aumento reduciendo poblaciones y afectando el ecosistema por ello las industrias acuícolas empezaron a cultivar a esta especie en escalas muy grandes (Lingam, y otros, 2021).

2.1.6.3. Características

La característica más distintiva de la tilapia roja reside en su color, el cual puede variar en intensidad, presentando tonos que van desde rojizos hasta anaranjados, esta coloración puede exhibir una notable variabilidad entre individuos y se extiende a lo largo de su cuerpo; estos colores vibrantes han sido obtenidos mediante la implementación de cruas selectivas entre diferentes especies, es importante señalar que la intensidad de estos colores puede ser influenciada por factores ambientales, como la calidad del agua y la dieta, que inciden en el hábitat de esta especie (Bioaquafloc, 2019).

La tilapia roja tiene un rápido crecimiento por lo que la hace valiosa en la industria acuícola para una producción de alimento en poco tiempo, esta característica es importante tenerla en cuenta ya que se observa también la etapa de maduración de la tilapia en donde se encuentra lista para la reproducción, con normalidad en condiciones de cultivo el tiempo de maduración de la tilapia es en un rango de 3 o 4 meses de edad con 12 a 14 cm de largo y con un peso de entre 55 y 150g de peso, siendo estos unos indicadores óptimos para una tilapia madura para reproducción (Saenz, 2021).

El punto importante en cuenta en el momento de la reproducción de las tilapias es la diferenciación sexual de los peces, realizando un sexaje, en donde se toman en cuenta las características fisiológicas de cada sexo, el macho consta de dos orificios que se localizan debajo del vientre la cual uno corresponde al ano y el otro al urogenital, mientras tanto la hembra tiene tres orificios siendo estos el ano, poro genital y el urinario (Guerrero & Ramos, 2005).

En la reproducción de las tilapias la hembra puede desovar durante todo un año, dependiendo en las condiciones en la que se encuentre, pudiendo tener en cuenta hasta la temperatura que puede ser una óptima de unos 24°C, la hembra puede realizar unas 6 a 12 puestas durante un año con un numero de 150 a 2500 huevecillos (Ibarra, 2021). La hembra incuba los huevecillos dentro de su boca y cría a los peces, este proceso tiene un periodo de 1 a 2 semanas dependiendo de la temperatura en la que se encuentren (FAO, 2009).

Una tilapia adulta puede llegar a pesar alrededor de 4,3 kg y medir unos 20 a 38cm de longitud, dependiendo de las condiciones en la que se encuentre y en la alimentación que se suministre así mismo como la temperatura que siempre será un factor influyente dentro de la vida de esta especie, en cuanto al peso y a la longitud son variable muy relacionadas ya que dependiendo a la longitud de la tilapia tendrá un peso determinado (Telles, Romero, Galindo, & Pulido, 2019).

2.1.7. Etapas de crecimiento

Las etapas de crecimiento de la tilapia corresponden a 5 fases básicas, desarrolladas dentro de 3 meses de edad en donde alcanza una madurez sexual disponible para la reproducción, en cuanto a las etapas de crecimiento, la primera fase de la tilapia es el desarrollo embrionario estándar son de entre 10 a 15 días, en este punto empieza a realizarse la fecundación y permitiendo el desarrollo del organismo, una vez formado los movimientos del embrión son más recurrentes y energéticos permitiendo que se realice la eclosión, luego la segunda etapa de crecimiento corresponde a edad de alevín, que tiene una duración de 3 a los 5 días, esta etapa se caracteriza por presentar un tamaño de 1 a 3cm, después la cría alcanza un tamaño de 3 a 8cm variando hasta una talla de 10cm lo que se considera como etapa juvenil, y cuando se desarrolla a una talla de 10 a 20cm con pesos de entre 75 y 105 gramos son considerados adultos, el tiempo promedio de desarrollo de la tilapia es de entre 6 a 9 meses en machos representando la mayor tasa de crecimiento (Salazar, Salazar, Acuña, & Hurtado, 2020).



Figura 2: Ciclo de vida de la tilapia (*Oreochromis sp.*)

Nota: El grafico representa el desarrollo del crecimiento de las tilapias, con los diferentes ciclos que tiene Fuente: (Agrotendencia, 2023).

2.1.8. Requerimiento nutricional

La nutrición de las tilapias es un desafío para los productores acuícolas ya que debe comprender los requisitos óptimos para un desarrollo adecuado de las especies y así garantizar un rendimiento ideal en la reproducción y producción de tilapias, un problema o un desequilibrio en la nutrición de estos peces puede afectar en la producción de frecuencia de desove, la cantidad de los huevos y así mismo podría afectar la calidad de los alevines (Nery, 2012).

2.1.8.1. Proteína

Las tilapias necesitan una adecuada alimentación con la ingesta de proteínas siendo este un componente básico, en una etapa juvenil las tilapias requieren un porcentaje del 30 a 40% de proteína cruda, mientras van creciendo y van avanzando en su etapa de crecimiento este valor puede reducirse en un 25 a 35% en una fase adulta de las tilapias (Bhujel, 2002).

Las tilapias tienen diferencia en requerimiento nutricional dependiendo en la etapa de crecimiento en la que se encuentren, se ha informado que en estado alevín, se requiere una dieta muy rica en proteína para su óptimo desarrollo, por lo que la ingesta de fuente proteica debe ser mayor en esta fase, el requerimiento va disminuyendo conforme la tilapia va creciendo y en estado adulta cuando va alcanzando su madurez, estos requerimientos pueden reducirse aún más (Noboa & Nery, 2012).

2.1.8.2. Carbohidratos

Los carbohidratos tienen un bajo requerimiento en comparación con las proteínas, este requerimiento está más asociado en cuanto a las formulaciones de los alimentos para que se formen los gránulos, los carbohidratos complejos son procesados por la tilapia mucho mejor que los

simples y son utilizados por los productores en un 35% como fuente de energía, en cuanto a la ingesta de carbohidratos en la tilapia es en un porcentaje de hasta 10% en etapa juvenil y este valor va reduciéndose mientras va desarrollándose alcanzando una etapa adulta con una ingesta controlada y menor de un 5% de carbohidrato (DeltLabs, 2022).

La inclusión de carbohidratos debe ser realizada de manera controlada y equilibrada, es fundamental evitar un exceso en este requerimiento nutricional, ya que las tilapias no están biológicamente adaptadas para consumir grandes cantidades de carbohidratos, a pesar de que los carbohidratos pueden servir como una fuente de energía adicional y contribuir a una mayor eficiencia alimentaria, es importante destacar que la inclusión de estos en la dieta debe ser regulada de forma rigurosa, entre los carbohidratos que se incorporan en la alimentación, se encuentran los almidones derivados de fuentes vegetales, los cuales se emplean como ingredientes primarios en formulaciones de balanceado para peces, aunque estos almidones pueden ser beneficiosos en la dieta y ofrecer ventajas en proporciones reducidas, su inclusión debe ser sometida a una evaluación minuciosa, esta valoración es esencial para prevenir problemas relacionados con la digestión, el crecimiento y otros factores que puedan impactar negativamente en el desarrollo óptimo de los peces (Modibbo & Raji, 2020).

2.1.8.4. Grasas

Diversos factores pueden influir en el requerimiento nutricional de grasa en la tilapia roja, tales como su etapa de desarrollo, las condiciones de cultivo y los objetivos de producción, no obstante, de todos estos factores, el que destaca como el más influyente a la hora de considerar la proporción o cantidad de grasa en la dieta de las tilapias es su etapa de crecimiento; en la fase juvenil, el requerimiento de grasa en la dieta se traduce en niveles y cantidades moderadas, este enfoque busca proporcionar la energía necesaria para apoyar el desarrollo de los peces y durante

esta etapa, el porcentaje de grasa cruda recomendado oscila entre el 5% y el 10%, en el período de crecimiento de la tilapia, la ingestión y administración de grasa se manejan de manera más ligera, con niveles que varían entre un 3% y un 8%, para las tilapias adultas, el rango de grasa cruda aconsejado se encuentra entre el 2% y el 5% (A., Ahmed, E., Elfeky, & Abd., 2019).

Tabla 3: Requerimientos nutricionales de la tilapia roja (*Oreochromis* sp.)

Etapa de crecimiento	Proteína (%)	Carbohidrato (%)	Grasa (%)
Alevines	40-50	5-10	5-10
Juveniles	30-40	5-10	3-8
Adultos	25-35	2-5	2-5

Fuente: (Garzón & Gutiérrez-Espinosa, 2019).

Nota: En la tabla se muestran los requerimientos porcentuales de los macronutrientes primordiales que se necesita en cada etapa de desarrollo de la tilapia., empezando en una fase de alevín con el porcentaje más alto y la disminución de estos conforme vaya creciendo el pez.

2.1.9. Tipos de alimento en la crianza de tilapias

En la alimentación de la tilapia roja se utilizan muchos tipos de alimentos para satisfacer las necesidades alimenticias en sus diferentes etapas de crecimiento, podrían ser de diferentes formulaciones, y tienen la capacidad de adaptarse a los requerimientos alimenticios de la tilapia (Feria, Pérez, Corrales, & Hernández, 2022).

Se integra la artemia en la alimentación de tilapia estando en etapa inicial o larval (alevines) que es un crustáceo rico en lípidos y ácidos grasos, caracterizado también por darle pigmentación a los peces y otros vertebrados, este crustáceo debe ser considerado como uno de los alimentos más importantes de los peces tropicales por proveer gran cantidad de energía y nutrientes necesarios para el crecimiento de los peces en etapa de alevines (Orduz, 2019).

2.1.9.1 Alimentos naturales o vivos

Entre la alimentación natural habitual de la tilapia roja, se encuentran las algas, se pueden usar las algas en los cultivos acuícolas como suplementos para proporcionar nutrientes y promover un ambiente saludable para la tilapia, en la ingesta de las tilapias rojas se encuentra un organismo de un mayor tamaño que es la daphnia y otro zooplancton, estos son introducidos en esta etapa de las tilapias por su tamaño y por la composición nutricional que es muy adecuada (Jongjaraunsuk & Taparhudee, 2019).

Otra alternativa que se utiliza para la alimentación de las tilapias es la ingesta de lombrices y grillos, esta dieta puede tener beneficios en sistemas semiextensivos o cultivos extensivos, por lo que se ha evidenciado que las lombrices y grillos son una fuente confiable y rica de proteínas y nutrientes y puede ser introducido en la dieta como un suplemento proteico permitiendo tener un desarrollo y crecimiento adecuado de las tilapias, con una ganancia de peso adecuado y porcentaje de nutrientes altos (M., Ampofo-Yeboah, & A., 2022).

2.1.9.2. Alimentos Caseros o Suplementarios

En la acuicultura es importante tener en cuenta el alimento que se administra en los peces o en el camarón, esto se debe a que es necesario suministrar los nutrientes necesarios de los peces, que puedan sustituir los requerimientos alimenticios naturales (Vásquez & García, 2022). Las tilapias son peces que pueden alimentarse de vegetales, en donde se puede suministrar espinacas, lechuga, guisantes y repollo pudiendo ser triturados o picados para que sean fáciles de consumir, inclusive se puede realizar una mezcla casera de alimento para hacer algo casero y rico en nutrientes y proteínas que pueda alimentar los peces, estas mezclas caseras pueden ser formuladas a base de lombrices de tierra, grillos y otros insectos (Rivas, 2014).

Otra matriz alimenticia que se suministra en las industrias acuícolas para peces son los suplementos en donde son diseñados para poder proporcionar una nutrición completa y equilibrada para el desarrollo óptimo de su crecimiento y engorde, entre los alimentos suplementarios podemos encontrar los que están formulados con vitaminas y minerales para una dieta equilibrada con lo necesario para el crecimiento de los peces, permitiéndoles una mayor absorción de otros nutrientes, de tal manera se desarrollan formulaciones ricas en proteínas, en donde el objetivo de su inclusión en la dieta de las tilapias es acelerar su crecimiento en un tiempo muy corto para una ganancia de peso, con mayor atractivo comercial (Bustamante & Camizan, 2020).

1.2.9.3. Alimentos extruidos o peletizados

Los piensos comerciales son alimentos diseñados con ingredientes escogidos con rigurosidad y ajustados según las diversas fases de desarrollo de las tilapias, estas formulaciones pueden variar en sus contenidos de proteínas, grasas, carbohidratos, aminoácidos y otros nutrientes esenciales, están destinados a cumplir las demandas nutricionales de los peces, según los objetivos específicos de la acuicultura en cuestión (Mohammed & Saiady, 2019).

Los procesos de extrusión o peletizados son técnicas en donde se crean gránulos compactos y uniformes en donde se crean formas de alimentos en diferentes tamaños adaptables para las diferentes especies de peces y así mismo de su tamaño asegurando una ingesta adecuada del alimento, la forma de los paletizados permite una digestibilidad adecuada de los ingredientes permitiendo una absorción uniforme y adecuada de los nutrientes (Cian, Bacchetta, Cazenave, & Drago, 2018). La extrusión se somete el producto a altas temperaturas y a presión mecánica por ende desnaturaliza enzimas indeseables apagando factores que no son nutricionales en la dieta de los peces (Cian et al., 2017).

Capítulo 3

Materiales y metodología

3.1. Localización del trabajo

3.1.1. Localización espacial

El presente proyecto se realizó en el laboratorio de Entomología en la Universidad Politécnica Salesiana de la sede María Auxiliadora.

En cuanto a la crianza y producción de LMSN (*Hermetia illucens*), se realizó en la localidad de San Jerónimo 2, ubicado en la parroquia Chongón, Provincia del Guayas – Ecuador. Geográficamente ubicada en latitud sur 2°14'14"S; longitud oeste 80°04'41"O.



Figura 3: Punto de crianza de larvas de mosca, ubicado en parroquia Chongón.

Fuente: Google maps <https://goo.gl/maps/35sCncwJ6KcScPQX8>

Las crías en primera fase larvaria fueron obtenidas gracias al Laboratorio de Análisis clínicos (SEBIOCA) en la Universidad Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), luego de esto se transportaron las larvas hacia el lugar de respectivo de crianza para dar inicio al proyecto.



Figura 4: Laboratorio de análisis SEBIOCA, ubicado en ESPOL

Fuente: Google maps <https://goo.gl/maps/CNuHkasgMcLLYEB87>

3.1.2. Localización temporal

El presente trabajo se realizó entre los meses de mayo y septiembre del 2023.

3.2. Materiales

3.2.1. Unidades biológicas.

- Larvas de Mosca de Soldado Negra (*Hermetia illucens*) en fase 1.
- Alevines de tilapia roja en fase 1.

3.2.2. Material de vidrio.

- Crianza alevines de tilapia roja:
 - 1 vaso de precipitación de 1000 ml.
 - 1 probeta de 1000 ml.
 - 3 termómetro de vidrio (50 °C)
- Determinación de proteínas:
 - 6 tubos de digestión
 - 1 matraz aforado de 250 ml
 - 6 vasos de precipitado 250 ml

3.2.3. Material de plástico.

- Crianza de larva mosca soldado:
 - 4 gaveta industrial 40x60x40
 - Rociador
- Elaboración de harina de larva:
 - Recipiente hermético
- Crianza alevines de tilapia roja:
 - 3 tubo PVC
 - 3 filtro Esponja
 - 1 red de captura
 - 1 regla 30 cm
 - 3 gavetas transparentes 30x60x30

3.2.4. Equipos.

- Crianza de larva de mosca soldado negro:
 - Higrómetro
 - Bascula
- Elaboración de harina de larva:
 - Balanza analítica
 - Estufa
 - Licuadora
 - Tamizador
- Crianza alevines de tilapia roja:
 - Bombas de aire

- Potenciómetro
- Determinación de proteínas:
 - Destilador Kjeldahl VELT
 - Digestor Kjeldahl VELT
 - Valorador Compact

3.2.5. Otros materiales.

- Crianza de larva de mosca soldado negro
 - Tela de lona
- Elaboración de harina de larva
 - Guantes, mandil
 - Papel Aluminio
 - Juego de tamices n°30, n°40, n°50
- Crianza alevines de tilapia roja
 - Papel Bond

3.2.6. Materiales de escritorio.

- Calculadora, hojas bond, lápiz, lapiceros, borrador.

3.3. Tipo y diseño de investigación

El diseño de investigación que se lleva a cabo es experimental, en donde el estudio se llevó a cabo en la obtención de una harina de LMSN para la inclusión en la dieta de tilapias, como un reemplazo de las dietas comerciales, sustituyendo ingrediente animal y vegetal como es el caso de la harina de pescado y de las que están formuladas con materias primas vegetales. El estudio experimental se llevó a cabo durante 4 semanas total de un mes de desarrollo, evaluando las

variables importantes para tener condiciones óptimas de crecimiento y cultivo de los peces, preservando integridad, calidad y la cantidad de los peces.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Crianza de larvas

En el presente estudio la población está representada tanto por (LMSN) como por (AT), de lo cual para la crianza de insecto se contó con un total de 107.500 individuos para posterior realizar la obtención de harina de este. Lo cual se utilizó el 100% de la población de LMSN en la producción del pienso alimenticio.

3.4.2. Crianza de alevines

Por otro lado, se tomó una cantidad de 75 individuos para la respectiva crianza de (AT), dividiendo en grupos diferentes y seleccionando de manera aleatoria a los individuos que serán adecuados para la evaluación. Cabe recalcar que todos los sujetos se encontraban en mismas condiciones, pesos y tamaños aproximados. Se repartió en 3 grupos diferentes (A, B y C) en donde el A es el control con la alimentación comercial, el B es el grupo de experimento con la alimentación de HLMSN al igual que en el grupo C, con cantidades iguales de individuos de 25 peces por cada grupo muestral para llevar a cabo el ensayo comparativo.

3.4.3. Ensayo final

En cuanto al ensayo final se toma un 20% del número total de individuos por cada grupo (A, B y C), ya que para el análisis final se necesita solo 1g de muestra en base al protocolo jhendal establecido por AOAC (Association of Official Agricultural Chemists).

3.5. Variables

Las variables que se tomaron en cuenta en este proyecto son de carácter cuantitativo ya que se usan valores numéricos, que luego serán recolectados y así mismo se iría estableciendo límites de condiciones como pH, temperatura, cantidad de alimento, número total de muestra, porcentaje de proteína en alimentos, peso, masa y tamaño de los peces.

3.5.1. Variable dependiente

La variable dependiente dentro de este trabajo es el crecimiento de los peces debido a que es lo que se espera que cambie en respuesta al alimento suministrado

3.5.2. Variable independiente

En este estudio experimental, las variables independientes sería el porcentaje de proteína presente en la harina formulada de mosca soldado negro suministrada en la dieta de los peces.

3.6. Recogida de datos

Las técnicas e instrumentos para la recolección de datos para el proyecto de investigación son: análisis de tesis relacionadas, libros, artículos científicos, entre otros. Además, se hizo uso de unidades de almacenaje de datos mediante dispositivos electrónicos. Para el ámbito de laboratorio las herramientas usadas de manera más técnica serían las bitácoras y las cámaras fotográficas.

3.7. Procedimientos

Se siguen pasos rigurosos para el mantenimiento y la crianza de las larvas MSN, en donde consta de algunas fases:

- Crianza de *Hermetia illucens*
- Adaptación de las larvas
- Colecta manual
- Lavado y almacenamiento

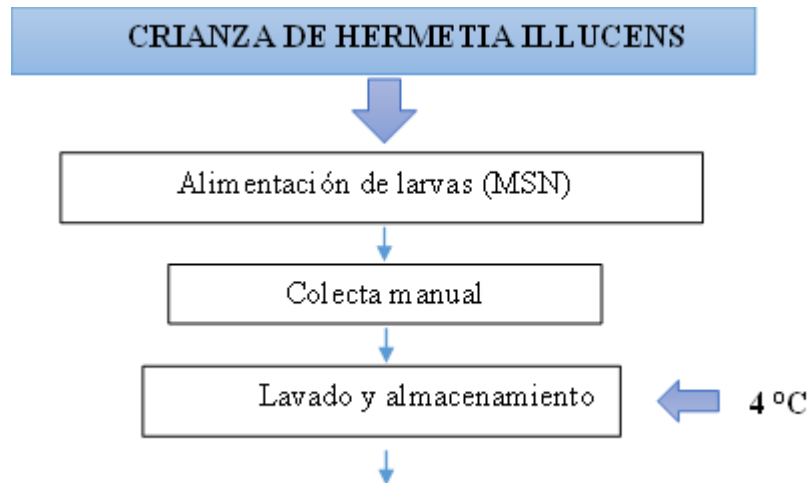


Figura 5: Flujograma de procesos (Primera fase)

Nota: Se aprecia la primera fase de los procesos mediante un diagrama de flujo.

Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.1. Diseño de criadero de larvas

El cuarto de crianza de las LMSN fue realizado con una base de madera la cual fue forrada en su totalidad por tela de malla color conchevino, la parte inferior de la estructura fue forrada con funda plásticas para facilitar la limpieza y como medida en caso de que las larvas decidan salir del sustrato, se colocó en un área techada y libre de exposición a posibles factores que afecten al crecimiento de las larvas. Su diseño consta con una entrada corrediza plástica con tela en su interior para evitar el ingreso de otros insectos, además se colocaron en gavetas plásticas esterilizadas para la respectiva crianza.

3.7.2. Parámetros para crianza (MSN)

En el hallazgo de los parámetros adecuados para la crianza de (LMSN) se efectuó una búsqueda bibliográfica de aquellos requerimientos que se necesitan para que la especie se desarrolle de la mejor forma posible, dentro de esta búsqueda se obtuvo información la cual indica que la temperatura es uno de los parámetros principales que de cierta forma afecta el desarrollo y crecimiento de las etapas principales de este insecto. Investigadores mencionan que la temperatura óptima para que se desarrolle esta especie se encuentra entre los 25 a 35°C (Martínez, 2006). De la cual este proyecto se llevó a cabo en zona con clima tropical que se mantiene a temperatura que oscila entre 25 a 32°C debido a la región en la que nos situamos, además se tomó en cuenta de manera diaria la humedad relativa (HR) para llevar un control de condiciones adecuadas; investigaciones referentes a este proyecto de crianza estimaron la humedad adecuada varía entre 50 a 99% (Agrotendencia.TV, 2023). En este proyecto la HR se encontraba de 71 a 80%, manteniéndose en un rango adecuado para el mantenimiento de las condiciones de cultivo.

3.7.3. Adaptación de larvas de (MSN)

Se adecua un área donde pasaran su ciclo larvario el cual estará cubierto por un sustrato para que se adapten con facilidad y evitar pérdidas. Para ello se hizo uso de cuatro gavetas plásticas estériles donde se colocaron las larvas obtenidas, se añadieron en un medio balanceado semihúmedo y a partir de aquí la alimentación será controlada mediante formulación y dosificación del alimento, siendo la ingesta por larva es de 100 mg de balanceado inicial para aves con un 60% de humedad basándonos de un estudio que determinan este nivel de alimentación (Abd El-Hack, 2020).

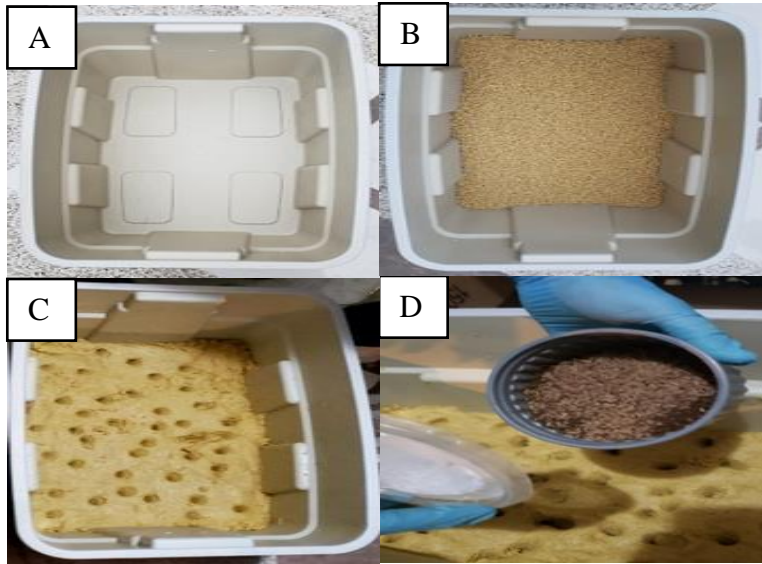


Figura 6: Adecuación del lugar de crianza de las larvas de *Hermetia illucens*

Gaveta plástica para abarcar las larvas (A). Cama de alimento para las larvas (B). Alimento balanceado humedecido (C). Colocación de las larvas en donde se alimentarán con el balanceado humedecido (D).

Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.4. Alimentación de larvas (MSN)

Para la alimentación se utilizó balanceado inicial de aves de la marca AVIPAZ que contiene los ingredientes como maíz, pasta de soya, afrecho de trigo, aceite de palma, afrecho de cebada, carbonato de calcio, polvillo de arroz, cloruro de sodio, fosfato, xylanasa, atrapador de micotoxinas, diclazuril, pigmentante, antimicótico, minerales y vitaminas.

Tabla 4: composición de proteína en peces

Ingrediente	Porcentaje
Proteína cruda	17,0%
Humedad	13,0%
Fibra cruda	8,0%
Grasa cruda	5,0%
Ceniza	8,0%
Fuente (Avipaz 2023).	

Nota: Se exponen los valores nutricionales de la harina comercial en porcentajes, así mismo como los ingredientes presentes en la formulación del alimento AVIPAZ.

Durante la etapa de alimentación se les suministro de manera diaria en relación de 100mg/larva/día, utilizando la ecuación sugerida por (Narciza, 2021) siendo la siguiente:

$$Cantidad\ de\ comida\left(\frac{larvas}{\frac{dia}{g}}\right) = 100mg * \# de\ larvas * \# de\ dias * \frac{1g}{1000mg}$$

Se contó con un total de 107,500 larvas las cuales fueron repartidas en las 4 gavetas plásticas, en cada gaveta se situó la cantidad 26,875 individuos que fueron alimentadas de manera diaria con 10,750 g del alimento balanceado humedecido al 60%, además se revisó que el alimento no muestre signos de endurecimiento, ya que dificultaría la ingesta del mismo provocando estrés en las larvas y ocasionando posibles pérdidas durante la crianza, si llegaba a presenciar endurecimiento solo se tenía que humedecer de nuevo con un rociador con agua en cantidades pequeñas. Se suministró alimento durante todo su ciclo larvario durante 10 días hasta alcanzar su etapa de pupa y una vez alcanzado este punto comienza el proceso de colecta.

3.7.5. Colecta

- Preparación del entorno

El medio debe ser seco y orgánico para la inmovilización de las larvas, ya que cuando están por eclosionar buscan un lugar seco y permanecer así conservarían energía, por ello se coloca un ambiente que se asemejen a las condiciones secas y normales.

- Identificación de las pupas

Las pupas de MSN son de color marrón oscuro y son de forma ovalada, así estas son identificadas y en lo primordial deben ser visibles para poder recolectarlas.

- Recolección manual

Se utilizan guantes para poder hacer la recolecta de las pupas y permanecerlas en un estado estéril sin contaminación ya que irán a ser introducidas en una dieta animal, se las puede recolectar con la mano o con una espátula o algún utensilio como cuchara grande para evitar en lo mayor posible la manipulación de las pupas.

Tabla 5: Contenido de grasa y proteínas en insecto MSN (% peso seco)

Etapa	Proteína (%)	Grasa (%)
Prepupa	44	30
Larva	41	35

Fuente: (Narciza, 2021).

Nota: Se realiza la colecta de la MSN en una fase de prepupa, con un mayor porcentaje de macronutrientes principales que son la proteína y grasa cruda, en esta etapa se tiene un porcentaje elevado de un 44% en proteína y un 30% en grasa, lo cual se toma en cuenta que la materia prima tenga más proteína que grasa, por lo cuanto se toma en cuenta la fase de prepupa.

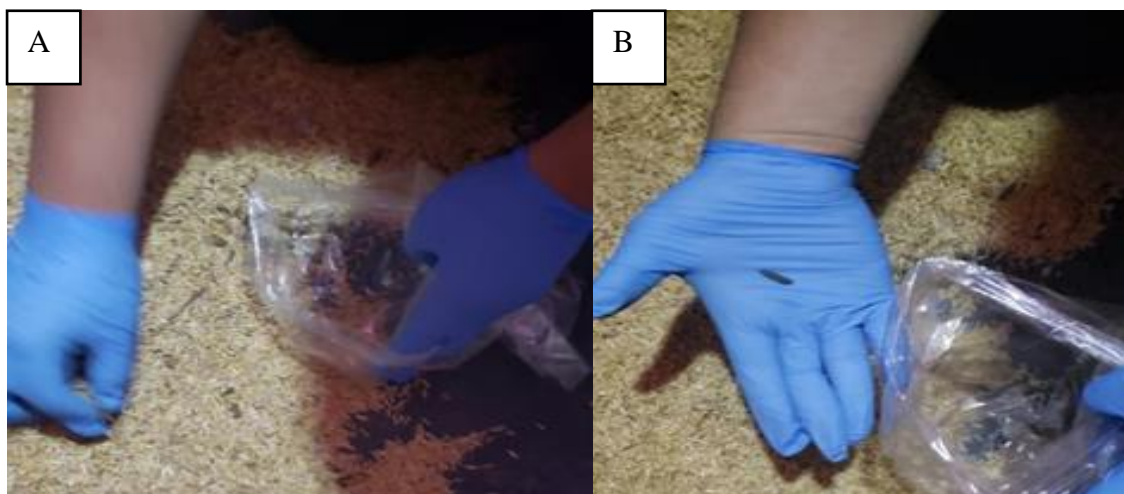


Figura 7: Colecta manual de las larvas MSN. Búsqueda y saneamiento de las larvas (A). Recolección y separación de las larvas (B).

Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.6.Lavado y almacenamiento de las larvas

Se realizó un lavado de las LMSN que fueron recolectadas con anterioridad, lo cual sirve en la eliminación de residuos del sustrato o del tamo de arroz que pueden haber sido tomadas en el proceso de recolección, el lavado se realizó con agua potable y después se cernió con ayuda de un cedazo para lograr ser colocados en bandejas que contenían papel adsorbente, pasado esto se colocó al ambiente para eliminar la presencia de agua. Una vez seco se añaden las larvas en frascos plásticos cerrados y se sacrifican a los individuos por un choque térmico ingresándolos a refrigeración de 4°C para así mantener conservada las muestras y evitar tener pérdidas nutricionales. Cabe decir que el tener la muestra bajo refrigeración en un método de conservación adecuado, pero no garantiza que el tenerlas guardadas eviten la pérdida de proteínas si se mantiene durante mucho tiempo.

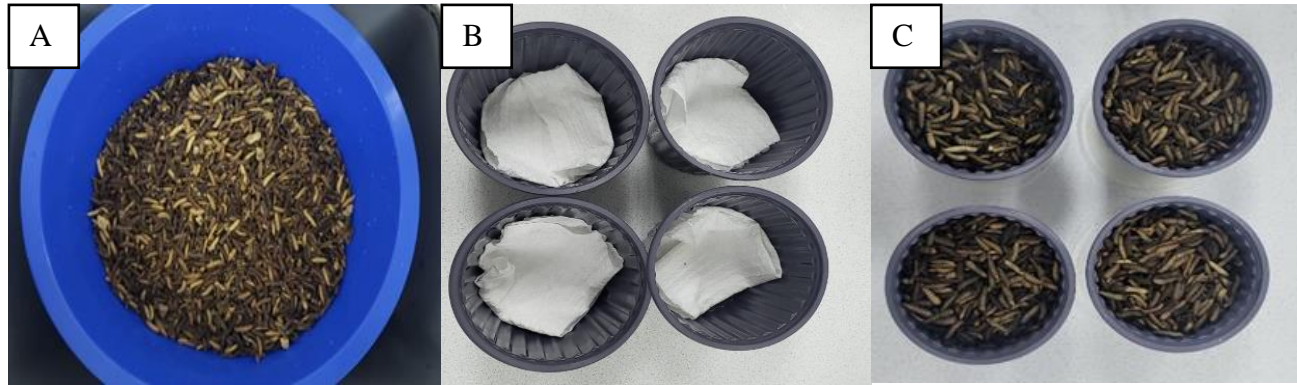


Figura 9: Lavado y almacenamiento de LMSN. Enjuague de las larvas recolectadas (A). Agrupar en porciones adecuadas para secado del agua colocando un papel absorbente (B). Almacenamiento de las larvas secas en recipiente adecuado (C).

Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.7. Elaboración de Harina de Larva de Mosca Soldado Negra

El proceso de elaboración de (HLMSN) se dividió en varios puntos los cuales son: el secado, triturado-tamizado, determinación de proteínas y almacenamiento.

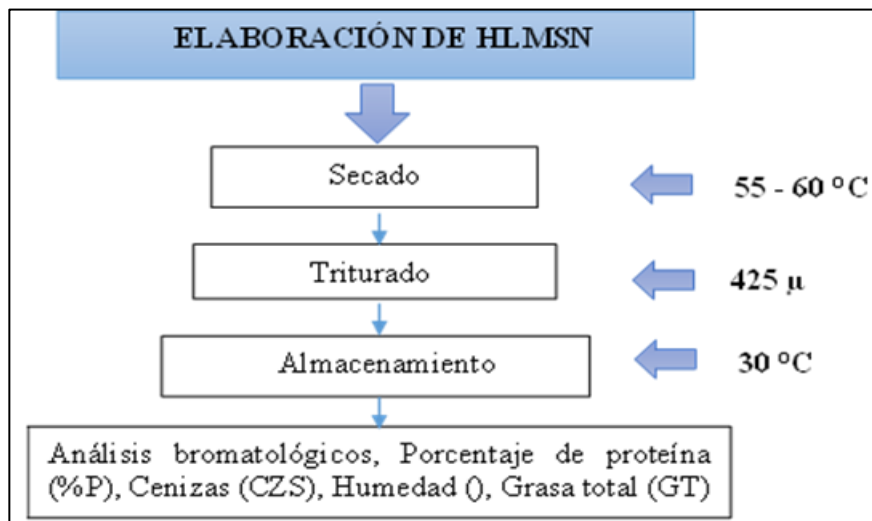


Figura 10: Flujograma de procesos (segunda fase).

Nota: Diagrama de flujo sobre la elaboración de Harina de larva de mosca soldado negro

3.7.7.1. Secado de larvas

Una vez limpias las larvas, es necesario secarlas para convertirlas en harina. En este proceso, en el secado nosotros usamos una estufa universal Memmert de convección forzada con el objetivo de reducir el contenido de humedad de las larvas y convertirlas en una harina fina.

La temperatura de secado en la cual se mantuvo las larvas osciló ente 55°C (131°F) y 60°C (140°F) en un tiempo estimado de 24-36 horas. Esta temperatura se seleccionó debido a que es la indicada para eliminar la humedad de la harina sin comprometer su calidad y propiedades nutricionales. (Martin Perez-Velazquez, 2023).



Figura 11: Secado por convección forzada. Extensión de las larvas en un recipiente amplio (A). calentamiento y secado de las larvas en estufa (B). Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.7.2. Triturado

El proceso de triturado se utilizó una licuadora Osterizer de 700 W en vaso de vidrio de 4 onzas para garantizar que la larva se triture la mayor cantidad posible, obteniendo así partículas más pequeñas, luego se hizo un proceso de tamizado en un juego de tamiz de n°30 (500 μ) y n°40 (425 μ) con ayuda de un tamizador eléctrico, cumpliendo con las medidas recomendadas para la elaboración de harinas destinadas a la alimentación acuícola. Estableciendo medidas optimas que

se encuentran en un rango de 300-500 μ para la elaboración de alimento en alevines (Celorio, 2016).

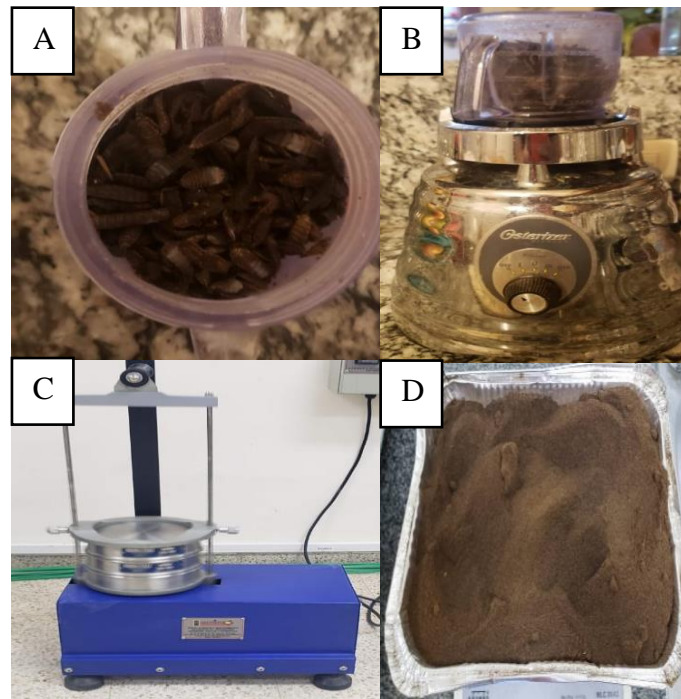


Figura 13: Elaboración de la harina de *Hermetia illucens*. Larvas secadas colocadas en vaso de licuadora (A). Triturado de larvas (B). Tamizado de larvas trituradas 425 μ (C). Obtención de harina de larva MSN (D). Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran

3.7.7.3 Almacenamiento de harina de larva MSN

La HLMSN al ser un producto seco y no contener una cantidad significativa de humedad limita el crecimiento de bacterias y mohos, haciendo mucho más sencilla su almacenamiento.

En este proyecto, después de un procesado se las guarda dentro de recipientes herméticos de plástico con el objetivo de evitar la presencia de alguna plaga y se estableció que mientras se mantenga en un lugar fresco y seco, la harina debería mantenerse en buenas condiciones durante un período prolongado.

3.7.7.4. Determinación de proteína en HLMSN

El análisis bromatológico en harinas se realizó mediante métodos estándar para determinación de contenido proteico en cada una de ellas, en el cual se determinaron bajo normas establecidas por la organización AOAC internacional, siendo estas para proteína cruda (PC) las cuales se analizó mediante el método Kjeldahl, Humedad (ϕ) conforme a la normativa ISO 6496:1999, Grasa total (GT) por AOAC 21st 920.39 y cenizas (C) AOAC 21th 942.05.

3.7.7.5. Formulación de mezclas con Harina de Mosca Soldado Negro

Para la formulación de la HLMSN con un porcentaje del 100% en peso total de la formulación, en donde en base a la harina que se obtuvo de LMSN en gramos, que fue un peso de 1282,91 g así podremos realizar una formulación con los siguientes pesos y sus porcentajes

45,19% de HLMSN → 1282,91g

35,29% Agua → 800g

19,33% Harina de maíz → 549,81g

0,19 % Aceite de soya → 200g

En la mezcla de los ingredientes se realizó un proceso que permitió obtener la formulación de la HLMSN en donde sirve establecer un procedimiento para la obtención de la harina.



Figura 14: Flujograma para proceso de obtención de la harina.

Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran

3.7.7.6. Mezclado

En el proceso de mezclado se introdujeron los componentes secos, comenzando por aquellos presentes en mayor cantidad, como la HLMSN y la harina de maíz. Una vez que los ingredientes secos fueron incorporados, se avanzó a la inclusión de los ingredientes líquidos en una disposición de tipo cortina, utilizando la cantidad predeterminada de agua calculada para alcanzar el nivel de humedad deseado. Durante este proceso, se llevó a cabo una mezcla continua durante 1 minuto. Adicional, se introdujeron los elementos solubles como el aceite de soya. Después de haber añadido todos los componentes, se realiza otro proceso de mezclado a 1 minuto para asegurar una mezcla completa y homogénea para la elaboración del alimento para peces (D., 2002).

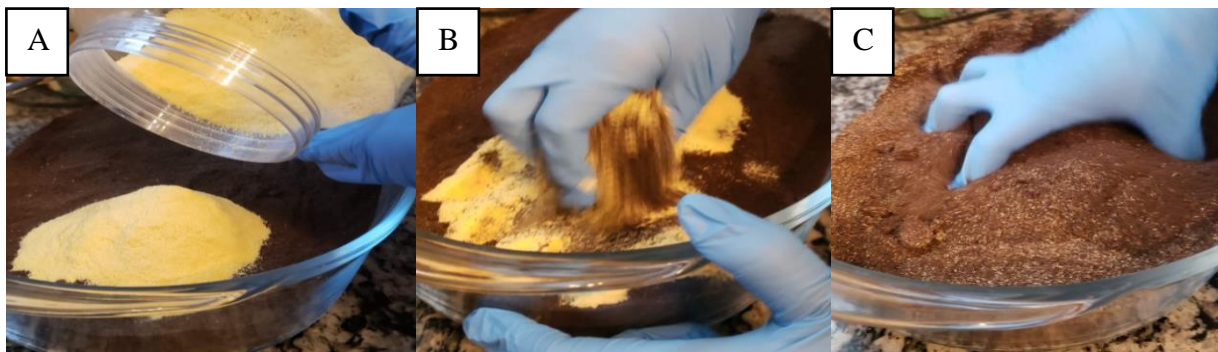


Figura 15: Formulación de la harina MSN. Incorporación de harina de maíz a la harina de MSN (A). Mezclado de las harinas (B). Homogenización de las harinas de MSN y de Maíz (C). Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.7.7. Extrusión

La temperatura dentro del Extrusión es un factor primordial, siendo este que durante el proceso debe oscilar dentro de los 110-150°C durante 15 minutos, además fueron producidos a tamaños de 1.5 mm para la ingesta de alevines respectiva (César Molina-Poveda, 2019). Se utilizó un horno tostador para el proceso dejando a la temperatura ya establecida durante 1 min (figura

11). y previamente agregada agua caliente a la mezcla de harinas. Además, se recurrió al uso de un cedazo de medidas de 1.5 mm para darle forma al alimento. Una vez realizado el proceso se deja a temperatura de 35°C hasta ver que la muestra no se encuentre húmeda y se procede a su almacenamiento.

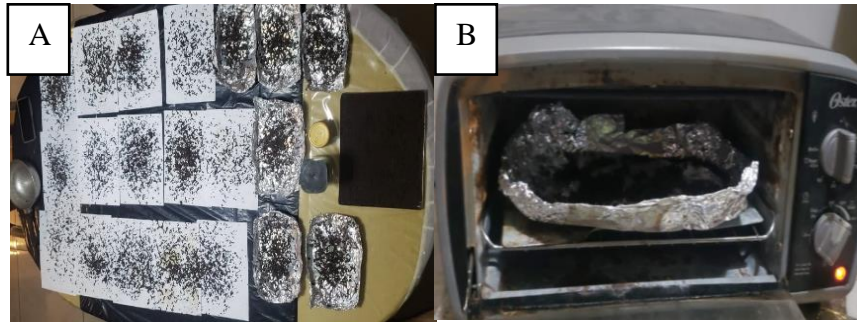


Figura 16: Proceso de extrusión de la harina LMSN. Formación de pellets del alimento (A). Secado de pellets por calentamiento en horno (B). Fuente propia: Christian Moran, Jorge Jara

3.7.8. Crianza de alevines de tilapia

Para la crianza de los peces se prepararon los estanques/peceras en donde permanecerían para su mantenimiento y crecimiento, se selecciona un área adecuada para un total de 25 peces por cada pecera ya que estos peces deben tener una adecuada y determinada área dependiendo a la cantidad y al tamaño del pez, antes de colocar los peces se debe realizar una limpieza previa para un condicionamiento óptimo de los peces. Se utilizaron 3 gavetas medianas con soporte de alimento con filtros respectivos y válvulas de aire.

3.7.9. Instalación y montaje de peceras

Para el montaje de las peceras se hace una selección de un espacio físico adecuado para la realización del ensaño experimental, el cual se realizó en un espacio de la Universidad Politécnica Salesiana, con espacio específico del laboratorio de entomología, con una temperatura controlada para el mantenimiento y adecuación de la temperatura. En el espacio proporcionado se colocan 3 gavetas plásticas, las cuales se les da un lavado previo para el llenado con agua. En estas gavetas se coloca un termómetro para cada una, para controlar la temperatura y verificar alguna variación, así mismo para el mantenimiento se añaden filtros de agua, con una bomba de aire, lo cual oxigenará el agua y ayudará al mantenimiento y a la limpieza.

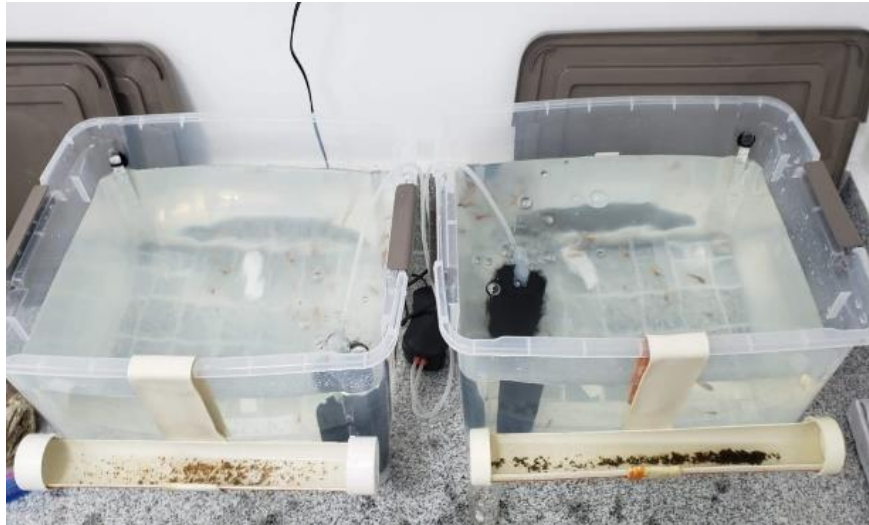


Figura 17: Montaje de peceras para la crianza de los alevines de tilapia.

Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.10. Adaptación de alevines

Después de la recepción de los alevines, se los traslada de manera cuidadosa para evitar que se estresen y estropeen, se los recepto en una bolsa inflada para poder mantener oxígeno dentro, como una cámara de aire. Para la adaptación de los peces, se toma unos cuantos que se encuentran en su agua habitual para poderlos traspasar a las peceras que se realizaron con un agua diferente, el traspaso fue realizado de a poco, un grupo pequeño para poder visualizar como responden respecto al cambio de agua. Se procedió a abrir la funda plástica en la que llegaron los peces y con una red de peceras, se realizó el traspaso de forma gradual a nuevas condiciones (Figura 12).

Se adquirió un total de 75 (AT) a una semana de su eclosión, los cuales presentaban rasgos de un aproximado de 1 cm de longitud, lo que garantizaba una medición más precisa en el momento de evaluar su crecimiento. Al obtener los peces se incorporaron durante 15-20 min a una nueva gaveta con agua cruda para que se adapten a una nueva temperatura y evitar pérdidas, hecho esto pasan a ser separadas en distintas gavetas para lograr suministrar los distintos tratamientos para el proyecto, siendo estas la cantidad de 3 gavetas en las cuales en cada una se incorporan 25 peces, éstos son etiquetados por grupos siendo: Grupo A alimento comercial, Grupo B alimento de LMSN y Grupo C alimento de (LMSN) de nuevo, debido a que servirá como un duplicado del tratamiento del Grupo B para tener datos más específicos y poder determinar si funcionó el alimento que se está suministrando.

- Tratamiento control (GA): *Oreochromis* sp. Alimentados con balanceado comercial sin inclusión de harina de larva de *Hermetia illucens*.
- Tratamiento 1 (GB): *Oreochromis* sp. alimentados con alimento formulado con una inclusión de harina de larva de *Hermetia illucens* del 70%.

- Tratamiento 1 duplicado (GC): *Oreochromis* sp. alimentados con alimento formulado con una inclusión de harina de larva de *Hermetia illucens* del 70%.



Figura 18: Adaptación de alevines de tilapia a nuevas condiciones. Se reciben los alevines en una funda plástica con una cámara de aire para preservación de los peces (A). Colocación gradual de los peces en nueva condición de agua (B). Traspaso completo de todos los peces adaptados a nueva calidad de agua (C). Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.11. Parámetros de condicionamiento en peceras de alevines

En el crecimiento y crianza de los peces se tomaron en cuenta parámetros los cuales aseguraban el mantenimiento y supervivencia, los parámetros más importantes fueron los detallados a continuación.

3.7.11.1 Temperatura

En la medición de la temperatura se coloca un termómetro fijo que estará en contacto directo con el agua en donde con facilidad se pueda visualizar y acceder para su respectiva medición en donde con frecuencia de forma regular se realiza la lectura de los datos, una vez

tomado los datos, se realiza un registro de la temperatura en un cuaderno para llevar un control en donde podremos detectar un patrón y realizar un seguimiento sobre algún cambio repentino y realizar una respuesta rápida para evitar complicaciones.

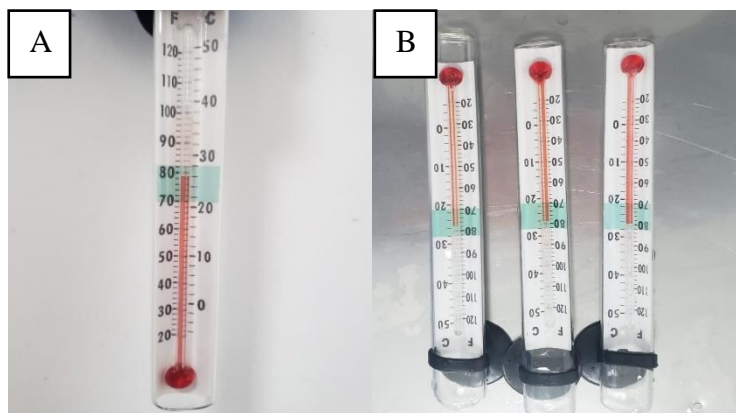


Figura 20: Termómetros fijos para medición de temperatura en peceras. Temperatura individual de una pecera (A). Temperatura de las 3 peceras para comparación y control (B). Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran.

3.7.11.2. pH

Para la medición de pH en las peceras, se toma una muestra cada vez en diferentes horas del día para su respectiva medición, así es posible visualizar un cambio repentino y la alteración de las condiciones de potencial de hidrogeno en el agua. Se utiliza un potenciómetro de mesa, el cual para cada medición se realiza un proceso de calibración con soluciones buffers de (4.01; 7). Se mide la solución de calibración de pH 4.01, luego se lava el electrodo y se repite el proceso con la solución de pH 7, de esta manera se ajusta el equipo y proseguir con las mediciones de pH, lo cual se toman unos 20ml de agua de cada una de las peceras y se mide con el potenciómetro, después de cada análisis de cada muestra, se realiza un lavado con agua destilada del electrodo hasta la última muestra, se retira el electrodo y se le realiza dos lavadas con agua destilada para poder guardar el equipo. Una vez realizada la medición se colocan los datos en un registro para

poder analizar e interpretarlos, con la posibilidad de verificar la calidad del agua en donde se encuentran los peces.

3.7.12. Alimentación de alevines de tilapia

En la alimentación de los peces se realizó un cálculo para la determinación de la cantidad de ración diaria de alimento para cada grupo de los peces dependiendo a su peso y a la cantidad promedio de muestra tomada por grupo. Para el cálculo de raciones diarias se utilizan los datos detallados en tablas evidenciadas y de Fuentes confiables, las fórmulas que se utilizan son con los datos de población total, de peso de subpoblación para muestreo, peso promedio de tilapias, temperatura del agua.

- Cálculo de biomasa = Peso promedio / N° de peces de muestreo
- Alimento/Día = (Biomasa) x (media de peso) x (% de alimentación)
- Ración = alimento calculado / N comidas por día

En el caso del presente estudio se tiene que la población total de tilapias rojas es de 75 individuos, con una temperatura promedio de 24 °C, en la que se tomaran 5 individuos para muestreo y cálculo de alimentación diaria de los peces, y para llegar a la ración estimada se pesan los 5 peces y se saca una media de peso de los peces.

3.7.12.1. Cálculo de biomasa con 75 individuos y 5 de muestreo.

$$\text{Biomasa} = \frac{(\text{gramos de los 5 individuos muestrales})}{5 \text{ individuos de muestreo}} = (\text{Media de peso})$$

3.7.12.2. Cálculo de alimento diario

$$\text{Alimento/día} = \frac{(75 \text{ individuos}) * (\text{media de peso}) * (5,5)}{100} = \text{gramos diarios}$$

3.7.13. Limpieza y desinfección de peceras

En el mantenimiento de las peceras se realizan lavados de dos veces por semana para evitar la contaminación de estas, previniendo que ocurran muertes de peces. Lo lavados y el cambio de agua siguen rigurosos pasos para llevar a cabo aquello, el procedimiento es tomar los peces y colocarlos en recipientes con agua limpia para proseguir a retirar el agua en totalidad, se lavan las peceras con agua y jabón neutro para eliminar todo tipo de suciedad y restos de comida, en el lavado se toma el filtro para poder lavarlo y que quede limpio para volverlo a colocar, una vez lavada las peceras se llenan las mismas con agua limpia para poder colocar los peces de manera gradual y controlada para que no ocurra un estrés de los peces o estropeo de los mismos, una vez que estén los peces dentro de las peceras limpias se hace la adecuación de la bomba de aire, del filtro y del medidor de temperatura. Además, se implementó en las peceras tubos PVC como soporte para el alimento y así evitar contaminar el agua, logrando duré mucho más tiempo limpia hasta la siguiente limpieza.

3.7.14. Medición de crecimiento de alevines

En el crecimiento de los peces se toma un individuo por pecera con un intervalo de 2 veces por semana, ya que la medición del crecimiento se realiza de manera paralela con el cambio y mantenimiento de las peceras, para verificar su longitud en centímetros, se coloca un pez sobre una hoja blanca y se coloca una regla para la medición, se toman los datos y se los coloca en un registro para llevar un control de crecimiento de los peces, una vez medida la longitud se los regresa a las peceras.

De forma paralela se realiza el pesado de toda la población para verificar la ganancia de peso en todo el grupo, al retirar los peces cuando se realiza la limpieza se tara un vaso de precipitado de 500ml con agua, luego se colocan todos los peces 25 por grupo para verificar el

peso, registrando cada dato obtenido, luego para terminar el proceso de pesado se colocan los peces en las peceras adecuadas.

3.7.15. Determinación de proteínas en alevines

Para la realización del análisis en la composición de proteína en los peces, se lleva a cabo un protocolo Kjeldahl el cual es un método analítico, el cual consta de diversos pasos para llevar al cabo el análisis.

3.7.15.1. Preparación de la muestra

Se toma un 20% de cada grupo, que corresponde a un número de 3 peces, se los deja al ambiente hasta su deceso, luego los individuos se los coloca en la estufa para que se pierda en su mayoría la cantidad de agua retenida (Figura 22).

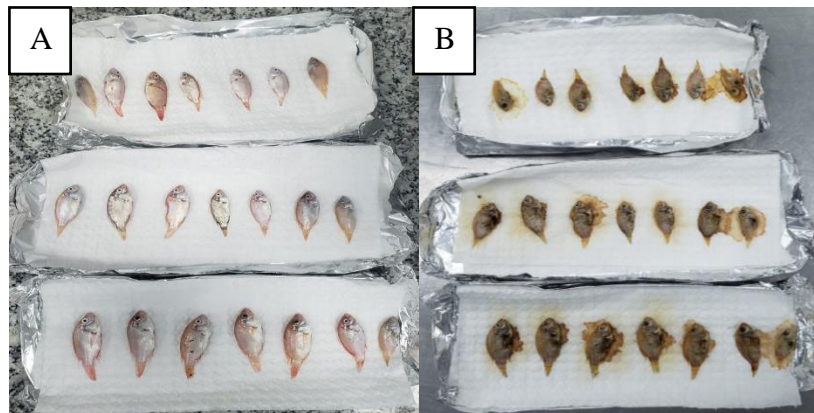


Figura 22: Preparación de las muestras para el proceso de determinación de proteína. Muestras antes del secado (A). Muestras después de secado en estufa (B).

Es requerimiento para llevar a cabo el análisis, que la muestra sea en peso seco, una vez sacados de la estufa se pesa 1g por grupo (A, B, C). En este análisis se realizó un duplicado, lo cual se tienen 5 muestras (Figura 16). Después del pesado se colocan las muestras en tubos para digestión.



Figura 23: Muestras de tilapias para análisis de proteína.

Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

Nota: Se peso \pm 1g de peces para el proceso de proteína Kjendhal, siguiendo el protocolo de laboratorio establecido.

3.7.15.2 Digestión

Una vez que la muestra está en los tubos, se van colocando los ingredientes para la digestión, se agregan 2 tabletas catalíticas, 20ml de ácido sulfúrico concentrado, 5ml de peróxido de hidrogeno. Posterior a ello se arma el equipo digestor en donde se establece la temperatura y el tiempo en 3 rangos diferentes (30min a 250°C; 30min a 350°C y 60min a 420°C). Terminado el proceso de digestión se dejan enfriando las muestras hasta a una temperatura de 50-60°C.

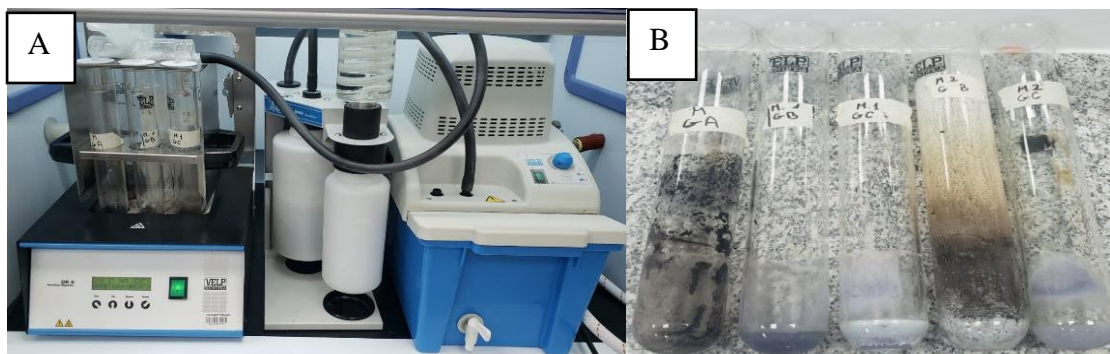


Figura 25: Proceso de digestión para determinación de proteínas. Equipo completo de digestor de muestras (A). Muestras digeridas (B). Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

Nota: En el proceso de digestión se colocan ácidos para poder disolver las muestras sólidas y teniendo una solución disponible para los procesos posteriores como la destilación y cuantificación de N. en las muestras, lo que permitirá cuantificar el porcentaje de proteína.

3.7.15.3. Destilación

La destilación se realiza con hidróxido de sodio y con un calentamiento, con un tiempo de 5 minutos por muestra, y en cada cambio de muestra se realiza un lavado del equipo con un destilado en blanco, donde solo se usa agua para poder limpiar y purgar. La muestra que se analiza libera el ion amonio en forma de gas, luego queda atrapado en el ácido bórico con una solución titulante que con anterioridad se colocaron en un balón de 250ml en presencia de proteína se genera un cambio de color de la solución del ácido bórico, de un rosa a un tono verde o azul el cual va a depender del indicador que se llegue a utilizar.

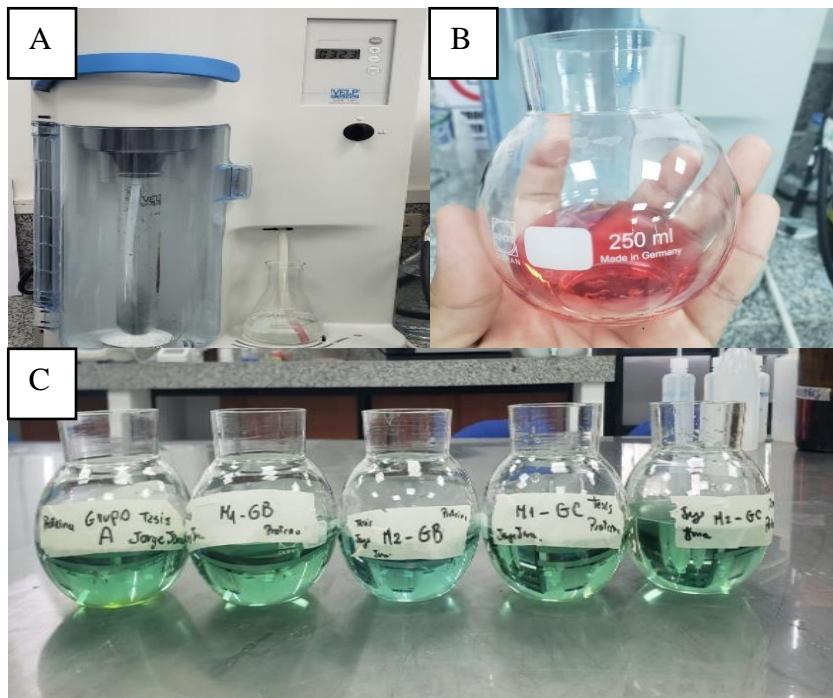


Figura 27: Proceso de destilación de las muestras digeridas. Equipo destilador de muestras con HCl (A). Ácido bórico con solución indicadora (B). Muestras destiladas con amoniaco gaseoso atrapado en ácido bórico (C). Fuente propia: Jorge Jara, Christian Moran (2023).

3.7.15.4. Titulación

En la titulación se utiliza lo que salió del equipo de destilación, tomando el balón que contiene el amonio en forma de gas disuelto en solución de ácido bórico. Para este análisis se usan soluciones titulantes como el ácido clorhídrico (HCl) o el ácido sulfúrico (H₂SO₄) a una concentración del 0,1N. En el análisis llevado a cabo se utilizó el ácido sulfúrico el cual viene a una concentración de 98N y se procedió a realizar un cálculo para poder llegar a una concentración que el protocolo detalla, para ello se utilizó la fórmula de normalidad en donde primero hallaríamos el numero equivalente para luego usar la fórmula de normalidad y sustituir, para encontrar el volumen de ácido sulfúrico en un matraz aforado de 250ml que será enrasado con agua destilada.

$$Normalidad = \frac{Equivalente\ soluto}{Volumen\ litro\ de\ solucion} \quad \#Equivalente = \frac{Masa\ soluto}{Peso\ equivalente}$$

3.7.15.5. Cálculo del porcentaje de N y de proteína en las muestras de peces digestadas

Por último, para este análisis Kjendhal se utiliza una fórmula para hallar cantidad de Nitrógeno presente, después el %N se multiplica con un factor de conversión que en general es 5,6 nos da el resultado de la cantidad de proteína cruda en las muestras.

$$\%N = \frac{14 * N * (Vg) * Fc.}{Peso\ de\ muestra\ mg} x 100$$

%N: Porcentaje de nitrógeno

N: Normalidad del ácido titulante

Vg: Volumen gastado del ácido titulante

Fc: Factor de conversión 5,6

P: Peso de muestra en mg

3.7.16. Cálculo de porcentaje de mortalidad

Para una verificación de efectividad y de individuos vivos y no vivos, se realizó un cálculo de mortalidad, con una formula en donde se calcula el porcentaje tomando en cuenta el número de individuos muertos divididos para el número de individuos iniciales multiplicado por 100

$$\%Mortalidad = \frac{N^{\circ} \text{ individuos muertos}}{N^{\circ} \text{ de individuos iniciales}} \times 100$$

Capítulo 4

Resultados y discusiones

4.1. Porcentaje de rendimiento

En el porcentaje de rendimiento se toman en cuenta los pesos iniciales con los finales, de igual si ocurre un proceso de secado en donde puede haber una variación de peso debe considerarse los pesos antes y después del secado.

Se toma una fórmula para poder calcular el porcentaje de rendimiento la cual es la siguiente.

$$\%R = \frac{\text{masa experimental}}{\text{masa teorica}} \times 100$$

En donde,

%R= Porcentaje de rendimiento

En donde primero se deben realizar otros cálculos que permitirían calcular el porcentaje de rendimiento.

- **Muestra fresca húmeda**

2200+2200+ 894= 5294 gr (larvas después del lavado antes de proceso de secado)

- **Muestra seca y molida**

1004,4+181,9+96,6 = 1282,91 gr (al ya moler la muestra de larva seca)

- **Harina MSN + Harina de maíz**

1282,91 gr (MSN) + 549,81 gr (HM)= 1.831,91 gr HARINA FORMULADO SECA

4.2. Análisis bromatológico de las diferentes harinas (comercial, harina LMSN, harina formulada)

Para la determinación nutricional de las diferentes harinas se realizaron análisis bromatológicos que ayudaron a verificar el porcentaje de proteínas, grasas, ceniza y humedad de las diferentes harinas llevadas a analizar, para así determinar y comparar la cantidad porcentual de nutrientes de cada una, tomando en cuenta que las muestras llevadas a laboratorio fueron la de harina de LMSN, la harina formulada que fue una combinación de harina de maíz con la HLMSN y por último se analizó la harina de pescado comercial. En la tabla 6 se exponen los resultados obtenidos del análisis bromatológico de las harinas.

Tabla 6: Parámetros bromatológicos analizados en las harinas de estudio.

Muestra	Peso (g)	proteína (%)	Humedad (%)	Grasa Total (%)	Ceniza (%)
Balanceado comercial		29,24	9,75	8,53	8,81
Harina MSN		37,36	6,26	31,49	10,17
Harina de maíz	20g	6,74	11,8	1,51	0,24
Harina formulada (MSN-MAIZ)		25,42	13,54	26,59	6,02

Autores: Christian Moran, Jorge Jara.

Nota: En la tabla se muestran los resultados de los análisis que se llevaron a cabo para poder determinar el valor nutricional de las proteínas.

En el proceso de análisis de diversas muestras de harinas, se han obtenido resultados altamente heterogéneos en cuanto a contenido proteico. Se registraron niveles de proteína del

29,24% en el balanceado comercial, 37,36% en la HLMSN no formulada, 6,74% en la harina de maíz y un 25,42% en la harina formulada, que representa una combinación de LMSN y harina de maíz. Estos porcentajes se refieren a la cantidad de proteína presente en cada una de las harinas analizadas. Además, se llevaron a cabo análisis adicionales para evaluar diversos parámetros nutricionales. En cuanto a la humedad, se registraron valores del 9,75% en el balanceado comercial, 6,26% en la HLMSN pura, 11,8% en la harina de maíz y un 13,54% en la harina formulada (que combina HLMSN y harina de maíz). En lo que respecta al contenido de grasas, se obtuvieron porcentajes del 8,53% en el balanceado comercial, un elevado 31,49% en la HLMSN no formulada, un modesto 1,51% en la harina de maíz y un 26,59% en la harina formulada (LMSN + harina de maíz). Por último, se examinó el parámetro de ceniza, revelando valores del 8,81% en el balanceado comercial, 10,17% en la HLMSN sin formulación, un mínimo de 0,24% en la harina de maíz y un 6,02% en la harina formulada, que consiste en una mezcla de LMSN y harina de maíz. Estos resultados proporcionan una visión completa de la composición nutricional y la calidad de las diferentes harinas analizadas en este estudio.

El porcentaje de proteína de HLMSN para alimentación de animales de crianza en comparación con las harinas comerciales, tiene una equivalencia nutricional muy aceptable pudiendo ser aplicada como alternativa en la alimentación de peces con porcentajes casi similares teniendo una comparación admisible defendiendo los resultados obtenidos por medio de protocolos de laboratorio (Cazorla, 2014).

4.3. Parámetros de crecimiento de tilapias

En el cultivo de tilapia roja se deben tener en cuenta los parámetros de condicionamiento y de ambientación de las peceras para el cuidado y mantenimiento de los peces, en la tabla 7 se

muestran los parámetros que se toman en cuenta para el mantenimiento, cuidado y crianza de los peces.

Tabla 7: Condiciones de crianza de tilapias y evaluación de crecimiento.

Condiciones de mantenimiento y evaluación de crecimiento de los peces					
Muestra A					
N° Semana	Peso (g)	Tamaño (cm)	pH	N° de peces	Temperatura (°C)
Semana 1	22	2	6,83	25	24
Semana 2	26	2,5	6,49	25	
Semana 3	28	4,3	6,88	24	
Semana 4	29	4,6	7,23	24	
Muestra B					
	Peso (g)	Tamaño (cm)	pH	N° de peces	Temperatura (°C)
Semana 1	22	2	7,34	25	24
Semana 2	27	3	6,58	25	
Semana 3	29	4,7	6,64	25	
Semana 4	32	5,5	7,82	23	
Muestra C					
	Peso (g)	Tamaño (cm)	pH	N° de peces	Temperatura (°C)
Semana 1	23	2	6,52	25	24
Semana 2	25	3	7,45	25	
Semana 3	28	4,5	7,23	24	
Semana 4	32	4,9	7,63	24	
Autores: Christian Moran, Jorge Jara.					

Nota: Se detallan los valores recolectados de los parámetros que se tomaron en cuenta para la posible determinación de las condiciones óptimas del cuidado y el mantenimiento de los alevines de tilapia.

En el estudio se tomaron en cuenta diferentes parámetros que pueden influir en las condiciones y en calidad de los peces, por ello en la tabla 7 se detallan campos en donde se verifican variables con potenciales indicadores de capacidad y calidad, como es el caso de los pesos y tamaño en donde se verán cambiados por las condiciones de pH, temperatura y la cantidad de peces dependerá de estas condiciones.

4.3.1. PH

Se ofrecen aquí los datos recolectados que se refieren a los parámetros fundamentales que se han considerado cruciales en la supervisión del bienestar de los peces. Estos datos han sido registrados con un cuidado meticuloso de forma semanal, con el objetivo de examinar el desarrollo y el peso de los peces, así como de supervisar las condiciones del agua en las peceras. Uno de los parámetros más destacados es el pH, cuyos valores se han registrado de manera semanal en distintos grupos de muestreo con el propósito de mantener un control minucioso de las condiciones del agua. En el Grupo A, se puede observar que los valores de pH han permanecido dentro de un rango estable a lo largo de las cuatro semanas de prueba, variando desde un mínimo de pH 6,49 hasta un máximo de pH 7,23. En el Grupo B, los datos obtenidos muestran una variación en los valores de pH, que han fluctuado entre 6,58 (valor mínimo) y 7,82 (valor máximo) durante las cuatro semanas de seguimiento, en una tendencia similar a la observada en el Grupo A. Por último, en el Grupo C, los valores de pH registrados han experimentado oscilaciones dentro de un rango que va desde pH 6,52 hasta pH 7,63 durante el período de cuatro semanas. Estos resultados constituyen una base sólida para la evaluación y el mantenimiento de las condiciones óptimas del agua en las peceras, lo que a su vez contribuye al cuidado y bienestar de los peces en el contexto de este estudio.

En el estudio de los parámetros adecuados para la crianza de los alevines de tilapia se realizó un análisis estadístico de comparación de 2 muestras independientes por ANOVA, para evaluar las medias en cuanto a pH y tamaño de los peces, permitiendo analizar la influencia de pH con el desarrollo y crecimiento de los peces, se detallan los valores que son más significativos en cuanto al pH en relación con el tamaño, en la tabla # se muestran las variaciones significativas de las medias de las condiciones de pH.

Tabla 8: Comparación de pH en cuanto al tamaño de alevines de tilapia

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
6,49 - 6,64	*	-2,2	1,27062
6,49 - 6,88	*	-1,8	1,27062
6,49 - 7,23	*	-2,05	1,10039
6,49 - 7,63	*	-2,4	1,27062
6,49 - 7,82	*	-3	1,27062
6,52 - 6,64	*	-2,7	1,27062
6,52 - 6,88	*	-2,3	1,27062
6,52 - 7,23	*	-2,55	1,10039
6,52 - 7,63	*	-2,9	1,27062
6,52 - 7,82	*	-3,5	1,27062
6,58 - 6,64	*	-1,7	1,27062
6,58 - 6,88	*	-1,3	1,27062
6,58 - 7,23	*	-1,55	1,10039
6,58 - 7,63	*	-1,9	1,27062
6,58 - 7,82	*	-2,5	1,27062
6,64 - 6,83	*	2,7	1,27062
6,64 - 7,34	*	2,7	1,27062
6,64 - 7,45	*	1,7	1,27062
6,83 - 6,88	*	-2,3	1,27062
6,83 - 7,23	*	-2,55	1,10039
6,83 - 7,63	*	-2,9	1,27062
6,83 - 7,82	*	-3,5	1,27062
6,88 - 7,34	*	2,3	1,27062
6,88 - 7,45	*	1,3	1,27062
7,23 - 7,34	*	2,55	1,10039
7,23 - 7,45	*	1,55	1,10039
7,34 - 7,63	*	-2,9	1,27062
7,34 - 7,82	*	-3,5	1,27062
7,45 - 7,63	*	-1,9	1,27062
7,45 - 7,82	*	-2,5	1,27062

Nota: Los datos son variaciones significantes de las medias de todas las medidas de pH, en donde se puede observar que existe una influencia importante en cuanto al pH y al tamaño de los alevines de tilapia, lo que significa que estos son intervinientes del rendimiento de crecimiento. En la figura 30 Se visualiza una mejor representación de las medias significativas con método del 95% de confiabilidad en LSD, en donde puede evidenciar que las medias más representativas son las de

pH de 7,23, 7,63 y 7,82 lo cual evaluando con los datos de tamaño (tabla 9) estas serían las condiciones en donde mayor crecimiento.

Tabla 9: Tabla de medias representadas en LSD

Método: 95,0 porcentaje LSD

pH	Casos	Media	Grupos Homogéneos
7,34	1	2,0	X
6,83	1	2,0	X
6,52	1	2,0	X
6,49	1	2,5	X
6,58	1	3,0	X
7,45	1	3,0	X
6,88	1	4,3	X
7,23	2	4,55	X
6,64	1	4,7	X
7,63	1	4,9	X
7,82	1	5,5	X

Con la prueba de Tukey y la gráfica de cajas se puede interpretar la media de pH que representa óptima para un desarrollo adecuado de los alevines, lo cual permite establecer parámetros de condiciones adecuadas para su posterior desarrollo

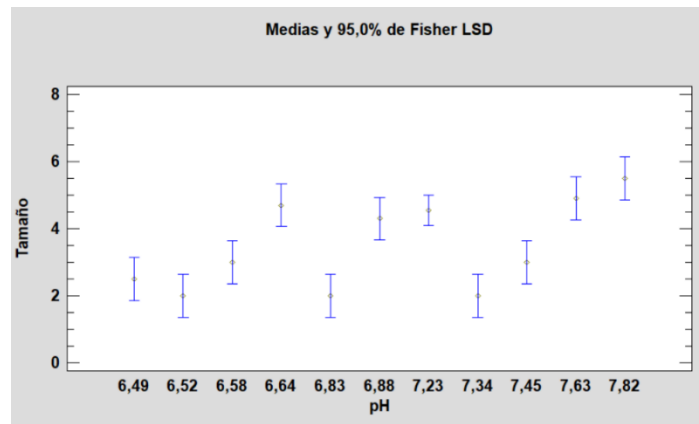


Figura 28: Diagrama de medias comparativas de pH en relación con el tamaño

Es así como se puede mencionar que el pH adecuado para el mantenimiento de las peceras es de un 7,82 mostrando una distribución mayor en comparación a los otros datos de pH, por lo que se puede establecer un rango óptimo de control para el mantenimiento adecuado.

4.3.2. Temperatura

Las temperaturas obtenidas se las recolecta para poder llevar un control y una comparativa a lo largo del experimento lo cual en el transcurso de este se pueden recolectar valores de 24-25°C, por lo que las peceras se las mantuvo en un ambiente controlado sin mucha variación de temperatura, por ello no hay mucha diferenciación de esta, manteniendo en un rango muy estable para el mantenimiento de la condición optima de T en las peceras para el desarrollo y cuidado de los peces. Los valores de temperatura se pueden evidenciar en (tabla 7), donde detalla otros tipos de parámetros que se tomaron en cuenta. Estos resultados se dieron gracias al mantenimiento de una zona controlada, con poca variación permitiendo mantenerse en un rango adecuado para el desarrollo de los peces. Con base a un estudio realizado por otro autor (Gonzalez, 2023) el cual menciona que la temperatura adecuada para un desarrollo adecuado de las tilapias es de un rango de 25 a 30 °C, por lo que con nuestros valores de temperatura obtenidos entran en el rango de aceptación.

4.4. Análisis composicional de proteína en tilapias

Para determinar la composición de las proteínas se realiza un proceso kjendhal en donde analizara el porcentaje de nitrógeno presente en las muestras, indicando la presencia de proteína en los alevines de tilapia.

En la tabla 8 se muestran los resultados obtenidos del porcentaje de proteína aplicando protocolo de análisis Kjendhal para su respectivo ensayo. Los resultados encontrados han sido comparativos entre la muestra A que es el grupo al que se le suministro alimento balanceado

comercial obteniendo un valor de 25,86% de proteína contenido en ± 1 g de muestra. De la misma manera se evaluó en los otros grupos (B y C) llevando a cabo un duplicado por cada uno obteniendo porcentajes de proteínas muy significativas en comparación a la comercial, en la muestra 1 del grupo B se obtuvo un porcentaje muy mayor de un 30,27%, mientras que en el grupo C el valor significativo es de 26,34.

Tabla 10: composición de proteína en peces

Muestra	Peso (mg)	H2SO4 gastado (ml)	Proteína (%)
M. grupo A	1090	32,213	25,86
M1 grupo B	1190	41,163	30,27
M2. grupo B	1090	35,574	28,56
M1 grupo C	1070	31,998	26,17
M2 grupo C	1340	40,333	26,34

Fuente propia: Christian Moran, Jorge Jara (2023).

Se realiza un análisis comparativo por visualización, en donde se puede observar que la cantidad porcentual de proteína de las tilapias en comparación a los resultados obtenidos de las harinas (tabla 6) tienen una variación muy significativa lo que conlleva a que se acepte la hipótesis alternativa que menciona que el alimento a base de insectos mejora significativamente el rendimiento de crecimiento de los peces en comparación con un alimento tradicional. En base a un estudio realizado por (Soriano, 2022) expone de igual manera porcentajes altos en una etapa juvenil con resultados de 69,1 y 72,7% de proteína, lo cual apoya los resultados obtenidos por los análisis llevados a cabo en el presente trabajo.

4.5. Cantidad de alimento diario suministrado

Se detallan los datos obtenidos de la suministración de ración diaria de los peces, lo cual se utilizaron fórmulas para poder hallar el valor en gramos que se dará de comer a los peces de acuerdo con su peso y a la cantidad de valor muestral que se tome por cada tratamiento.

4.6. Cálculo de Alimentación diaria.

Con una población de 75 peces, para la selección de individuos muestrales se calcula el 10% del total lo que equivale a un 7,5 individuos, por ende, se tomaran 8 individuos para redondeando el valor encontrado, con el dato hallado se puede sacar un peso medio de toda la población obteniendo un valor de 1,2g el cual viene a ser el valor medio en peso total de los individuos.

$$\text{Biomasa} = \frac{(9g)}{8 \text{ peces}} = (1,12g)$$

$$\text{Alimento/día} = \frac{(75) * (1,12g) * (5,5)}{100} = 4,6g$$

En el cálculo del alimento por día da un valor total para todos los 75 peces de 4,6g, lo cual deberá dividirse para 3 por tratamientos dando un valor de 1,54g de alimento para cada pecera en donde se tienen 25 individuos por grupo.

4.7. Mortalidad

Se obtuvo un porcentaje de mortalidad de un 5,33% en el transcurso del trabajo experimental, lo que podemos intuir que, gracias al control minucioso de los parámetros de crianza de tilapias, se pudo preservar en su mayoría la cantidad de individuos iniciales, teniendo en cuenta que no estuvieron en condiciones muy optimas de cultivo, por ende el riguroso control y el seguimiento de un manual de crianza de tilapia obtenido de (Guerrero P. M., 2015), beneficio el manejo de las condiciones óptimas para evitar un porcentaje de mortalidad muy alto.

Capítulo 5

Conclusión y recomendaciones

5.1. Conclusiones

5.1.1. Primera

Se han identificado las condiciones óptimas para criar *Hermetia illucens* con el propósito de desarrollar futuros productos biotecnológicos. Este enfoque busca no solo proporcionar alternativas alimenticias para animales de corral destinados al consumo humano, sino también elevar el valor nutricional de estos productos a niveles comparables e incluso superiores a los actuales. Esto se logra mediante la modificación de factores relacionados con la crianza y el cuidado del insecto, con el objetivo de favorecer su desarrollo y maximizar su valor nutricional (Ayamamani, 2020).

5.1.2. Segunda

Los nutrientes promedio en porcentaje obtenidos del análisis fisicoquímico de la harina de larva de *Hermetia illucens* son los siguientes. Proteína cruda ($37.36 \pm 1.87\%$), Humedad ($6.26 \pm 0.13\%$), Cenizas ($10.17 \pm 0.27\%$), Grasa total ($31.49 \pm 0.82\%$). Lo que se puede concluir que tiene valores óptimos para la inclusión de alimentos de tilapias. Los resultados detallados en nuestro trabajo se compararon con investigaciones similares como la de (Mendoza, 2022), en donde expone valores obtenidos del análisis composicional de la harina de MSN con un 34.97% de proteína, el cual se asimila a lo que se encontró en el análisis del presente trabajo, permitiendo concluir que la MSN es una fuente alternativa de proteína.

5.1.3. Tercera

Cuando se añadió un 70% de proteína de HLMSN a la dieta, se observaron los mayores aumentos de peso por semana y en la etapa de alevines, con un promedio de 26.9167 gramos, en

comparación con los tratamientos que incluían alimento comercial. Es así que, gracias a la comparación de los resultados obtenidos de los dos tipos de alimento balanceado, se puede concluir que los resultados de los datos de las mediciones físicas para análisis de ganancia de peso fueron aceptados y muy factibles, permitiendo destacar el papel que juega la inclusión de insecto en rendimiento de desarrollo y crecimiento de los peces apoyándose con los valores que se obtuvieron de (Costanza, Manuel, & Carolina, 2020).

5.1.4. Cuarta

En resumen, se ha demostrado que los parámetros de acondicionamiento de las peceras, como el pH y la temperatura, desempeñan un papel fundamental en el rendimiento, desarrollo y crecimiento de los peces. Estos factores son críticos para mantener un ambiente adecuado en la acuicultura y garantizar el bienestar y la salud de los peces. Ajustar y controlar cuidadosamente estos parámetros es esencial para lograr un óptimo rendimiento en la producción de peces en sistemas de acuicultura. (Obregon, 2005).

5.1.5. Quinta

Con base a resultados expuestos en el trabajo experimental propuesto, se puede dar paso a que exista una inclusión de hasta un 70% de alimentación a base de harina formulada con insecto *Hermetia illucens*, mostrando un efecto positivo en cuanto al desarrollo y el crecimiento de los alevines de tilapia. De igual manera con trabajos presentados sobre la inclusión de harina de mosca soldado negro y gracias a los resultados favorables, se detalla que una alimentación a base de MSN no infiere de manera negativa el desarrollo de los peces, ni la digestibilidad de estos. (Jativa, 2022).

5.2 Recomendaciones

- Optimizar el proceso de colecta de larvas para futuros usos en productos biotecnológicos.
- Examinar la viabilidad de utilizar otros residuos orgánicos disponibles como potenciales materiales de crianza para *Hermetia illucens*.
- Llevar a cabo investigaciones con respecto a la calidad nutricional de la proteína obtenida de la larva de *Hermetia illucens* de origen animal, centrándose en aspectos como el perfil de aminoácidos, la digestibilidad, los ácidos grasos esenciales y otros parámetros relacionados.
- Conducir investigaciones con el fin de establecer los niveles adecuados de incorporación de la LMSN como sustituto de otras fuentes de proteína de origen animal en las alimentaciones destinadas animales de tipo acuícola.
- Implementar el alimento a base de *Hermetia illucens* en grupos grandes de animales de tipo acuícola para tener una mayor especificidad en resultados sobre el nivel de eficacia que tiene la inclusión de este tipo de formulaciones.

Bibliografía

- A., E., Ahmed, R., E., B., Elfeky, A., & Abd., A. (2019). DIETARY LIPIDS REQUIREMENT FOR NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) LARVAE. *Egyptian J. Nutrition and Feeds*, 22(2). doi:10.21608/ejnf.2019.79439
- Abd El-Hack, M. S. (2020). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review. *10*, 8, 339. *Agriculture*. doi:<https://doi.org/10.3390/agriculture10080339>
- Agrotendencia. (2023). *Cultivo de tilapia: Tipos, beneficios, propiedades y su cultivo*. Recuperado el Agosto de 2023 , de <https://agrotendencia.tv/agropedia/acuicultura/cultivo-de-la-tilapia/>
- Agrotendencia.TV. (2023). *Cultivo de tilapia: tipos, beneficios, propiedades y su cultivo*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://agrotendencia.tv/agropedia/acuicultura/cultivo-de-la-tilapia/>
- Angel, L. E.-d., Huerta, E. E., Brito, R., & Carrio, G. (2014). *Ficha técnica tilapia Oreochromis niloticus*. Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/266617841_Ficha_tecnica_tilapia_Oreochromis_niloticus
- Asopespa. (2018). *CARACTERÍSTICAS DE LA TILAPIA ROJA (OREOCHROMIS SP)*. doi:<http://asopespa.org/2018/04/25/caracteristicas-de-la-tilapia-roja-oreochromis-sp/>
- Ayamamani, R. B. (2020). *CORRELACION DE ÍNDICES PRODUCTIVOS CON SUPLEMENTACION DE HARINA DE LARVA DE MOSCA Hermetia illucens A TRES NIVELES VERSUS FUENTE PROTEICA ESTÁNDAR EN ALIMENTACION DE POLLOS*

- ROSS, AREQUIPA 2019. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://core.ac.uk/download/pdf/287059619.pdf>
- Baquero, D. C. (Agosto de 2022). *La tilapia: una especie invasora que se extiende en Ecuador sin controles del Estado*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://es.mongabay.com/2022/09/la-tilapia-es-una-especie-invasora-en-ecuador/>
- Bhujel, R. (2002). *Manejo Alimentario para tilapia* (Vol. 4). Panorama Acuicola . Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/cultivos/_archivos/000000_Especies/000008-Tilapia/071201_Manejo%20Alimentario%20para%20Tilapia%20-%20Nutricion%20y%20bajo%20costo.php#:~:text=Da%20Silva%20y%20sus%20colaboradores,de%20entre%2025%20y%2028%25
- Bioaquafloc. (2019). *Especies de tilapia*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.bioaquafloc.com/especies-de-tilapia/>
- Bustamante, E. d., & Camizan, O. R. (2020). *FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE UN ALIMENTO BALANCEADO A BASE DE HARINA DE SANGRE DE POLLO PARA EL CRECIMIENTO DEL BAGRE “LIFE”*. Universidad Señor de Sipan . Recuperado el Agosto de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/7296>
- Capsavida. (7 de 12 de 2022). Proyecto BioFab. Obtenido de <https://capsavida.com/blog/proyecto-biofab/>
- Castro, C. A. (2022). *En 2022 los precios de los futuros de maíz y soya llegaron a su nivel más alto en 10 años*. Recuperado el Agosto de 2023, de

https://www.3tres3.com/latam/articulos/precios-de-los-futuros-de-maiz-y-soja-en-su-nivel-mas-alto-en-2022_14375/

Cazorla, M. S. (2014). *COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA HERMETIA ILLUCENS*. Recuperado el Agosto de 2023, de <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3237/Trabajo417.pdf?sequence=1>

Celorio, G. F. (2016). Uso de la harina de pez diablo (*Pterygoplichthys* spp) en la alimentación de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). ECOSUR REPOSITORIO.

César Molina-Poveda, P. y. (Octubre de 2019). Extrusión: una forma de mejorar la eficiencia del alimento y rendimiento camaronero. *24(6)*. Ecuador: Panorama acuícola . Obtenido de <https://docplayer.es/161355670-Extrusion-una-forma-de-mejorar-la-eficiencia-del-alimento-y-rendimiento-camaronero.html>

Changping He, j. L. (2021). Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal Modulates Intestinal Morphology and Microbiota in Xuefeng Black-Bone Chickens. *12*. Microbial Symbioses. doi:<https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.706424>

Chassouant, C. (2020). *Revolución de la alimentación animal: mosca soldado negra creciendo bajo invernaderos*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://horti-generation.com/es/revolucion-de-alimentacion-animal-mosca-soldado-negra-creciendo-bajo-invernaderos/>

Cian, R., Bacchetta, C., Cazenave, J., & Drago, S. (2018). Extruded fish feed with high residual phytase activity and low mineral leaching increased *P. mesopotamicus* mineral retention. *Animal Feed Science and Technology*, *240*, 78-87. doi:<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.03.016>

- Costanza, A., Manuel, S., & Carolina, V. (2020). *Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos* (Vol. 47). Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182020000601029&script=sci_arttext_plus&tlng=es
- Cristopher Rodriguez-Moreira, M. H. (s.f.). *Mosca Soldado Negra*. Obtenido de <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/82177-Hermetia-illucens>
- D., E. B. (2002). Interacción de Ingredientes y Procesos en la Producción de Alimentos Hidroestables para Camarones. *Avances en Nutrición Acuícola*. México: Balanceados Lamar, C.A.
- DeltLabs. (2022). *FORMULACIÓN DE DIETAS PARA TILAPIAS*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.deltalabs.online/formulacion-de-dietas-para-tilapias/>
- FAO. (2009). *Oreochromis niloticus*. Cultured aquatic species fact sheets. Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.fao.org/fishery/docs/DOCUMENT/aquaculture/CulturedSpecies/file/es/es_niletalapia.htm#:~:text=El%20desove%20inicia%20cuando%20la,su%20boca%20y%20se%20retira.
- Feria, C. M., Pérez, J. L., Corrales, L. I., & Hernández, A. H. (2022). *Elaboración de concentrado para tilapia roja "Oreochromis sp" a base de desechos obtenidos de las centrales de abasto de Medellín*. Corporación Universitaria Americana, Colombia. doi:<https://doi.org/10.21803/ingecana.2.2.399>

- Figueredo Matheus, A. B. (2021). *Alternativas de alimentación de monogástricos a base de larvas de Soldado Negro (Hermetia illucens)*:. Obtenido de <http://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/102/99>
- Freire, E. (2019). *Los altos precios del maíz y la soya afectan duramente al sector. Los balanceadores e industriales piden al Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) tomar medidas*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.maizysoya.com/lector.php?id=20191211&tabla=articulos>
- Gallino, M. (2008). *Aspectos taxonomicos*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6343/1/Taxonomía.pdf>
- Garzón, J. S., & Gutiérrez-Espinosa, M. C. (2019). *ASPECTOS NUTRICIONALES DE PECES ORNAMENTALES DE AGUA DULCE* (Vol. 15). doi:<https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a8>
- Gómez, A. S., & Guerrero, J. J. (2021). Evaluación de la inclusión de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) en la dieta para juveniles del pez ángel (*Pterophyllum scalare*). Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona.
- Gomez, J. d. (2021). *Maíz y soya 2022: ¿hacia dónde van sus precios?* Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.ganaderia.com/destacado/maiz-y-soya-2022-hacia-donde-van-sus-precios>
- Gonzalez, F. (2023). *Secretos del crecimiento de la tilapia; cómo la temperatura y el peso corporal afectan su consumo de oxígeno*». Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.pisciculturaglobal.com/secretos-del-crecimiento-de-la-tilapia-como-la-temperatura-y-el-peso-corporal-afectan-su-consumo-de-oxigeno/>

- Guerrero, P. B., & Ramos, A. P. (2005). *Manual de Cultivo de tilapia*. Recuperado el Agosto de 2023, de https://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_tilapia.pdf
- Guerrero, P. M. (2015). *Manual de cultivo de tilapias en estanques: Oreochromis sp.* Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.researchgate.net/publication/282366317>
- Hierro, A. d., Anrango, M. J., Ortiz, D., & Sanchez, L. (2021). Captura y cría de la mosca soldado negra (*Hermetia Illucens*) para la biodegradación de desechos orgánicos en Puerto Quito, Ecuador. Recuperado el Agosto de 2023, de <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/606/6062738027/6062738027>.
- Holmes, L. A., Vanlaerhoven, S., & Tomberlin, J. (2012). Relative Humidity Effects on the Life History of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Entomological Society of America*, 41(4). doi:<https://doi.org/10.1603/EN12054>
- Hu, Y., Huang, Y., Tang, T., Zhong, L., Chu, W., Dai, Z., . . . Hu, Y. (2020). Effect of partial black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal replacement of fish meal in practical diets on the growth, digestive enzyme and related gene expression for rice field eel (*Monopterus albus*). *Elsevier*, 17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100345>
- Ibarra, A. H. (2021). *Determinación de rango de edad óptimo para producción de ovas fecundadas en Oreochromis sp de una granja reproductora en Viterbo-Caldas*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/d611c0db-5837-4817-95d6-87005a19e1e8/content>

- Insect School.* (2022). Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.insectschool.com/production/what-are-the-best-humidity-levels-for-farming-the-black-soldier-fly/#:~:text=Constant%20monitoring%20for%20optimal%20conditions&text=If%20it%20is%20too%20dry,be%20between%2060%25%2D70%25>.
- Jativa, C. E. (2022). *Efecto de dietas elaboradas a base de harina de larvas de Hermetia illucens sobre parámetros zootécnicos y hematológicos de alevines de Oncorhynchus mykiss.* Recuperado el Agosto de 2023, de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/35885>
- Jongjaraunsuk, R., & Taparhudee, J. I.-h. (2019). *Feeding rate of red tilapia (Oreochromis niloticus mossambicus) and.* Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/338138881_Feeding_rate_of_red_tilapia_Oreochromis_niloticus_mossambicus_and_correlation_between_feed_intake_and_water_quality
- Josse, J. (2018). *Ecuador no puede ser autosuficiente en soya.* Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.maizysoya.com/lector.php?id=20180913&tabla=articulos>
- Jutinico, M. A. (2023). *Manejo de la mosca soldado negro (Hermetia illucens) para la bioconversión de la pulpa de café y la obtención de abono orgánico.* Recuperado el Agosto de 2023, de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/54500>
- Kar, S. K. (2021). *Black soldier fly larvae (BSF) can replace soybean meal (SBM) as protein source in the diet for growing pigs.* Obtenido de <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Research-Institutes/livestock-research/show-wlr/Black-soldier-fly-larvae-can-replace-soybean-meal-in-growing-pigs.htm>

- L. Newton, C. S. (2005). Using the Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens*, as a Value-Added Tool for the Management of Swine Manure. 17. Animal and Poultry Waste Management Center. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/267377822_Using_the_Black_Soldier_Fly_Hermetia_Illucens_as_a_Value-Added_Tool_for_the_Management_of_Swine_Manure
- Lingam, S. S., Kumar, S. S., Bhosle, R. V., Velmurugan, S., Aanand, P., & Chidambaram, J. (2021). *An insight to red tilapia breeding and culture: A farmer advisory*. Recuperado el Agosto de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/352864727_An_insight_to_red_tilapia_breeding_and_culture_A_farmer_advisory
- M., M., Ampofo-Yeboah, & A., A. (2022). *Effects of feeding pellets, live earthworms and tilapia on the growth of African sharptooth catfish fingerlings*. South African Journal of Animal Science. doi:<http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v52i2.8>
- Marcapura, X. B. (2019). *EFFECTO DEL USO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE HARINA DE LARVA DE MOSCA SOLDADO NEGRA (Hermetia illucens) SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CUYES (Cavia porcellus) EN CRECIMIENTO- ENGORDE ALIMENTADOS CON RACIONES MIXTAS*. Obtenido de <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/9848/D7.2034.MG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martin Perez-Velazquez, H. C.-O.-B.-F. (2023). Harinade larva de mosca soldado negro y de organismos unicelulares como alternativas proteicas para alimentos acuicolas. 17(34). EPISTEMUS. doi: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v17i34.280>

Martinez, M. A. (2006). *MANEJO DEL CULTIVO DE TILAPIA*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

Mendoza, A. S. (2022). *Diseño de dietas para pollos de engorde, utilizando larvas de mosca soldado negra como alternativa de sustitución de fuentes vegetales de proteína tradicionales*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/3d87c68c-1e55-42bf-a19c-f08653564c96/T-113320%20-%20%20Mindiola%20Mendoza.pdf>

MexicanFish. (2015). *Red tilapia*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://mexican-fish.com/red-tilapia/#:~:text=The%20Red%20Tilapia%20has%20an,head%20and%20mid%2D-sized%20eyes.>

Modibbo, & Raji. (2020). Effects of Different Carbohydrate Sources on the Growth Performance, Feed Utilization and Body Composition of Nile Tilapia Fingerlings (*Oreochromis niloticus*) in an Indoor Culture System. *Dutse Journal of Pure and Applied Science*, VI(2). Recuperado el Agosto de 2023, de https://fud.edu.ng/journals/dujopas/2020_June_Vol_6_No_2/70.pdf

Mohammed, & Saiady, A. (2019). *Alimentos Extrusados para Peces y Camarones*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://aquafeed.co/entrada/alimentos-extrusados-para-peces-y-camarones-20196/>

Muhamad Salam, A. S., Zheng, H., Alam, F., Nabi, G., Dezhi, S., Ullah, W., . . . Bilal, M. (2022). Effect of different environmental conditions on the growth and development of Black

- Soldier Fly Larvae and its utilization in solid waste management and pollution mitigation. *Elsevier*, 28. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102649>
- Narciza, H. Y. (2021). *Diseño de un sistema de crianza de Hermetia illucens (mosca soldado negro) para la producción de pie de cría*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica del Litoral: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/53192>
- Nery, V. H. (2012). *REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES PARA TILAPIA DEL NILO (OREOCHROMIS NILOTICUS)* (Vol. 16). Orinoquia. doi:<https://doi.org/10.22579/20112629.266>
- Noboa, D. T., & Nery, V. H. (2012). *Requerimientos nutricionales para Tilapia del Nilo (Oreochromis niloticus)*. Universidad de los Llanos . doi:10.22579/20112629.266
- Obregon, D. A. (2005). *Calidad del agua y mantenimiento de acuarios*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/636/63612822016.pdf>
- Ojeda, P. R. (2018). El cultivo de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) en estanques de tierra, fuente de proteína animal de excelente calidad. *Boletín mensual: insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*(21), 1-64. Recuperado el Agosto de 2023
- Ordoñez, J. E., Barriga, X. J., Sanchez, A. O., Moscoso, G. M., Pino, P. M., & Salazar, I. (2020). Harina de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de *Cavia porcellus* (Cuy): efecto en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. *SciElo*, 11(4). doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.06>


- Orduz, J. H. (2019). *Alimentación Natural en Sistemas de Producción de Tilapia Roja Oreochromis sp.* Recuperado el Agosto de 2023, de <https://noesis.uis.edu.co/handle/20.500.14071/14192>
- Oviedo Olvera, M., Garcia Trejo, J., & Gutierrez Antonio, C. (2022). *Mosca soldado negra: eslabón perdido en la cadena de revalorización de residuos orgánicos* (Vol. 73). Ciencia. Recuperado el Agosto de 2023
- Pangea-animales. (2020). *Tilapia-caracteristicas*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://pangeanimales.com/peces/tilapia/>
- Pesca, I. N. (2018). *Acuicultura Tilapia*. Mexico. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.gob.mx/inapesca/acciones-y-programas/acuicultura-tilapia#:~:text=Distribuci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica%3A%20Actualmente%20las%20especies,asi%C3%A1tico%2C%20Medio%20Oriente%20y%20%C3%81frica>.
- Polo, J. L. (2022). *Alternativa de alimentación en aves de corral para la producción y comercialización de huevos orgánicos en el área metropolitana de Barranquilla* (Vol. 17). doi:<https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.17.32.2022.42-49>
- Rivas, D. L. (2014). *Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el cantón Cevallos*. Escuela Politecnica Nacional . Recuperado el Agosto de 2023, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8927>
- Romero, M. H. (2022). *Modelización del ciclo de vida de la mosca soldado negro (Hermetia illucens) desarrollándose sobre desechos orgánicos*. . Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/25656>

- Saenz, J. A. (2021). *Ciclo reproductivo de la tilapia*. Recuperado el Agosto de 2023, de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/ciclo-reproductivo-de-la-tilapia/>
- Salazar, A. N., Salazar, D. R., Acuña, R. S., & Hurtado, E. (2020). Crecimiento y sobrevivencia de juveniles. *Revista Ciencia UNEMI* , 13(34). doi:<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol13iss34.2020pp16-27p>
- Singh, A., & Kumari, K. (2019). *An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae*. *Journal of environmental management*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>
- Soriano, K. E. (2022). *Efecto de la sustitución de harina de pescado por harina de insecto (Hermetia illucens y Acheta domesticus) en el desempeño biológico, digestibilidad, actividad enzimática y perfil de ácidos grasos de juveniles de Totoaba macdonaldi*. Recuperado el Agosto de 2023, de [https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3670/1/tesis_Karen%20El yne%20Carvajal%20Soriano_03%20feb%202022.pdf](https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1007/3670/1/tesis_Karen%20El%20Carvajal%20Soriano_03%20feb%202022.pdf)
- Telles, F. S., Romero, J. M., Galindo, C. G., & Pulido, H. G. (2019). Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 10(19). doi:<https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.92>
- Totocayo, N. H. (2018). *Tilapia: la alternativa social y económica del tercer milenio*. Recuperado el Agosto de 2023, de http://www.revistaaquatic.com/documentos/docs/nh_tilapia3milenio
- Vásquez, D. D., & García, M. A. (2022). *Elaboración de balanceado a partir de Papa china (Colocasia esculenta) para tilapia roja (Oreochromis sp) en la etapa de engorde*.

Riobamba, Universidad Nacional de Chimborazo. Recuperado el Agosto de 2023, de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/10084>

Vega, M. A. (2018). *El gran negocio alimentario de las proteínas*. Recuperado el Agosto de 2023, de https://elpais.com/economia/2018/03/22/actualidad/1521721700_390520.html

ANEXOS

	Almacenamiento de larvas de MSN
--	---------------------------------



Peaje de larvas de mosca



Harina de maíz + harina de MSN



Pesaje de harina de MSN



Mezclado de las harinas con
solución líquida para
homogenización.



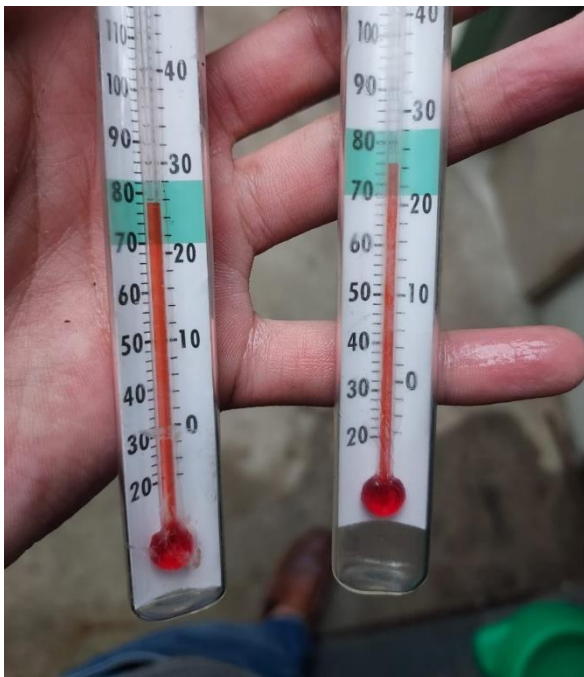
Alimento extruido para inclusión
de la alimentación de peces.



Diferentes fases de la harina de
Hermetia illucens



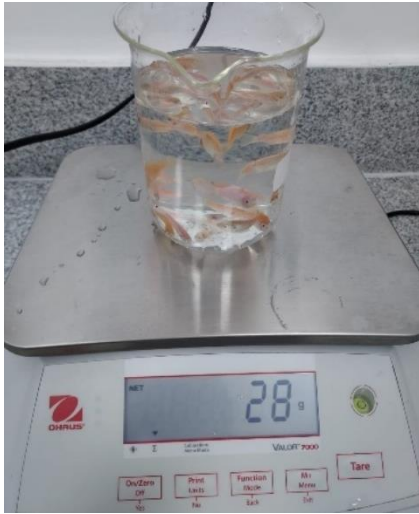
Adecuación de las peceras para la
crianza de peces



Termómetros fijos para peceras



Peces receptados día 0

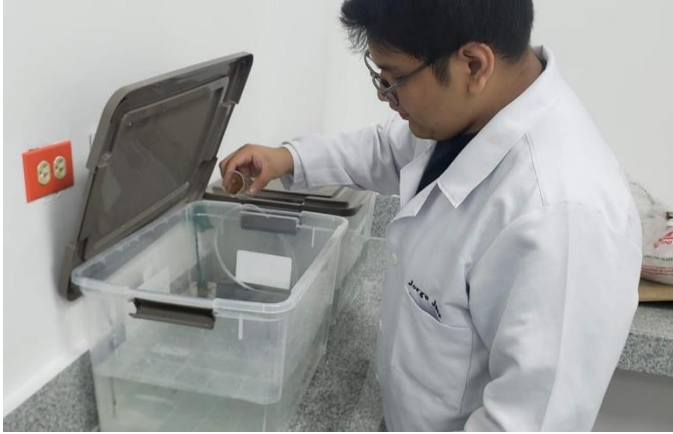


Pesaje de los peces



Medición de Alevines de tilapia

(*Oreochromis* sp).



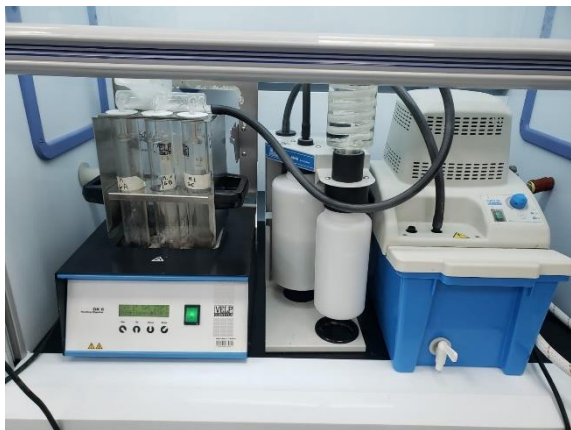
Alimentación de peces con ración adecuada de comida.



Muestras de peces colocadas en estufa para análisis de proteína.



Muestras colocadas en tubos para digestión.



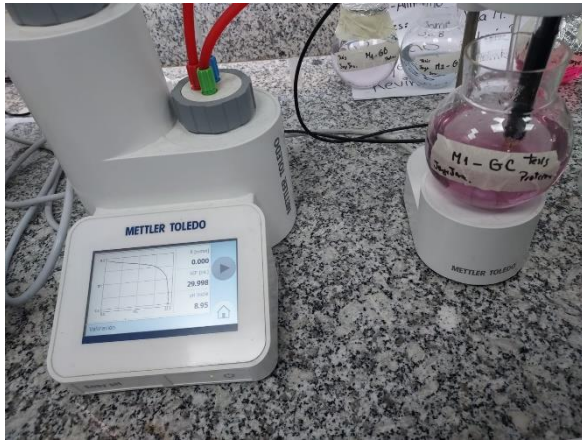
Equipo de digestión para método
Kjehendal



Muestras en digestión para análisis
de proteína



Destilación de las muestras



Titulación de muestras para cálculo de proteína



Muestras tituladas



Calibración de equipo titulante