



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS
ESCUELA DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS Y NUTRICIÓN
LICENCIATURA EN CIENCIAS Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**Producción de harina de larvas de la mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*)
y su aplicación en la alimentación avícola.
El Cristo, Coclé-Panamá.**

Por: Luisa Mitre¹ & Reneillys Ortiz²
CIP: 4-808-963¹, 4-809-1369²

Asesor: Virgilio Espinoza
Coasesores: José Pérez, Francisco Alvarado

**Trabajo de graduación para obtener el título de:
Licenciado En Ciencias Y Tecnología De Alimentos**

David, Chiriquí
República de Panamá
2024

DEDICATORIA

A los seres que más amo en esta vida; Dios, mis padres René y Martina y mi hijo Jared. Les dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto en la realización de esta tesis.

Reneillys Ortiz

Dedico mi esfuerzo, mi determinación y mi trabajo en esta tesis a Dios por haberme otorgado este logro, a mis padres (Leuterio Mitre y María Madrid) porque sin ellos no hubiese sido posible lograrlo, han sido mi inspiración para el éxito.

Luisa Mitre

AGRADECIMIENTOS

A Dios por no apartar su gracia de nosotras, por ser una fiel compañía, por brindarnos sabiduría, resiliencia y fortaleza.

A nuestros padres por sus esfuerzos, por su dedicación, por su amor, gracias por nuestra educación.

A Nuestro asesor el profesor Virgilio Espinoza por retornos a investigar y crear; gracias por motivarnos y su disposición de colaboración.

A Agrobiológicos de Panamá por permitirnos ser partícipes de este proyecto piloto, en especial al magíster Johanna y al magíster Dora Tuñón por su colaboración y apoyo.

A los profesores Francisco Alvarado, Giovanna León, José Pérez, Nicolás Guerra, Alberto Escude y Luis Vega por sus enseñanzas, consejos y recomendaciones.

Al Centro de Investigación de Productos Naturales y Biotecnología (CIPNABIOT) por su disposición y aceptación, al brindarnos las instalaciones; por el respaldo, ayuda y supervisión del licenciado Joseph Rodríguez.

A quienes nos animaron y ayudaron durante esta etapa.

A nosotras por nuestro compromiso con este proyecto y por un buen trabajo en equipo.

RESUMEN

Debido a la repercusión de nuestras actividades derivadas de la producción animal las afectaciones al medio ambiente y ecosistemas agrícolas son preocupantes. La insostenibilidad para producir alimentos de tipo proteico y energético fundamentales para las funciones vitales de los humanos es motivo de estudio de nuevas alternativas sostenibles de proteínas.

Para este objetivo la presente investigación evalúa el valor proteico existente en harina de larva de la mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*), partiendo de insectos que han sido transformado en un polvo fino a través de técnicas de procesamientos de secado y molido.

El estudio fue realizado en la Provincia de Coclé, en la empresa Agrobiológico por un periodo de 4 semanas aplicando un diseño de procesamiento que contemplan la producción primaria (faena) y producción industrial (deshidratación y molienda) por triplicado, además se le realizaron análisis bromatológicos y microbiológicos de la harina larvas.

En los resultados se pudo observar niveles de proteína en 52.12% y la ausencia de microorganismos patógenos.

Los datos reportados en la investigación no representan diferencias en comparación a valores de estudios ya publicados.

Mediante el desarrollo de este proyecto se ha comprobado el excelente perfil nutricional que posee este producto, el cual responde las necesidades del sector agropecuario. La implementación de nuestro diseño de producción propone un futuro donde se obtienen alimentos balanceados para animales sin que se contamine o degrade los recursos del medio ambiente en nuestro país.

SUMMARY

Due to the impact of our activities derived from livestock production, the effects on the environment and agricultural ecosystems are worrying. The unsustainability to produce protein and/or energy foods that are essential for the vital functions of humans is a reason for studying new sustainable protein alternatives.

For this objective, the present research evaluates the protein value existing in larva meal of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) obtained from insects of this species that have been processed, dried and ground.

The study was carried out in the Province of Coclé, in the Agrobiológico company for a period of 4 weeks, applying a processing design that contemplates primary production (slaughter) and industrial production (dehydration and grinding) in triplicate, in addition, Bromatological and microbiological flour larvae.

In the results, protein levels in 52.12% and the absence of pathogenic microorganisms could be observed.

The data reported in the research do not represent differences compared to values from already published studies.

Through the development of this research, the excellent nutritional profile of this product has been proven, which meets the needs of the agricultural sector. The implementation of our production design proposes a future where balanced animal feed is obtained without contaminating or degrading the environmental resources in our country.

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO	16
1.1. Título	17
1.2. Definición de variables y términos técnicos.....	17
1.3. Antecedentes	17
1.4. Diagnóstico situacional del problema	19
1.5. Hipótesis.....	21
1.6. Objetivos	21
1.6.1. Objetivo general.....	21
1.6.2. Objetivos específicos	21
1.7. Alcance del proyecto (cobertura).....	22
1.8. Limitaciones	22
1.9. Justificación.....	23
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	25
2.1. Generalidades	26
2.2. Producción	27
2.2.1. Producción avícola nacional	28
2.2.2. Producción avícola mundial	30
2.3. Clasificación científica de la mosca soldado-negra	31
2.3.1. Morfología y taxonomía.....	31
2.4. Ciclo de vida de la mosca soldado	32
2.5. Condiciones y parámetros de crecimiento.....	34
2.6. Composición nutricional y química	35
2.7. Beneficios para la salud	39
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	44

3.1. Tipo de investigación.....	45
3.2. Diseño de la investigación.....	45
3.2.1. Ubicación, espacio, tiempo	46
3.3. Materia de estudio.....	48
3.4. Población y muestra.....	49
3.4.1. Determinación del tamaño de muestra	49
3.5. Técnicas y procedimientos.....	50
3.5.1. Procedimiento para la elaboración de la harina de H. illucens.....	50
3.6. Tipo de análisis	54
3.6.1. Análisis fisicoquímicos	54
3.6.1.1. Determinación de humedad	54
3.6.2. Análisis Químicos.....	55
3.6.2.1. Determinación de Proteína.....	55
3.6.2.2. Determinación de grasas.....	57
3.6.2.3. Determinación de fibra.....	59
3.6.2.4. Determinación de minerales totales (cenizas).....	61
3.6.2.5. Determinación de extracto libre de nitrógeno	62
3.6.3. Análisis microbiológicos	62
3.6.3.1. Recuento de enterobacterias, Mesófilos, Escherichia coli, Mohos y Levaduras.....	62
3.7. Análisis estadísticos	63
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	65
4.1. Diseño del proceso de producción de Harina de mosca soldado negra.....	66
4.2 Análisis bromatológico de la harina de mosca soldado negro (Hermetia illucens)	66
4.2.1. Análisis de humedad.....	69
4.2.2. Análisis de proteínas.....	69
4.2.3. Análisis de grasa.....	70

4.2.4. Análisis de fibra.....	71
4.2.5. Análisis de ceniza	72
4.2.6. Análisis del extracto libre de nitrógeno.....	72
4.3. Análisis microbiológicos	73
4.3.1. Recuento de Enterobacterias.....	74
4.3.2. Recuento de Mesófilos.....	75
4.3.3. Recuento de E. coli	77
4.3.4. Recuento de Hongos y Levaduras	78
4.3.5. Recuento microbiano	80
4.3.5.1. Tinción de Gram	83
4.3.5.2. Aislamiento de colonias en Agar MacConkey y EMB	83
4.3.6. Pruebas Bioquímicas	85
4.4. Costos de producción.....	89
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
5.1. Conclusión.....	91
5.2. Recomendaciones.....	92
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
6.1. Referencias Bibliográficas	96
CAPÍTULO VII: ANEXOS	100
7.1. Cronograma	101
7.2. Presupuesto	102
7.4. Resultados de análisis de proteína realizado por LABSA.	112

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro n°1. Producción nacional de aves 2010-2020.....	28
Cuadro n°2. Principales países productores de carne de pollo a nivel mundial en 2021-2022.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla n°1. Composición Nutricional de las larvas de <i>Hermetia illucens</i> con diferentes periodos de crianza.....	35
Tabla n°2. Composición nutricional de las larvas de mosca soldado negra (<i>Hermetia illucens</i>), deshidratadas.....	36
Tabla n°3. Composición química de las larvas de mosca soldado negra (<i>H. illucens</i>), deshidratadas.....	36
Tabla n°4. Empresas que elaboran productos alimenticios para animales en base a la larva de <i>Hermetia illucens</i> (MSN).....	41
Tabla n°5. Equipos y materiales para la determinación de humedad.....	53
Tabla n°6. Materiales y reactivos para el análisis de la muestra (Proteína).....	54
Tabla n°7. Equipos, materiales y reactivos para la determinación de grasas.....	56
Tabla n°8. Equipos, materiales y reactivos para la determinación de fibra cruda.....	58
Tabla n°9. Materiales y equipos para el análisis de la muestra (Cenizas).....	60
Tabla n°10. Parámetros microbiológicos exigidos por el ICA en alimentos de consumo animal, para la especie avícola.....	62
Tabla n°11. Análisis bromatológico de la harina de <i>Hermetia illucens</i> según aplicación del método de análisis químico proximal (AQP).....	65
Tabla n°12. Resultados de humedad y materia seca.....	67
Tabla n°13. Resultado de proteína y nitrógeno.....	67
Tabla n°14. Resultados de análisis de grasa.....	68

Tabla n°15. Resultados del análisis de fibra.....	69
Tabla n°16. Resultados del análisis de ceniza.....	70
Tabla n°17. Resultados del análisis de ELN.....	70
Tabla n°18. Crecimiento de Mesófilos.....	73
Tabla n°19. Crecimiento de Escherichia coli.....	75
Tabla n°20. Crecimiento de Hongos y Levaduras.....	76
Tabla n°21. Recuento microbiano en Agar Nutritivo.....	78
Tabla n°22. Prueba bioquímica SIM.....	83
Tabla n°23. Prueba bioquímica TSI.....	84
Tabla n°24. Prueba bioquímica Citrato.....	84
Tabla N°25. Cronograma de Actividades.....	99
Tabla N°26. Presupuesto de la investigación.....	100

ÍNDICE DE FLUJOGRAMA

Flujograma n°1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de harina de <i>H. illucens</i> para la producción de pienso para aves de corral.....	52
--	----

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica n°1. Composición nutricional de la harina de Mosca soldado negro.....	66
Gráfica n°2. Recuentos obtenidos de Enterobacterias, Mesófilos, E.coli, Hongos y Levaduras.....	78
Gráfica n°3. Recuento del crecimiento microbiano.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº1. Importancia social de la avicultura en Panamá.....	30
Figura nº2. Ciclo de vida de la <i>Hermetia illucens</i>	33
Figura nº3. Productos de larva <i>Hermetia illucens</i>	43
Figura nº4. Ubicación de la Universidad Autónoma de Chiriquí.....	46
Figura nº5. Ubicación de Agrobiológico.....	47
Figura nº6. Ubicación del Laboratorio de Análisis de Suelos y Afines.....	47
Figura nº7. Petrifilms del recuento de Enterobacteria.....	73
Figura nº8. Petrifilms del recuento de Mesófilos.....	74
Figura nº9. Petrifilms del recuento de E. coli.....	76
Figura nº10. Petrifilms del recuento de Hongos y Levaduras.....	77
Figura nº11. Placas Petri de recuento del crecimiento bacteriano de M1.....	79
Figura nº12. Placas Petri de recuento del crecimiento bacteriano de M2.....	80
Figura nº13. Gram Negativos.....	81
Figura nº14. <i>Shigella flexneri</i> , Agar EMB, Gram Negativo, M1.....	82
Figura nº 15. Enterobacterias, Agar MacConkey, Gram Negativo, M1.....	82
Figura nº16. <i>Klebsiella pneumoniae</i> , Agar MacConkey, Gram Negativo, M2.....	82
Figura nº17. Prueba bioquímica en SIM.....	85
Figura nº18. Prueba bioquímica en TSI.....	85
Figura nº19. Prueba bioquímica en Citrato.....	86
Figura nº20. Recolección manual de la materia prima.....	103
Figura nº21. Toma del peso inicial.....	103
Figura nº22. Proceso de sacrificio y limpieza.....	103
Figura nº23. Proceso de deshidratación y pesado.....	104
Figura nº24. Proceso de Prensado.....	104

Figura n°25. Proceso de Molienda.....	105
Figura n°26. Empaquetado y peso del producto terminado.....	105
Figura n°27. Producto terminado y subproducto (aceite).....	105
Figura n°29. Peso de muestra húmeda.....	106
Figura n°28. Peso del crisol vacío.....	106
Figura n°30. Proceso de secado en horno.....	106
Figura n°31. Enfriar muestras en el desecador.....	106
Figura n°32. Peso del crisol más muestra desecada.....	107
Figura n°33. Pesaje de muestra desecada.....	107
Figura n°34. Pesaje del balón aforado.....	107
Figura n°35. Montaje del sistema de extracción soxhlet.....	108
Figura n°36. Baño María, evaporación del disolvente (éter etílico).....	108
Figura n°37. Pesaje del balón con la muestra extraída.....	108
Figura n°38. Rotulación de los crisoles.....	109
Figura n°39. Pesaje de muestra.....	109
Figura n°40. Incineración de muestras en la mufla.....	109
Figura n°41. Enfriamiento de muestra en el desecador.....	109
Figura n°42. Peso del crisol más muestra incinerada.....	109
Figura n°43. Pesar la muestra de la harina de <i>H. illucens</i>	110
Figura n°44. Digestión ácida.....	110
Figura n°45. Digestión básica.....	110
Figura n°46. Secado en horno.....	110
Figura n°47. Reducción de la muestra a cenizas.....	110
Figura n°48. Preparación de Agar Nutritivo y Peptona.....	111
Figura n°49. Muestra homogeneizada.....	111

Figura n°50. Dilución seriada.....	111
Figura n°51. Recuento de UFC.....	111
Figura n°52. Preparación de agar SIM, TSI y Citrato.....	111

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfoca en el análisis composicional y microbiológico de la proteína de la harina de la larva de *Hermetia illucens* (díptero: Stratiomyidae). Las principales características de este insecto es su alto porcentaje de proteína (50-60%) y producción sustentable, ya que consumen poca agua y energía, emiten poco o nulas cantidades de gases de efecto invernadero, capacidad de procesar residuos o subproductos de bajo valor industrial, y sus heces secas sirven de abono sin necesidad de ser compostado previamente.

La búsqueda de piensos alternativos es realmente el reto mundial de hoy en día, el daño ambiental que se genera debido a los procesos productivos de harina de soya y de pescado ha marcado permanentemente el medio ambiente y continuar con estas actividades condiciona el bienestar ambiental y social.

En el marco metodológico la investigación se fundamentó un modelo descriptivo de la población estudiada, la cual fue harina de larva de mosca soldado negra criadas en cautiverio en el sector del Cristo de Aguadulce en la Provincia de Coclé, dicha población fue recolectada a través de un muestreo probabilístico (aleatorio simple) y que a su vez se le realiza una serie de métodos de ensayo los cuales arrojan datos cuantitativos.

La finalidad del desarrollo de esta investigación es el aprovechamiento de la proteína de larvas de mosca soldado negra y su utilización como fuente principal para la alimentación de aves.

El objetivo del estudio se fundamentó pensando en la crisis ambiental que se vive a nivel mundial producto de los desperdicios, cambio climático, degeneración de los ecosistemas y el desgaste de los recursos naturales, por ello se crea como medida de mejora ambiental un diseño de procesamiento que se enfoca en la valorización de residuos que se utilizarán en la cría de insectos recicladores y producción de harina rica en proteína, a partir de estos insectos para beneficio de los productores de animales de abastos, especialmente las aves.

En el capítulo I presentamos la definición del problema, variables, objetivos y justificación.

En el capítulo II se encontrará información técnica del material de estudio.

En el capítulo III se implementan los tipos de análisis y se diseñan técnicas y procedimientos del proceso productivo.

En el capítulo IV involucra los resultados obtenidos en el desarrollo de la fase experimental del proyecto.

CAPÍTULO I:
MARCO INTRODUCTORIO

1.1. Título

Producción de harina de larvas de la mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*) y su aplicación en la alimentación avícola. El Cristo, Coclé-Panamá.

1.2. Definición de variables y términos técnicos

- Variable independiente: Larvas de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*).
- Variable dependiente: Producción de harina.
- Definición conceptual: La larva de mosca soldado-negro (*Hermetia illucens*) se entiende y describe como un organismo que degrada residuos orgánicos y que se multiplican o reproducen mediante este sistema de alimentación, se establece como una fuente de alto valor nutricional en proteína, proviene de la eclosión de los huevos de mosca.

En el caso de producción de harina se comprende como la serie de operaciones que transforman la materia, para obtener un producto seco de la molienda en un polvo fino de aspecto suave, sólido y granulado.

1.3. Antecedentes

En la literatura se reporta que la *Hermetia illucens* (Black Soldier Fly) es nativa de América donde el clima es tropical. El autor Del Hierro (2022) informa que la actividad humana la ha llevado a expandirse a otras zonas tropicales húmedas y subtropicales del planeta como el sur de Europa, África, Asia e islas del Pacífico. Siendo registrada por primera vez en 1954 en la península Ibérica.

Burns (2005) Menciona que la producción de proteína de insectos es un sistema económicamente viable. Precisamente a la cría de insectos comestibles, se ha dado seguimiento desde hace años, con la intención de ser base de la nutrición de humanos y animales de abasto.

Los alimentos a base de insectos se utilizan por primera vez para la alimentación de mascotas exóticas insectívoras. A partir de entonces se empezaron a criar como suministro de peces y aves, ya que es parte de su dieta natural. (Rodríguez, 2020).

RSA-CONICET (2021), evidencia los inicios de la industria de insectos comestibles como tal cuando en el 2012 el programa internacional de insectos para la alimentación (IPIFF) comparte el estudio de las propiedades biológicas y manejo de cultivos de los insectos y en el 2013 la organización para la agricultura y ganadería de las naciones unidas (FAO) publicó un informe que aborda el potencial de los insectos comestibles como una fuente sostenible de proteínas y otros nutrientes esenciales que aportan a la seguridad alimentaria.

Son 6 especies de insectos, incluyendo las larvas de MSN seguros para el consumo humano y animal afirma La organización para la agricultura y la alimentación de la ONU, de hecho, se cuenta con fichas técnicas, normativas y regulaciones para su distribución, importación y exportación creadas por la FDA (Administración de medicamentos y alimentos) junto con la AAFCO (Asociación Americana de Control de Alimentación).

Avendaño, Sánchez & Valenzuela, (2020) contabilizan al menos 133 compañías de Europa, Asia del Sur y América del Norte que se designan al comercio de productos alimenticios de insectos para consumo humano y animal, las cuales han ido desarrollándose en los últimos 10 años. Algunos de los países que se especializan en la alimentación animal a base de insectos son Chile, Bulgaria, Estonia, Canadá, Francia, EEUU., Alemania, Australia, Puerto Rico.

Como expresan Heredia & Villalba (2020), en la actualidad existe una mayor demanda en la utilización de proteínas de insectos, para alimentación animal por su calidad y producción de bajo costo, en concreto, los valores favorables de proteína que ofrece la *H. illucens* aumentan la demanda de este producto, teniendo en cuenta su fácil mantenimiento, obtención y elaboración.

Si bien se desconoce de técnicas que se centren en el procesamiento de crías de larvas a nivel industrial en Panamá, el presente estudio incursiona un nuevo ámbito de

alimentación animal en el país; con el fin de abarcar la seguridad alimentaria mediante la producción de piensos a partir de la larva *H. illucens*.

1.4. Diagnóstico situacional del problema

Los desafíos que se viven hoy en día producto del impacto ambiental que se propicia en el proceso productivo de los alimentos que son la base de la nutrición humana y animal es una problemática de los objetivos mundiales del desarrollo sostenible que representa una gran preocupación global.

Por una parte, la sobrepoblación mundial exige una alta demanda de alimentos, en particular productos de origen animal que son base de la nutrición humana. De este modo ha aumentado la producción animal y en consecuencia el uso intensificado de los recursos naturales.

Rodríguez (2020), enfatiza los problemas ligados al incremento de tierras destinadas al cultivo de alimentos para consumo animal. Entre estos problemas se incluyen el cambio en el uso del suelo, la escasez de agua, la deforestación, la alteración del ciclo nutritivo, las mayores demandas de energía no renovable, el uso de organismos modificados genéticamente y el empleo de insumos altamente contaminantes.

Recapitulando, el efecto de la alta demanda y competencia por adquirir alimentos ricos en proteínas para la alimentación animal y humana eleva los precios y disminuye la disponibilidad de los alimentos, provocando efectos socioeconómicos importantes afectando la seguridad alimentaria.

Empleando las cifras de Avendaño, Sánchez & Valenzuela, (2020) la población humana se aproxima a 7 700 millones de personas y crecerá un total de 9.700 millones para el año 2050, como lo hacen notar se necesitará producir más alimentos para ese entonces, solo que las tierras disponibles para la extensión de la agricultura y ganadería resultan insuficientes. Como plantean estos autores el mayor impacto de la ganadería está en el 15 y 26% de las emisiones de gases del efecto invernadero que

se generan y causan el calentamiento global, la reducción de biodiversidad y el alto consumo de recursos hídricos.

Por esta razón la producción de grandes cantidades de alimentos tiene un impacto determinante en el medio ambiente y lo condiciona de gran manera. Referente a los costos de producción, es una gran preocupación para los productores que los suministros de proteína sean cada vez más limitados e inasequibles.

Desde el punto de vista de Avendaño, Sánchez & Valenzuela (2020) el aumento de precios de proteína de harina de pescado y soja, entre otras fuentes representan un problema para producir los alimentos necesarios para los animales de abastos. Por lo tanto, existe una necesidad urgente de investigar una posible fuente alternativa de proteínas, minerales y grasas que reemplacen las fuentes tradicionales y que no compitan con los recursos que utilizan los humanos.

Según declaran Reátegui, Barriga, Obando, Moscoso, Manrique & Salazar (2020) en su investigación el contenido nutricional de las larvas de *Hermetia illucens* es de 42,1% y 56,9% de proteína en harina desgrasada y 19-37% de lípidos. También manifiesta un buen perfil de aminoácidos y ácidos grasos adecuados, incluyendo 4,8 a 5,11% de calcio y 0,6% fósforo.

En relación a los perfiles de ácidos grasos poliinsaturados y monoinsaturados son bajos, en cambio los niveles de ácidos grasos saturados son más altos, especialmente el ácido láurico (C12: 0). El contenido de ácido linoleico (3,6% - 4,5%), es mayor que la del ácido α -linolénico (0,08% - 0,74%), tal como declaran Reátegui y su equipo.

Las fuentes habituales de proteína son la harina de soja y la harina de pescado. Ambas tienen un proceso productivo bastante crítico. Por ejemplo, la pérdida de grandes extensiones de bosques, pastizales, sabanas y praderas convertidas a la agricultura para obtener soja y como consecuencia de este proceso el cambio climático y la exterminación de especies.

Hereida & Villalba (2020), dan a conocer que para la fabricación de harina y aceite de pescado al menos 1 256.4 t de aguas negras y desechos de los procesos de

fabricación se vierten en zonas costeras donde los animales acuáticos sufren toxicidad.

1.5. Hipótesis

Hi: Sí, se logra el procesamiento de la larva de mosca *Hermetia illucens*, se produce harina con alto suministro de proteína para la nutrición animal.

Ha: Sí, no se logra el procesamiento de la larva de mosca *Hermetia illucens*, no se produce harina con alto suministro de proteína para la nutrición animal.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Establecer un sistema de procesamiento de las larvas de *Hermetia illucens* en base a la producción de harina para la integración de insectos comestibles en la alimentación, contribuyendo con la innovación tecnológica en la obtención de proteínas alternativas para la formulación de piensos, fomentando su consumo y beneficios.

1.6.2. Objetivos específicos

- Seleccionar un criadero de larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) en fase óptima para la producción de harina, mediante la técnica de deshidratación.
- Adaptar un diseño de procesamiento para la obtención de un polvo fino a partir de las larvas secas, por medio de la utilización de molinos y uso de tamices.
- Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la harina de larva *H. illucens* para garantizar su calidad, inocuidad y cualidades para su procesamiento.
- Verificar que los parámetros nutricionales de la harina cumplan con las normativas y homologaciones para consumo animal.

1.7. Alcance del proyecto (cobertura)

La investigación se divide en tres etapas. Primero, se inicia con el cultivo y acondicionamiento de la larva *Hermetia illucens* para la producción de harina mediante un tratamiento de deshidratación, y se ejecuta en el laboratorio Agrobiológico de Panamá, ubicado en el corregimiento del Cristo, en la provincia de Coclé.

La segunda etapa consiste en la caracterización fisicoquímica de la materia prima (harina de insecto). Estos resultados se obtienen en el laboratorio de suelos y afines en la Universidad de Panamá, provincia de Chiriquí.

Por último, la tercera etapa culmina con la evaluación microbiológica que determinará la inocuidad del alimento. Esta prueba se realiza en la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, universidad autónoma de Chiriquí.

1.8. Limitaciones

La mosca soldado-negra BSF (Black Soldier FLY), es una de las especies más estudiadas por poseer un gran potencial proteico para la alimentación animal. Sin embargo, para un diseño de procesamiento y producción industrial (deshidratación y molienda), se requiere un amplio entendimiento de la producción primaria (reproducción, engorde, faena), porque al momento de ajustar el proceso a la especie estudiada hay parámetros a considerar como el estadio más apto para la cosecha de la larva, sus tamaños y formas para poder establecer parámetros importantes en las etapas del proceso, como los tiempos de procesamiento, la composición del producto y el requerimiento de someterlo a procesos adicionales, tal es el caso de la separación de componentes como el aceite, por citar algunos ejemplos.

La limitación en este caso radica en la necesidad de evaluar los parámetros productivos del animal, como la conversión alimenticia, la ganancia de peso y el consumo de alimento, durante la fase de experimentación. Esto debe realizarse en colaboración con expertos en el ciclo de vida de los insectos para obtener resultados

precisos y útiles. Adicional su alimentación, crecimiento y desarrollo para llevar a cabo la cría del animal y por supuesto de disponer de materia prima de alta calidad.

El control de la etapa primaria de esta investigación con personas expertas en la materia hace posible el desarrollo de esta investigación y la definición de medidas preventivas a tomar en cuenta durante la fase industrial y la manipulación de la materia prima en las diferentes etapas del proceso con medidas higiénicas sanitarias adecuadas y resultados satisfactorios.

1.9. Justificación

En este trabajo se propone el estudio del aprovechamiento de la proteína de larva de *Hermetia illucens* y su transformación a harina para sustituir las fuentes convencionales, contribuyendo así con importantes aportes económicos y ambientales al país.

De acuerdo con Hereida & Villalba (2020) el gasto de alimentación para los productores representa aproximadamente el 65% de los costos totales. En efecto los altos costos y la gran cantidad de insumos para la alimentación de los animales crean una necesidad en el sector agropecuario.

Como hace notar Rodríguez (2020), en su documentación de la Mosca soldado-negra. Inicialmente, se caracteriza por no requerir recursos como tierra, agua, fertilizantes para su producción.

En segundo lugar, son considerados como biotransformadores porque se alimentan de subproductos durante su fase de crianza. Dichos sustratos suministrados (residuos orgánicos) de bajo grado proteico son los que las larvas utilizan para la obtención de proteínas de buena calidad, convirtiéndose en una fuente de alto contenido proteico adquirida mediante un proceso amigable con el medio ambiente.

Empleando las palabras de Rodríguez (2020) el ganado convencional normalmente genera gases de efecto invernadero, por ejemplo, gas metano y amoníaco, y de

estiércol (18%), por el contrario, los gases que se emiten en la cría de insectos son casi nulos. Por otra parte, en la descomposición de desechos, los insectos devuelven nutrientes al suelo.

En función a su valor nutricional, la larva de *H. illucens* representa una alternativa viable, en cuanto a la producción de harina, empleada en la fabricación de piensos o balanceados. Creando una fuente de proteínas eficiente en la alimentación para los animales con un menor impacto ambiental.

Dicho con palabras de Hereida & Villalba (2020) la harina de insectos puede suministrarse en la nutrición de aves de corral como una fuente de proteína alternativa sin ningún problema. Por lo que se refiere a beneficios es efectivo para el incremento del peso en pollos de engorde y ayuda a la reducción de costos de los productores.

Este estudio trata en pocas palabras de la obtención de una fuente de proteína diferente a las del suero de leche, del huevo, la harina de pescado o microalgas, como ya se sabe tienen un proceso productivo altamente contaminante. Como alternativa esta las proteínas derivadas de insectos, en particular la de mosca soldado negro, que, por el contrario, su producción es amigable con el medio ambiente gracias a su capacidad de bioconversión de residuos orgánicos y poco requerimiento de recursos para la crianza.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Generalidades

Como menciona Del Hierro (2022) La mosca *Hermetia illucens* es nativa de América, y que a través de los años ha migrado a otras partes del mundo, por ejemplo, Europa, Asia, África e islas del pacífico donde los climas son cálidos. La mosca soldado negro (MSN), como es llamada comúnmente, es una clase de insecto de dos alas clasificado como díptero braquícero perteneciente a familia Stratiomyidae.

Fenotípicamente se asemeja con las abejas por su aspecto elegante y su zumbido al volar, con la diferencia que no tienen aguijón y ostentan dos únicas alas.

Como plantea Cabrera & López (2021) La *H. illucens* tiene un mecanismo oviposición, que, al depositar los huevos, lo hacen formando hileras dentro de cubiertas cerradas ligeramente realizando una postura pseudo-oothecas. La forma de los huevos es cilíndrica poseen un milímetro de largo. Cuando nacen las larvas se aprecia una coloración crema y va cambiando de color conforme crecen, adaptando un color amarillo y posteriormente un color marrón en su último estado.

Como describe Rodríguez (2020) el desarrollo del insecto es una metamorfosis completa; en donde una postura de 600 huevos depositados por una hembra, los cuales requieren de 3 a 4 días para eclosionar, seguirá un ciclo de transformación de larva a pupa y luego pasa a ser un adulto.

Desde el punto de vista de Del Hierro (2022) la fase más prolongada del ciclo de la MSN es la etapa larvaria y es en este momento donde la alimentación se intensifica, permitiendo transformar los nutrientes ingeridos en proteína de calidad, con un mejor perfil de aminoácidos que pueden simplificar los requisitos de las formulaciones de dietas.

Los adultos tienen solo de 5 a 8 días para reproducirse, por lo que se puede entender que en esta etapa su función es de reproducción.

Esta especie posee un excelente perfil nutricional, en especial de valor proteico que puede aprovecharse para el consumo de los animales de abasto e incluirse en las dietas de aves.

2.2. Producción

Según el informe publicado por la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) titulado “Producción de insectos para consumo humano”, el mercado internacional de insectos comestibles está ganando una creciente presencia en la agroindustria. Actualmente, el programa internacional de insectos para la alimentación (IPIFF, por sus siglas en inglés) incluye 83 empresas en este sector, y reporta inversiones acumuladas de 1,000 millones de euros.

La empresa holandesa Protix recientemente inaugurada, canaliza toda su producción en la alimentación animal. Otra empresa en Tailandia reporta la existencia de 20,000 ento-granjas de grillos en la península de Indochina, con una producción anual de 7,500 toneladas (GRUPO AD HOC, 2021). Esta empresa se destaca como el principal exportador de harina de grillo en la región.

En el año 2012 Estados Unidos revela la labor de incontables pequeños emprendimientos en el mercado de alimentación para 6 millones mascotas insectívoras, incentivando el desarrollo de esta nueva tendencia. En Argentina, se cuentan más de 40 instalaciones piloto dedicadas a la cría de diversas especies de insectos, las cuales están vinculadas a institutos de investigación y 4 empresas proveedoras de insectos Agldea, BioCerta, Brometan S.R.L. y Grillos Capos.

Entre las publicaciones que sientan bases a la producción de insectos están: Las Buenas Prácticas de Higiene (BPH) para la producción de insectos (IPIFF, 2019). BPH específicas para cría de grillo. (Ministry of Agriculture and Cooperatives, Thailand, 2017). La Agencia Nacional de Seguridad Sanitaria de la Alimentación y el Medio Ambiente de Francia (ANSES, 2015) y la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, 2015), han llevado diversos perfiles de riesgo relacionados con la producción de insectos para consumo humano o animal.

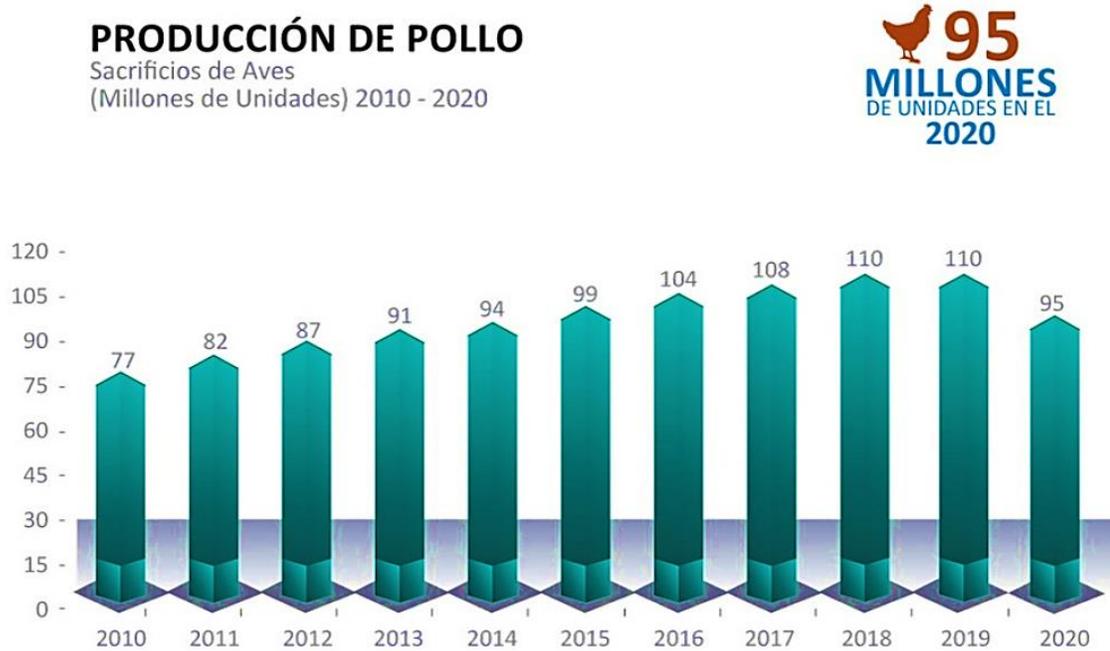
Numerosas investigaciones han analizado sobre el uso de la harina de *Hermetia illucens* en la alimentación avícola. Como expresa Heredia & Villalba (2020), esta harina desgrasada puede ser considerada una excelente fuente de energía para los

pollos de engorde. Además, podría mejorar la eficiencia alimentaria en las gallinas ponedoras, contribuyendo así a una alimentación más efectiva en las aves de corral.

2.2.1. Producción avícola nacional

En Panamá la producción avícola del 2021 tuvo un aumento de 8%, en comparación al 2020, cuando se alcanzaron a producir 95 millones de aves (Gutiérrez,2021). Contamos con 466 fincas de producción distribuidas en ocho provincias, que produjeron 108 millones de aves, simbolizando 594 millones de libras en el 2021, concentrándose más de un 70% producción en Panamá Oeste, Panamá Este y Veraguas (CoNEP, 2022).

Cuadro n°1. Producción nacional de aves 2010-2020

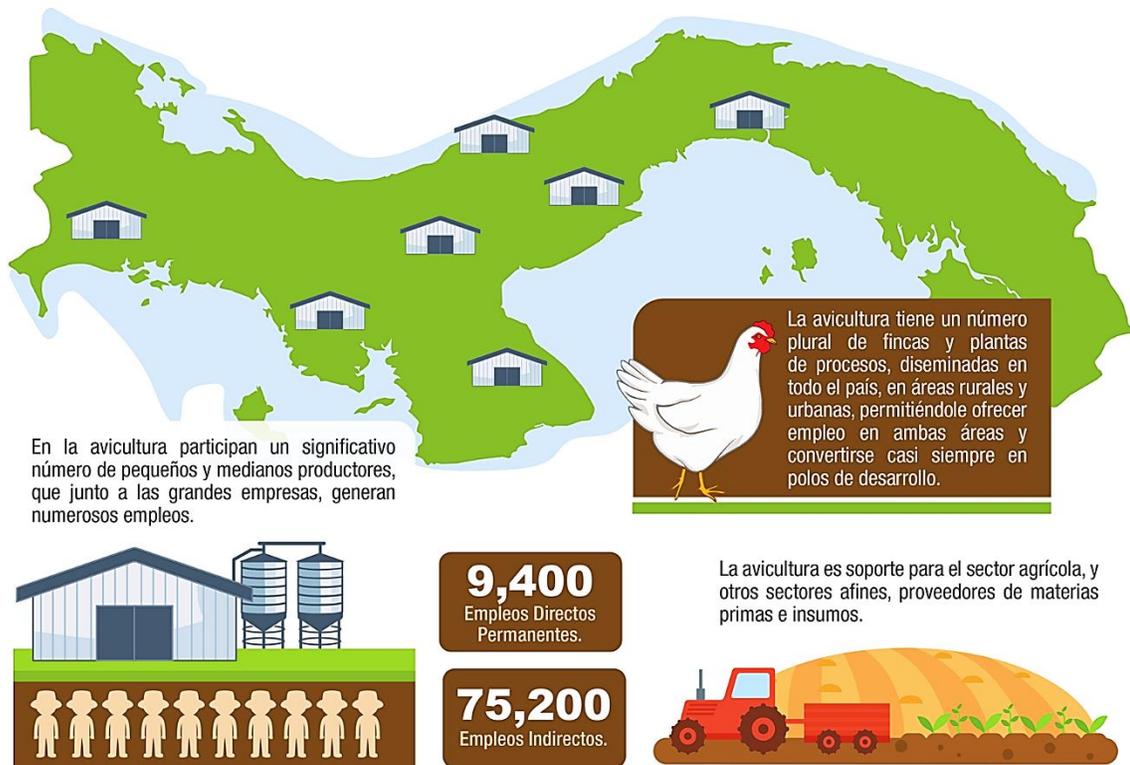


Fuente: ANAVIP, boletín informativo del 2021.

Según Gutiérrez (2021), en 2020 se sacrificaron 95 millones de aves, lo que representa una disminución del 13.63% en comparación con el año 2019, cuando se sacrificaron 110 millones de aves.

El pollo es señalado como la proteína cárnica más consumida por la población panameña (Gutiérrez, 2021). La industria avícola representa el 25% del PIB agropecuario, aportando un valor por encima de B/. 350 millones anuales. Genera 10.000 empleos directos y 75.000 indirectos (CoNEP, 2022).

Figura n°1. Importancia social de la avicultura en Panamá



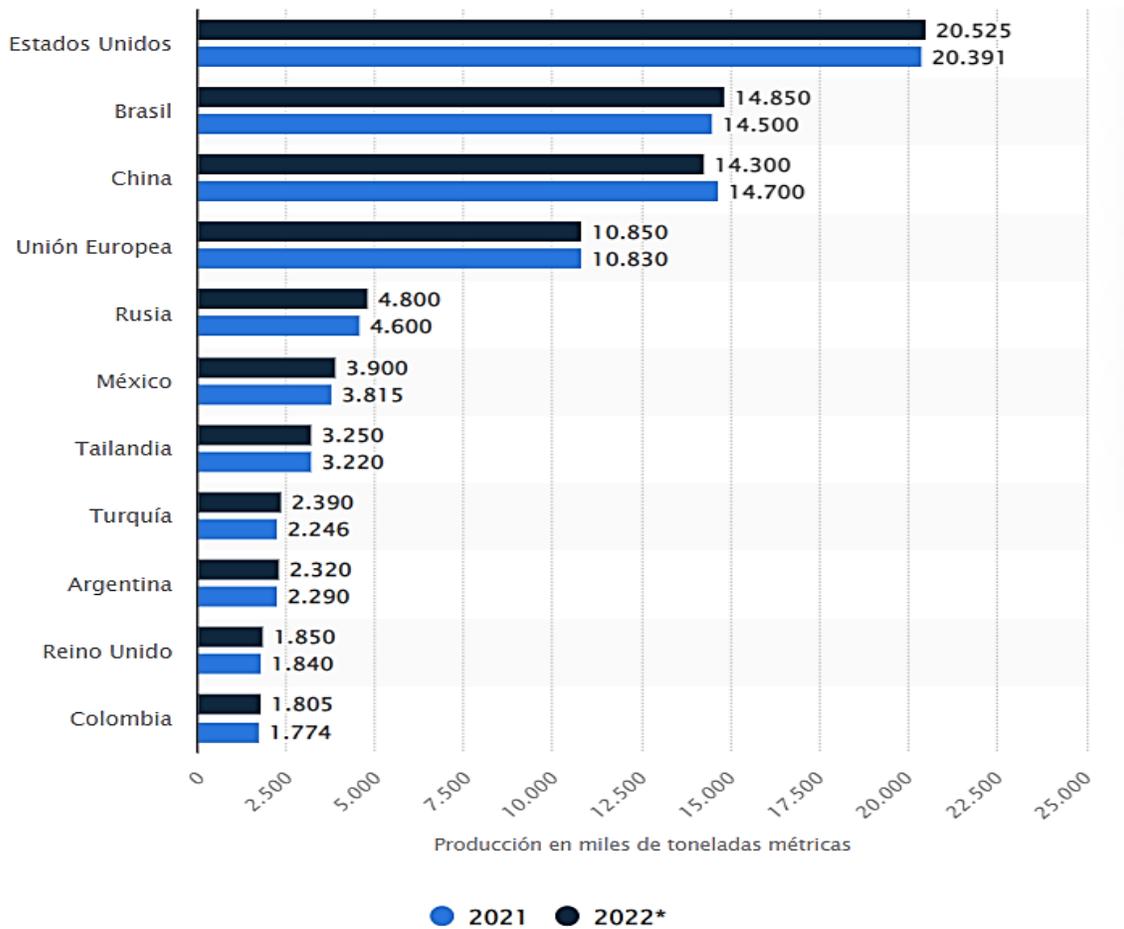
Fuente: ANAVIP (2021).

Los costos de insumos como el maíz amarillo, el combustible, la tarifa eléctrica y los salarios a nivel de producción han aumentado impactando a todos los agentes de la cadena avícola. Estos costos se han duplicado en los últimos 5 años. (CoNEP, 2022).

2.2.2. Producción avícola mundial

Estados Unidos se destaca como el mayor productor de carne de pollo del mundo, con una producción de 20.4 millones de toneladas en 2021; en segunda y tercera posición se encuentran Brasil y China, ambos con más de 14 millones de toneladas, convirtiéndose en los máximos productores de pollos (Orús, 2022).

Cuadro n°2. Principales países productores de carne de pollo a nivel mundial en 2021-2022



Fuente: Orús (2022).

En opinión de Cuéllar (2022) la avicultura del mundo cada año es tendencia gracias a la tecnificación industrial, nuevas tecnologías, adecuaciones en bienestar animal y optimización de la infraestructura en las granjas avícolas. El crecimiento del sector avícola está asociado al crecimiento demográfico en el mundo. La FAO (2020), declara que el desarrollo y la transferencia de tecnologías en el ámbito de la alimentación han propiciado un rápido crecimiento en la industria avícola y en la producción de alimentos concentrados. Este avance tecnológico ha llevado a un incremento significativo en el tamaño y la capacidad de estas industrias.

Cuéllar (2022), igualmente considera que el mercado avícola mundialmente ocupa el primer puesto entre los sectores dado que aporta en gran parte a la seguridad

alimentaria del mundo, siendo una de las industrias más sólidas e importantes a través de la crianza de pollo de engorde y gallinas ponedoras. En 2020 la FAO reporta que a nivel mundial el 40% de la producción de carne fue de origen avícola.

2.3. Clasificación científica de la mosca soldado-negra

Nombre científico: *Hermetia illucens*

Nombre común: Mosca soldado-negra (MSN o BSF)

2.3.1. Morfología y taxonomía

- Reino: Animal
- Hexápodos (Subfilo Hexápoda)
- Clase: insecto
- Subclase: Pterygota
- Orden: Diptera
- Suborden: Brachycera
- Familia: Stratiomyidae
- Subfamilia: Hermetiinae
- Género: Hermetia
- Mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*)

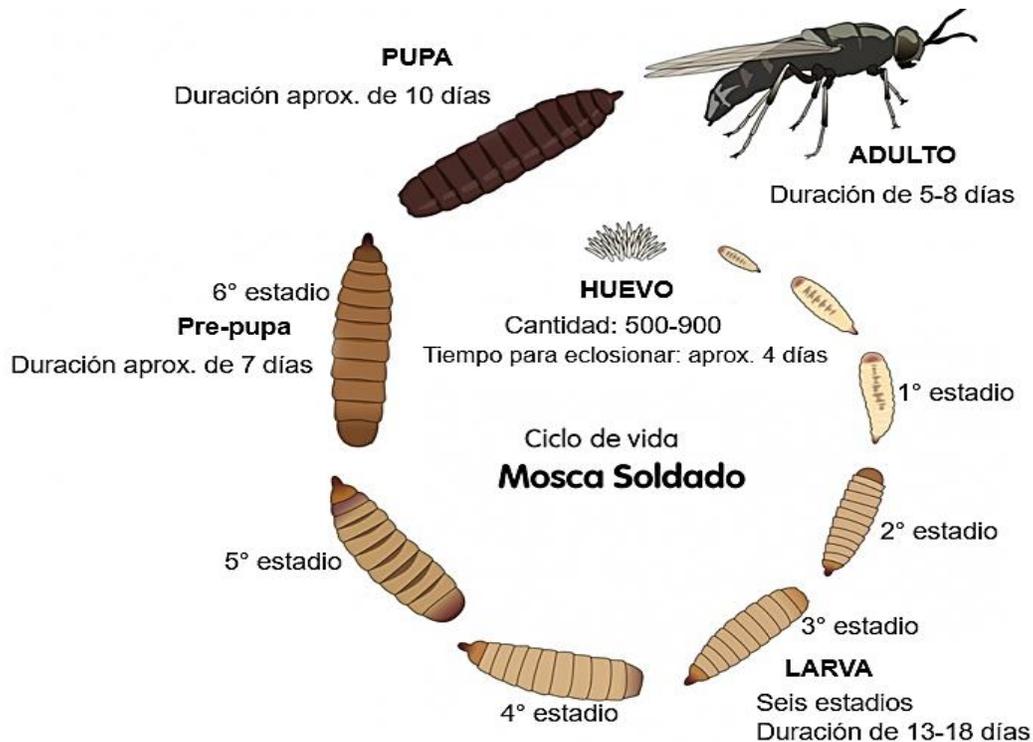
Tal como resalta Rodríguez (2020), la mosca soldado negro lo distingue un tamaño de 10 a 40 mm de largo y un color crema opaco en su fase larvaria, tienen una cabeza pequeña con piezas bucales; en estado adulto su tamaño será de 15 a 20mm de largo, su color cambia a negro después de varias mudas, presenta una cabeza estrecha, antenas estiradas, ojos con bandas, dos alas alargadas, transparentes y patas de color blanco, desde la mitad de la longitud hacia el extremo, con tres almohadillas en el extremo.

2.4. Ciclo de vida de la mosca soldado

El período de vida de la mosca soldado negro comienza cuando las hembras ponen los huevos en grietas y hendiduras próximo a los desperdicios de materias orgánicas húmedas y ricas en nutrientes (Segura, 2014).

Su lapso de vida incluye cuatro etapas: huevo, larva, pupa y adulto.

Figura n°2. Ciclo de vida de la *Hermetia illucens*.



Fuente: Machado (2018).

Los **huevo**s presentan una forma ovalada, llegan a medir 1 mm de longitud y tienen una coloración característica que varía desde una tonalidad amarilla pálida, crema o blanca. El período de incubación de los huevos de *H. illucens* varía entre 3 y 4 días, al eclosionar los huevos emergen las larvas del primer estadio. (Gobbi, 2012).

La fase **larval** es considerada una de las más largas al estar conformada por seis estadios, sin embargo, son de rápido crecimiento. Es en esta fase donde la larva se dedica exclusivamente a la alimentación. La duración del estado larval abarca aproximadamente de 10 a 14 días, dependiendo de las condiciones de crecimiento.

Aliaga (2019), describe que las larvas carecen de patas y alas, presentando solo una pequeña cabeza en un extremo y una abertura en el otro extremo para la expulsión de desechos. Las larvas pueden alcanzar una longitud de hasta 3 cm y se distinguen por un color opaco y blanquecino. La fase culmina con el sexto estadio conocido como prepupa, donde las larvas dejan el medio de crecimiento y se ubican en un lugar seco y protegido. La larva adopta un oscurecimiento en la cutícula e inicia a endurecerse, se destaca por su gran movilidad (Gobbi, 2012).

Pupa se caracteriza por la falta de movilidad, no consumen alimento (Gobbi, 2012), adoptan una coloración café oscura y las pupas son de tipo coartada, presentan una capa firme endurecida, esta fase cumple un periodo aproximado de 7 a 10 días (Giraldo, Rodríguez & Benavides, 2019).

En la etapa **adulto**, las moscas dependen de las reservas acumuladas durante la fase larval para sustentar sus actividades vitales, por lo tanto, no necesitan alimentarse de otras fuentes. Tiene como único objetivo el reproducirse. Las moscas adultas tienen una vida extremadamente breve, de apenas 5 a 8 días. Durante este corto periodo de vida, deben cumplir con el ciclo de apareamiento y puesta de huevos para asegurar la continuación de su especie (Aliaga, 2019).

Gobbi (2012), señala que la duración de cada etapa del ciclo de vida de *H. illucens* está sujeta a la influencia de la temperatura, la humedad y la disponibilidad de alimento. Estos elementos pueden alterar significativamente el desarrollo de las diferentes etapas del ciclo biológico. Las temperaturas óptimas para el ciclo biológico de *H. illucens* se encuentran en un rango de 24 a 29°C. (Segura, 2014). Este intervalo térmico es fundamental para asegurar un desarrollo adecuado y eficiente de la especie.

2.5. Condiciones y parámetros de crecimiento

Según Tomberlin (2005), son muchos los factores que influyen la copulación y en la oviposición de huevos fértiles y abundantes. Entre estos factores se incluyen la intensidad de la luz, la incidencia de la luz solar, así como la temperatura y el grado de

humedad. Uno de los factores más relevantes es la temperatura influyendo sobre el desarrollo y supervivencia de los individuos.

Del Hierro (2022) asegura que durante el periodo de vida de la MSN se deben manejar temperaturas que oscilan de 24 a 30°C, si las temperaturas son más altas las larvas por buscar ambientes frescos se apartarán del alimento, en temperaturas bajas su metabolismo se ralentiza y disminuye su desarrollo.

Salas (2019) reporta que a temperaturas de 27°C la etapa larvaria se extiende y una mayor cantidad de larvas se desarrollan hasta ser adultas, sin embargo, las larvas que son expuestas a 30°C su período larval es más corto, pero existe un mínimo porcentaje de larvas que llegan a tu fase de adultez.

Como detallan Cabrera & López (2021) para el apareamiento y puestas de huevos 27°C es la temperatura óptima, en todo caso un aumento de 30°C a 36°C, el metabolismo de las larvas se acelera provocando tamaños reducido y vida útil corta en los adultos.

La humedad ambiental es uno de los factores climáticos del cual depende la supervivencia de los insectos. Del hierro (2022), recomienda humedades de 40 a 60% para residuos a base de estiércol, 85% para compost a base de lodo fecal y para desperdicios alimenticios la humedad recomendada es del 80%. Un mal manejo de las humedades ocasiona alteraciones en la descomposición de la materia orgánica utilizada como compost y ayuda al incremento microbiano de patógenos en el producto final.

En la fase de apareamiento la iluminación estimula a las moscas a favorecer la reproducción, por lo que este factor también debe ser tomado en cuenta.

Por lo que refiere a pH Del Hierro (2022), asegura que el rango de alcalinidad o acidez del compost es una variable más a controlar, porque con un pH alcalino de 8 a 10 es permisible metabolizar nutrientes, mientras que en sustratos ácidos las larvas no regulan el pH del medio.

En 2018, el investigador Mat llevó a cabo un estudio en el que examinó el desarrollo de larvas en distintos niveles de pH. Los resultados mostraron que, a niveles de pH

que oscilan entre 6 y 10, las larvas presentan un mayor peso. En contraste, las larvas expuestas a niveles de pH más bajos, entre 2 y 4, muestran un crecimiento reducido. Este hallazgo pone de manifiesto que las larvas tienen la capacidad de regular el pH en sustratos alcalinos, pero no en sustratos ácidos.

Cabrera y López (2021), refuerzan esta observación al destacar que las larvas experimentan un crecimiento y desarrollo más notable en sustratos con un pH básico de 8 a 10 o neutro, en comparación con aquellos muy ácidos, donde su capacidad para regular el pH es mínima. Esta evidencia sugiere que el pH del sustrato es un factor crucial en el desarrollo óptimo de las larvas

2.6. Composición nutricional y química

La fase de desarrollo de la mosca soldado negro influye en la producción, tanto en calidad como en cantidad.

Tabla n°1. Composición Nutricional de las larvas de *Hermetia illucens* con diferentes periodos de crianza.

Valor nutricional	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25
Proteína cruda (%)	49.91 ±3.41	44.43 ±3.22	43.84 ±1.50	41.58 ±4.40	42.98 ±1.94
Grasa cruda (%)	22.89 ±2.89	24.82 ±1.54	26.79 ±1.52	33.40 ±3.05	34.09 ±5.24
Fibra cruda (%)	9.07 ±1.26	8.96 ±1.97	9.29 ±2.07	10.50 ±1.70	10.40 ± 3.04

Cenizas - minerales (%)	21.98 ±1.42	24.60 ±2.26	25.56 ±4.80	25.75 ±1.68	30.47 ±2.01
------------------------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-------------

Fuente: Mahmud, Bugiwati, Kesuma & Rahardja (2020).

Cuanto más largo es el período de crianza de *Hermetia illucens*, el nivel de materia seca, grasa y fibra bruta tiende a aumentar, sin embargo, la proteína bruta disminuye.

Tabla n°2. Composición nutricional de las larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), deshidratadas.

Valor nutricional	Unidad	Promedio	DE	Mín.	Máx.	Nb
Materia seca	% según lo alimentado	91.3	1.1	90.0	92.5	5
Proteína cruda	% MS	42.1	1.0	41.1	43.6	5
Fibra cruda	% MS	7.0	----	----	----	1
Extracto de éter (grasa cruda)	% MS	26.0	8.3	15.0	34.8	5
Ceniza	% MS	20.6	6.0	14.6	28.4	5
Energía bruta	MJ/kg MS	22.1	----	----	----	----

Fuente: Tran, Gnaedinger & Mélin (2015).

El asterisco * muestra el valor promedio que se obtuvo a través de una ecuación.

DE: desviación estándar; Mín.: valor mínimo; Máx.: valor máximo; Nb: número de valores (muestras utilizadas).

Tabla n°3. Composición química de las larvas de mosca soldado negra (*H. illucens*), deshidratadas.

Componentes	Unidad	Promedio	DE	Mín.	Máx.	Nb
Minerales						
Calcio	g/kg MS	75.6	17.1	50.0	86.3	4
Fósforo	g/kg MS	9.0	4.0	6.4	15.0	4
Potasio	g/kg MS	6.9	----	----	----	1
Sodio	g/kg MS	1.3	----	----	----	1
Magnesio	g/kg MS	3.9	----	----	----	1
Manganeso	mg/kg MS	246	----	----	----	1
Zinc	mg/kg MS	108	----	----	----	1
Cobre	mg/kg MS	6	----	----	----	1
Hierro	mg/kg MS	1370	----	----	----	1
Aminoácidos						
Esenciales						
Arginina	% proteína	5.6	0.3	5.3	6.1	4
Histidina	% proteína	3.0	1.0	2.3	4.5	4
Isoleucina	% proteína	5.1	0.5	4.7	5.6	4
Leucina	% proteína	7.9	0.6	7.1	8.4	4
Lisina	% proteína	6.6	0.9	6.0	8.0	4
Metionina	% proteína	2.1	0.3	1.7	2.4	4
Fenilalanina	% proteína	5.2	0.4	4.6	5.6	4

Treonina	% proteína	3.7	1.7	1.3	4.8	4
Triptófano	% proteína	0.5	----	----	----	1
Valina	% proteína	8.2	1.3	6.4	9.1	4
No esenciales						
Alanina	% proteína	7.7	0.8	6.9	8.8	4
Cisteína	% proteína	0.1	----	----	----	1
Ácido aspártico	% proteína	11.0	1.8	8.5	12.5	4
Ácido glutámico	% proteína		2.4	8.7	13.5	4
Glicina	% proteína	5.7	0.8	5.2	6.8	4
Prolina	% proteína	6.6	----	5.5	7.7	2
Serina	% proteína	3.1	1.9	0.3	4.2	4
Tirosina	% proteína	6.9	0.7	6.0	7.7	4
Ácidos grasos saturados						
Láurico, 12:0	% ác. grasos	21.4	----	----	----	1
Mirístico, 14:0	% ác. grasos	2.9	----	----	----	1
Palmítico, 16:0	% ác. grasos	16.1	----	----	----	1
Esteárico, 18:0	% ác. grasos	5.7	----	----	----	1
Ácidos grasos monoinsaturados						
Oleico, 18:1n-9	% ác. grasos	32.1	----	----	----	1

Ácidos grasos poliinsaturados						
Linoléico, 18:2n-6	% ác. grasos	4.5	----	----	----	1
Linolénico, 18:3n-3	% ác. grasos	0.19	----	----	----	1
Eicosapentaenoico , 20:5n-3	% ác. grasos	0.03	----	----	----	1
Docosahexaenoico o, 22:6n-3	% ác. grasos	0.006	----	----	----	1

Fuente: Tran, Gnaedinger & Mélin. (2015).; Cerisuelo, A. (2021)

2.7. Beneficios para la salud

Como señala el Instituto Nacional Tecnológico (2016), los nutrientes necesarios en la dieta de todo ser vivo son las proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales. Estos elementos no solo sirven como fuentes de energía, sino que son requeridos para la subsistencia, el crecimiento y la reproducción. Con base en su manual llamado “Nutrición animal” la proteína es el compuesto elemental de todo organismo, considerando que contiene nitrógeno el principal compuesto de los músculos y la sangre.

Desde la posición del Instituto Nacional Tecnológico (2016), los animales requieren altos suministros de proteínas, por ser fundamental en la formación de la estructura muscular y de los tejidos. Este macronutriente tiene la función de intervenir en el sistema metabólico, la genética (ADN), hormonas, inmunoglobulinas y fluidos (sangre, enzimas, etc.).

Otro punto que sostiene el Instituto Nacional Tecnológico (2016), en su manual es la clasificación de las proteínas en aminoácidos esenciales y no esenciales.

Con respecto a los aminoácidos esenciales, son los cuales el cuerpo no consigue sintetizar, por ello es importante que sean suministrados a través de alimentos de valor energético. Hay una excepción con los animales poligástricos, porque son una especie que con una dieta basada en forraje de baja calidad podrían producir la proteína bacteriana sintetizada en el rumen con los aminoácidos que son esenciales para los humanos, mientras que los seres monogástricos requieren de la más alta calidad de proteínas las cuales serán utilizada como fuente de síntesis de proteína de sus propios organismos.

Como explica Del Hierro (2022), la proteína de insectos es un excelente ejemplo de proteína de alta calidad y digestibilidad, al incluir la mayoría de los aminoácidos esenciales requeridos. Sin embargo, aunque la proteína de insectos ofrece una composición nutricional robusta, presenta oportunidades de mejora en los niveles de metionina, cistina y arginina, en comparación con las necesidades específicas de ciertos animales de producción. Esto nos señala la importancia de ajustar las formulaciones dietéticas para asegurar que todos los requerimientos nutricionales sean cubiertos, optimizando así la eficacia y el bienestar de los animales de producción.

La harina de insectos permite producir alimentos de gran sabor, alto valor proteico, sanos, hipoalergénicos y brinda grandes beneficios, especialmente por la presencia natural de ácidos grasos omega 3 y 6. International Platform of Insects for Food and Feed (IPIF, 2019), menciona en la publicación “Building bridges between the insect production chain, research and policymakers” (Creando puentes entre la cadena de producción de insectos, la investigación y los formuladores de políticas) el poder de refuerzo inmunológico que ofrecen los insectos a los animales de abastos, incluido a las aves de corral, en virtud de su contenido en componentes bioactivos de ácido láurico, péptidos antimicrobianos y la quitina. Además, por su presencia de oligosacáridos y monosacáridos ofrecen un efecto probiótico, previniendo enfermedades.

Rodríguez (2020), el contenido de ácido láurico en las larvas de insectos, previsiblemente les otorga propiedades antivirales y antibacterianas, sin provocar

reacciones alérgicas en los animales de abasto. Además, los insectos son una fuente rica en péptidos antimicrobianos, que no solo promueven la digestibilidad y la salud intestinal, sino que también mejoran la inmunidad y el rendimiento de crecimiento. El autor destaca que esta diversidad de péptidos antimicrobianos en los insectos subraya su potencial para optimizar la salud animal y la eficiencia en la producción, destacando su importancia en la formulación de dietas nutritivas y balanceadas para los animales de abasto.

Del Hierro (2022), coincide con estudios previos al destacar que los insectos no solo aportan nutrientes valiosos, sino que también pueden servir como refuerzo inmunológico. Esto se debe a su contenido en ácido láurico, con propiedades antivirales y antibacterianas, péptidos antimicrobianos que favorecen la digestibilidad y la salud intestinal, y quitina. Además, los insectos poseen propiedades prebióticas que pueden contribuir a la prevención de enfermedades, gracias a los oligosacáridos presentes en monosacáridos. Su importancia radica en cómo cada componente contribuye a una dieta equilibrada y a la mejora de la salud general, subrayando el valor integral de los insectos en la nutrición moderna.

La larva *Hermetia illucens* es conocida por su utilidad para descomponer residuos orgánicos. El nivel de proteína de esta larva es comercializado como alimento animal y los residuos que se originan en el proceso (excretas y restos del sustrato), se venden como fertilizante siendo este un subproducto (Segura, 2014).

Según Avendaño, Sánchez & Valenzuela (2020), es fundamental reconocer el potencial de los insectos en todas las fases de su crecimiento pueden ser consumidos desde huevos, larvas, pupas y adultos. Este enfoque integral no solo destaca la versatilidad de los insectos como fuente de alimento, sino que también revela su valor nutricional en distintas fases de desarrollo. Comúnmente se comercializan enteros deshidratados, en harinas, piensos y aceites.

Tabla n°4. Empresas que elaboran productos alimenticios para animales a partir de larvas de *Hermetia illucens* (MSN).

Empresa	País	Producto	Especie consumidora
Enorm BioFactory	Dinamarca	Harina/pienso	Peces
Tomojo	Francia	Harina/croquetas	Perros y gatos
Goterra	Australia	Harina, pienso y croquetas	Aves, peces, perros y gatos.
Nasekomo	Bulgaria	Larvas secas enteras, harina proteica desgrasada, aceite y fertilizante orgánico.	Peces, perros, gatos, aves y reptiles.
Food for the Future (F4F)	Chile	Harina/pienso	Peces
Wilder Harrier	Canadá	Harina/croquetas	Perros

Fuente: Avendaño, Sanchez & Valenzuela. (2020).

Figura n°3. Productos de larva *Hermetia illucens*



Fuente: Mitre & Ortíz (2023)

CAPÍTULO III:

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, expone la hipótesis planteada ante la producción de harina de la larva *Hermetia illucens*; se trata de cuantificar los resultados y representarlos gráficamente por medio de un sistema estadístico de tablas y gráficas, permitiendo así visualizar la información, creando la posibilidad de estudiar exhaustivamente la producción de pienso y pone en manifiesto la causa que condiciona el procesamiento de la larva.

El alcance de la investigación es a nivel descriptivo y exploratorio. El nivel descriptivo abarca a detalle las características del estudio, la descripción puntual del procesamiento y aspectos de la transformación de la larva *H. illucens* en harina, contar cómo es cada etapa y los resultados obtenidos.

El nivel exploratorio nos permite conocer más ampliamente el objeto de estudio, al participar, intervenir e indagar en la recopilación de información dispersa finalmente buscando establecer una secuencia de la información y datos para eventualmente desarrollar procesos y formulaciones del tema en estudio, de este modo forma parte del común denominado “ensayo y error” (Thorndike, 1931).

Los resultados obtenidos constituirán una base para futuros planteamientos, ante la incorporación de *H. illucens* u otros insectos comestibles con valores nutricionales considerables, para la alimentación.

3.2. Diseño de la investigación

Se plantea un diseño experimental, que garantice la validez del estudio.

Se realiza una manipulación de variables en el experimento, lo que involucra el uso de la larva *H. illucens* con la intención de producir harina donde será medible cada variable resultante, ante la búsqueda de comprobar la hipótesis de estudio; demostrando un método viable para la fabricación de la harina a base de insecto.

La recolección de datos consta de un periodo corto de tiempo (3 meses) por lo que el estudio destaca como un diseño experimental, cuantitativo y transversal.

3.2.1. Ubicación, espacio, tiempo

La intervención experimental de este proyecto se desarrollará en:

La provincia de Chiriquí, ciudad de David, dentro de los laboratorios de la Escuela de Ciencias de los Alimentos y Nutrición; en los laboratorios de la Escuela de microbiología, de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, en la Sede Central de la Universidad Autónoma de Chiriquí donde se realizarán los análisis fisicoquímicos y microbiológicos necesarios para la recopilación de datos.

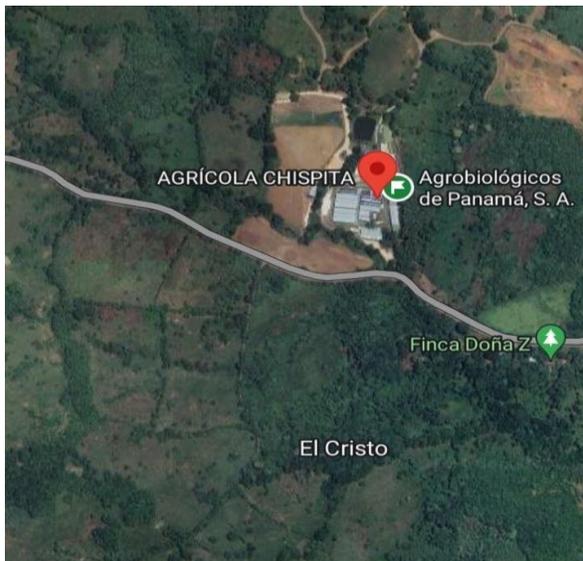
Figura n°4. Ubicación de la Universidad Autónoma de Chiriquí.



Fuente: Google maps (2024).

La materia prima para la fabricación de harina se obtendrá en la empresa AgroBiologicos de Panamá, ubicada en la provincia de Coclé, dentro de los límites del distrito de Aguadulce, en el corregimiento El Cristo. Lugar donde, además se realizan los procesos y etapas de deshidratación, molienda hasta obtener el producto terminado por un lapso de tres meses aproximadamente.

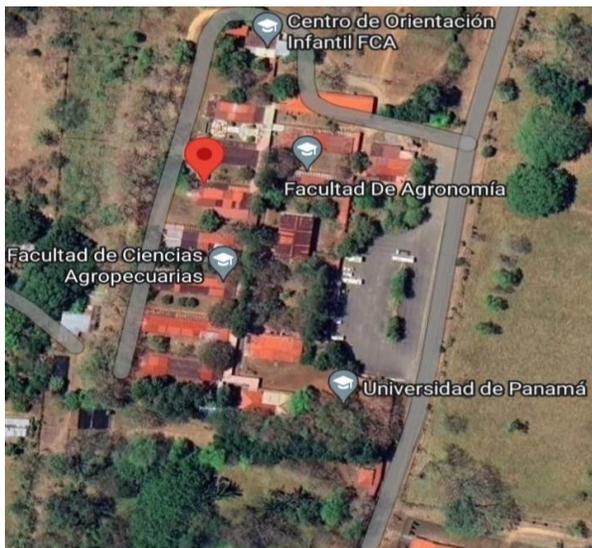
Figura n°5. Ubicación de Agrobiológicos de Panamá, S.A.



Fuente: Google maps (2024).

Determinadas pruebas fisicoquímicas se realizan en las instalaciones de la Universidad de Panamá, Facultad de Agronomía.

Figura n°6. Ubicación del Laboratorio de Análisis de Suelos y Afines.



Fuente: Google maps (2024).

3.3. Materia de estudio

Para este estudio, el material sometido a investigación es la harina de larva de mosca soldado-negra. Existen investigaciones relacionadas que muestran la inclusión de harina a base de las larvas de *H. illucens* y como esta puede ser llegada a aplicarse en cualquier etapa del ciclo productivo de las aves de corral, la investigación muestra que se pueden alcanzar niveles de reemplazo de hasta un 100% de la harina de soya, sin que los pollos presenten diferencias significativas en sus dietas (Figueredo & Balaguera 2021).

En el campo de la transformación de materiales orgánicos y la producción de alimentos de alta calidad, no basta con considerar opciones convencionales; es necesario explorar soluciones innovadoras. Arango, Vergara & Mejía (2004), destacan que las larvas de *MSN* se perfilan como un insecto prometedor en estos ámbitos. Y aunque su capacidad para transformar residuos y producir alimentos de calidad superior puede parecer un avance técnico, su verdadero impacto radica en cómo pueden cambiar las prácticas actuales y contribuir a un futuro más eficiente y sostenible en la gestión de recursos y la producción alimentaria.

En el ámbito de la sostenibilidad, no se trata solo de identificar nuevas tecnologías; se trata de descubrir soluciones que transformen la economía circular. Según Figueredo & Balaguera (2021), las larvas de *H. illucens* emergen como una base prometedora para desarrollar tecnologías que minimicen el desperdicio y reduzcan el consumo de materias primas y energía. Estas larvas no solo ofrecen una vía para optimizar el uso de recursos, sino que también permiten a las plantas de tratamiento adoptar un enfoque de autosuficiencia. Al emplear las larvas para procesar sus propios desechos, las instalaciones pueden generar alimento para sus animales mientras gestionan sus residuos de manera eficiente. Aunque esta solución parece innovadora, su impacto en la reducción del desperdicio y el consumo de recursos subraya la necesidad de implementar enfoques sostenibles en el manejo de residuos y producción animal.

3.4. Población y muestra

La población de la investigación es la harina de larva de *H. illucens* (Diptera: *Stratiomyidae*), criados en cautiverio en el sector de Aguadulce de la provincia de Coclé - Panamá.

La muestra debe ser recolectada mediante un muestreo probabilístico (aleatorio simple), estas provienen de una cama madre donde se ubica el moscario y por tanto la cría de estas, para la recolección se implementó la ecuación n°1 presentada por Gutiérrez & De la Vara (2008), en donde se escogió de una población de 1000 larvas de *H. illucens* (Diptera: *Stratiomyidae*) en estadio larval cinco y prepupa para realizar la harina por cada lote.

3.4.1. Determinación del tamaño de muestra

El tamaño de la muestra se estimó mediante el cálculo que se presenta a continuación:

Ecuación n°1.

$$n = \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{(e^2 \times (N - 1)) + Z^2 \times p \times q}$$

n= Tamaño de la muestra

N= Tamaño de la población

k= Constante dependiente del nivel de confianza. (Nivel de confianza 95% z= (1.96)

e= Error muestral relativo deseado

p= Proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio

q= Proporción de individuos que no poseen la característica de estudio; q=1-p

$$\begin{aligned} n &= \frac{Z^2 \times p \times q \times N}{(e^2 \times (N - 1)) + Z^2 \times p \times q} \\ n &= \frac{(1,96)^2 \times (0,5) \times (0,5) \times 1000}{((0,05)^2 \times (1000 - 1)) + (1,96)^2 \times (0,5) \times (0,5)} \\ n &= \frac{(3,84) \times (0,25) \times 1000}{((0,0025) \times (999)) + (0,96)} \\ n &= \frac{(960,4)}{(3,45)} = 278 \text{ larvas} \end{aligned}$$

La muestra corresponde a 278 larvas.

3.5. Técnicas y procedimientos

De acuerdo al enfoque de esta investigación, para la elaboración de harina de MSN inicialmente se retiran las larvas de las cámaras de cría y se elimina el sustrato (comida) y el excremento que permanece adherido en estos a través de una técnica de tamizado manual, previo a las condiciones y parámetros óptimos analizados de la *H. illucens* para su procesamiento el primer paso para el proceso de producción es sacrificarlas aplicando un choque térmico, posteriormente se secan, en este punto se realiza un prensado obteniendo una torta de larva libre de aceites que posteriormente irá a una molienda, de esta forma se logrará la producción de la harina.

3.5.1. Procedimiento para la elaboración de la harina de *H. illucens*.

Línea de producción primaria

1. Recolección: La etapa adecuada para la selección de las larvas, destinadas a la producción de harina; son entre la etapa larvaria y la etapa de pre-pupa, aproximadamente entre el día 18 al día 25, siendo apropiado el día 22 de su ciclo de vida. En esta fase su valor nutricional es el máximo con altos contenidos en proteínas, grasas y demás nutrientes.

Depositar las larvas en el tamiz manual con mayas de 5 mm, con el fin de separar las larvas de mayor peso y por ende con máximo valor nutricional. Se realiza una agitación del contenido depositado en el tamiz, eliminando los restos de alimentos no consumidos y las excretas. Para la selección de las larvas se evalúan características esenciales como la consistencia, contenido proteico, peso de larvas, etc. Es necesario una limpieza y desinfección del material, eliminando cualquier microorganismo patógeno que esté presente y que comprometa la calidad del producto final.

2. Sacrificio: Aplicar un choque térmico a las larvas, mediante la técnica de blanqueo, son introducidas en agua caliente (70°C-100°C) por un lapso de 1-3 minutos, se retiran de la olla y se procede a introducir en un recipiente con agua fría, esto mata la larva y provoca que liberen su contenido intestinal. Posteriormente se realizan lavados con el fin de eliminar las excretas que han expulsado las larvas al someterse al cambio brusco de temperatura; llevar a cabo un pre-secado de las larvas, para efectuar un tamizaje (malla de 3 mm) que logre asegurar la separación de la excreción de las larvas de *H. illucens*.

Línea de producción industrial

3. Secado: Llevar las larvas al microondas por 15 min y ajustarlo a un nivel de potencia media (70%). Este método de secado es una deshidratación rápida, donde el agua que contiene la larva se evapora. El producto obtenido es de color amarillo pálido, voluminoso y atractivo. A medida que el porcentaje de humedad baja, debido a la deshidratación de las larvas, aumenta el porcentaje de proteínas y demás componentes por lo que se produce una mayor concentración de los nutrientes (proteínas, grasas, minerales) y se genera una pérdida de peso.

Esta fase es considerada como un método de conservación al disminuir la cantidad de agua que los microorganismos requieren para su crecimiento es determinante en la prevención de su proliferación microbiana, inhibiendo bacterias, hongos y levaduras; que podrían afectar la calidad de la harina.

4. Prensado: Las larvas secas se someten a un prensado manual, donde se obtendrá una torta seca de larvas y aceite no refinado. Este proceso se encarga de extraer la grasa de las larvas, contribuyendo a la producción de una harina de larva de *H. illucens* baja en grasa y alta en proteínas; que prolonga la vida útil de anaquel al evitar una posible degradación oxidativa.

5. Molienda: La torta seca de larvas se transfiere a un triturador para dar inicio a la etapa; luego el triturado de la larva se lleva a macerar en busca de una textura fina, se reduce el tamaño de las larvas que deben presentar una granulometría

apropiada entre 100-315 μm , se utiliza un tamiz con estas dimensiones después de la molienda; obteniendo el producto final, la harina de larva de *Hermetia illucens*.

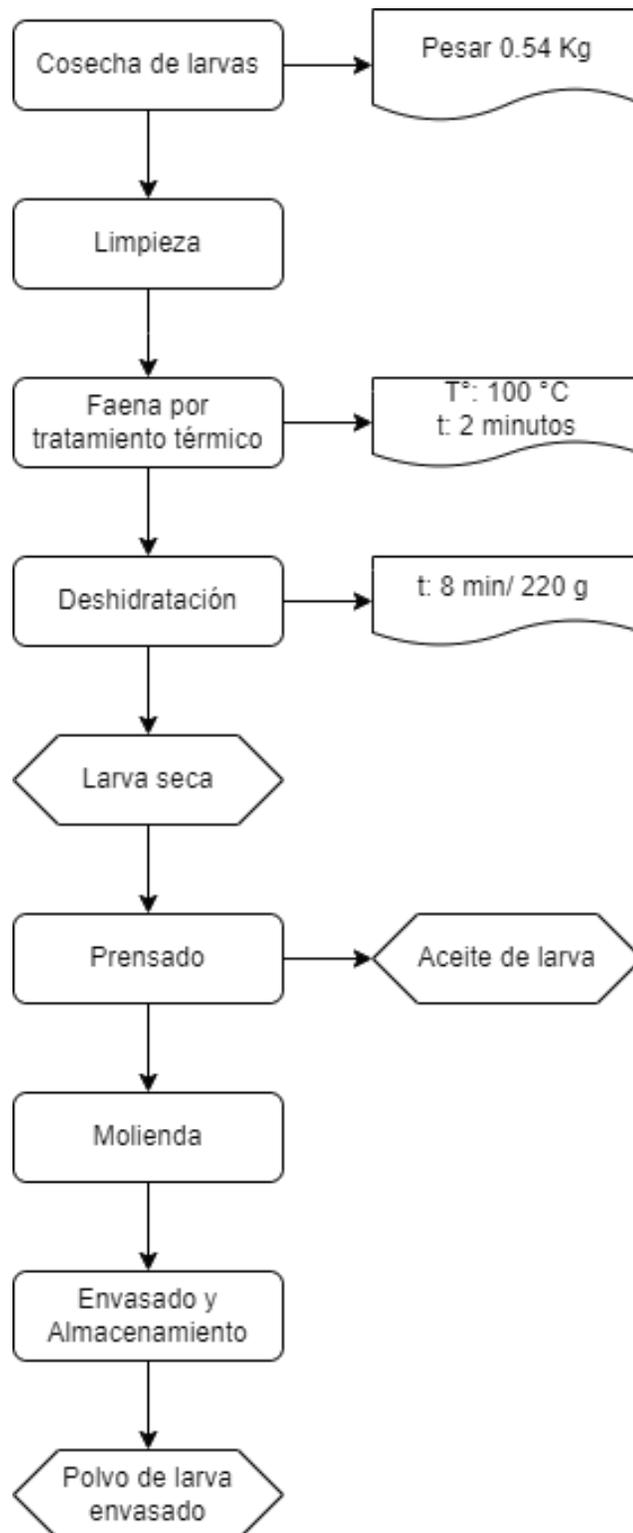
6. Empacado y rotulado: Empacar la harina y sellar herméticamente el envase. El uso de atmósferas modificadas y envases impermeables es una práctica recomendada. En el rótulo deberá constar la denominación "Harina de prepupa", contenido neto en unidades de masa del Sistema Internacional (S.I.), fecha de empacado, fecha de vencimiento, lote, instrucciones para su almacenamiento, nombre y dirección del fabricante (Norma COPANIT-389, 1998).

Muestreo e inspección de producto terminado

7. Análisis de calidad: Se requiere tomar muestras para ser llevadas al laboratorio con el fin de realizar pruebas fisicoquímicas y microbiológicas que indican tanto el estado y la calidad de la harina.

A partir de los resultados de estos análisis se decidirá si la harina cumple con los requerimientos para ser utilizada en la elaboración del pienso.

Flujograma n°1. Elaboración de harina de *H. illucens* para la producción de pienso para aves de corral.



3.6. Tipo de análisis

Preparación de la muestra: Se toma 100 gramos de muestra fresca de larva de mosca negra para cada análisis estas se colocan en una bandeja de aluminio para ser secadas en el horno a una temperatura de 350°C por 15 minutos, después se deja enfriar y se toma el peso final, para proceder con la molienda y realizar los análisis correspondientes.

3.6.1. Análisis fisicoquímicos

3.6.1.1. Determinación de humedad

Determinar la humedad por el contenido de agua que se pierde mediante evaporación. Estableciendo un porcentaje de humedad por duplicado. Se aplica el método de análisis AOAC 930.15

Tabla n°5. Equipos y materiales para la determinación de humedad

Equipos	Materiales
Balanza analítica	Crisol
Estufa de secado	Pinzas
Desecador	Cuchara

Fuente: Mitre & Ortiz (2023).

Procedimiento

1. Limpiar los crisoles, secarlos y enumerarlos #1 y #2.
2. Anotar el peso del crisol.
3. Pesar 10g de la muestra, en un crisol previamente tarado.
4. Colocar las muestras en la estufa de secado por 3 horas a 105°C ± 2°C
5. Enfriar las muestras en el desecador de 30min a 1h.
6. Pesar y realizar los cálculos.

Cálculos

Se calcula el contenido de humedad de la siguiente manera:

$$\%H = \left(\frac{g \text{ agua}}{100g} \right) = \frac{(P_i - P_f)}{m} \times 100$$

Donde:

P_i = Peso inicial de la muestra húmeda, más el peso del crisol

P_f = Peso final de la muestra seca, más el peso del crisol

m = Peso de la muestra húmeda

3.6.2. Análisis Químicos

En el análisis de alimentos y materias primas, no solo se evalúa la presencia de componentes nutricionales, sino que se revela la esencia misma de la calidad del producto. Más allá de los resultados numéricos, estos análisis ofrecen una visión integral de la composición y el valor real de los materiales que consumimos.

Los resultados de estos análisis son fundamentales, ya que permiten establecer con precisión la calidad de los componentes presentes en las materias primas. Esta información no solo determina el valor nutricional, sino que también influye en la percepción y la seguridad alimentaria.

3.6.2.1. Determinación de Proteína

Método oficial AOAC 981.10

Tabla n°6. Materiales y reactivos para el análisis de proteína

Materiales	Equipos	Reactivos
Tubos para digerir muestras	Digestor de proteína	Agua destilada

Gradilla para tubos de digestión	Destilador de proteína	Catalizador Kjeldahl
Papel libre de Nitrógeno	Balanza analítica	Ácido bórico al 4%
Pera de succión		Ácido sulfúrico concentrado
Pipeta		Hidróxido de sodio al 40%
Guantes de calor		Solución estandarizada de ácido clorhídrico (HCl) de 0,1 N
Bureta		Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂) al 30-35%
		Indicador mixto Tashiro (Rojo de metilo - Azul de metileno)

Fuente: Ortiz & Mitre (2023).

Procedimiento

1. Pesar 1 gramo de la muestra en el papel libre de nitrógeno y colocar en el tubo de digestión.

Digestión

2. Introducir una tableta catalizadora de Kjeldahl, en el tubo de digestión.
3. Añadir 10 ml de ácido sulfúrico concentrado y 3 ml de peróxido de hidrógeno H₂O₂ (30-35%).
4. Llevar los tubos de digestión que contienen la muestra, al digestor de proteína. Digerir a 400-420°C hasta obtener una disolución de color verde esmeralda o un azul-verdoso característico. Incrementar la temperatura mediante intervalos de 20 min. Iniciar con 150°C, seguido de 300°C, hasta alcanzar los 400°C.
5. Retirar el tubo del digestor de proteína, con ayuda de unos guantes de calor y colocar en la gradilla para los tubos de digestión, enfriar por 10 minutos.

Neutralización y destilación

6. Llevar el tubo de digestión al acople del destilador de proteína.
7. En un matraz Erlenmeyer agregar 10ml de ácido bórico al 4% y 5 gotas del indicador mixto. Colocar el matraz en el otro extremo del destilador.
8. Adicionar 50 ml de hidróxido de sodio al 40% en el tubo de digestión, mediante la llave de dosificación del destilador de proteína. Al presentar una coloración café indica que la muestra ha sido neutralizada.
9. Iniciar el proceso de calentamiento en el destilador de proteína por 3 minutos, hasta ebullición, dando paso a la destilación. Finalizar al obtener un aproximado de 100 ml de solución destilada y observar una coloración verdosa.
10. Retirar el tubo de digestión del equipo y colocar el residuo en un lugar seguro para su eliminación.

Titulación

11. Retirar el Erlenmeyer del colector del equipo.
12. Añadir ácido clorhídrico 0.1 N en la bureta.
13. Realizar la valoración, hasta el punto de viraje del indicador, observar una coloración gris, hasta obtener una coloración violeta.
14. Anotar el volumen consumido del HCl.

$$\% \text{ de proteína} = \frac{V \times M \times 6,25 \times 0,014}{m} \times 100$$

Donde:

V = Volumen del HCl

M = Molaridad del HCl

m = Masa muestra

3.6.2.2. Determinación de grasas

Se aplica el método de análisis AOAC 960.39

Tabla n°7. Equipos, materiales y reactivos para la determinación de grasas

Equipos	Materiales	Reactivos
Balanza analítica	Crisol	Éter de petróleo / Éter etílico.
Estufa de secado	Pinzas tipo nuez	
Desecador	Papel filtro / Dedal de celulosa	
Extractor soxhlet	Soporte universal	
Plancha de calefacción	Mangueras / tubos de silicona	
Tubo refrigerante	Balón aforado 250ml	

Fuente: Mitre & Ortiz (2023).

Procedimiento

1. Desecar una muestra de 10g (utilizar la muestra proveniente de la determinación de humedad).
2. Pesar 5 g de muestra desecada, sobre el papel filtro.
3. Hacer un cartucho con el papel filtro que mantiene la muestra.
4. Colocar el cartucho de la muestra en el extractor soxhlet.
5. Pesar el balón aforado, previamente lavado y secado.
6. Unir el balón al extractor soxhlet
7. Agregar el disolvente (éter de petróleo) en el extractor hasta el nivel del sifón (para medir el volumen necesario), el disolvente pasará al balón.
8. Montar el sistema de extracción. Ubicar el extractor entre el refrigerante y el balón aforado. El refrigerante se conecta a una fuente de agua por medio de la manguera (tubo de silicona).

9. Calentar el disolvente, con la plancha de calefacción, hasta alcanzar el punto de ebullición del éter de petróleo (40°C), para una extracción continua por 3 horas.
10. Separar el disolvente de la grasa por baño maría, rotavapor o destilación.
11. Enfriar en el desecador por un aproximado de 30 min.
12. Pesar el balón con la muestra de grasa.
13. Calcular el porcentaje de grasa.

Cálculos

$$\%grasa = \frac{(m_2 - m_1)}{m} \times 100$$

Donde:

m_1 = Peso del balón vacío

m_2 = Peso de la grasa extraída más el peso del balón.

m = Peso de la muestra

3.6.2.3. Determinación de fibra

Se aplica el método de análisis AOAC 962.09

El método se basa en una técnica específica de filtrado intermedio que implica la pérdida de masa resultante de la reducción a cenizas del residuo seco. Este residuo se obtiene tras la digestión ácida y alcalina de la muestra. La masa perdida durante este proceso se traduce en la cantidad de fibra cruda presente en la muestra, proporcionando una visión clara de la calidad y la composición del producto analizado. Este enfoque detallado y riguroso es crucial para asegurar la precisión en la evaluación de la fibra cruda,

Tabla n°8. Equipos, materiales y reactivos para la determinación de fibra cruda

Materiales	Equipos	Reactivos
Beaker alto de 600 mL	Balanza Analítica	Ácido sulfúrico al 1.25%
Probeta de 200 mL	Equipo de Filtración al Vacío o papel filtro.	Hidróxido de sodio al 1.25% o Hidróxido de Potasio (KOH) al 1.25%
Crisoles de Gooch	Estufa de Secado	Agua desionizada
Matraz de 2000 mL	Desecador	
	Mufla	
	Digestor de fibra	

Fuente: Ortiz & Mitre (2023).

Procedimiento

Para muestras con contenidos de grasa superior al 5% se desengrasan previamente.

1. Pesar 1g (m) de la muestra preparada en un vaso de precipitado de 600 mL.
2. Vierta sobre la muestra 150 mL de solución de ácido sulfúrico al 1.25%.
3. Se somete a ebullición por 30 minutos en el digestor de fibra (de no contar con el digestor, utilizar una plancha de calefacción con agitación).
4. Filtre al vacío. Retire la fibra cruda que esté adherida a las paredes del vaso de precipitado y emplee agua desionizada caliente para realizar los lavados.
5. Transferir todo el contenido del embudo, al mismo vaso de precipitado de 600 mL que se utilizó para la digestión ácida y agregue 150 mL de la solución de hidróxido de sodio 1.25% (de no contar con NaOH al 1.25%, utilizar KOH al 1.25%), se realiza la digestión básica llevando a ebullición por 30 minutos en el digestor.
6. Filtrar al vacío.

7. Transferir el contenido del embudo a un crisol. Llevar a la estufa de secado a 105°C durante 4 horas, retirar el crisol y llevarlo al desecador, dejar enfriar por espacio de 1 hora, hasta una temperatura ambiente.
8. Pesar el crisol (P1) después de retirarlo del desecador.
9. Coloque el crisol en la mufla, reduciendo el contenido a cenizas, a una temperatura de 525°C por 3 horas
10. Retire el crisol de la mufla, lleve al desecador y deje enfriar por espacio de 1-2 horas, hasta alcanzar una temperatura ambiente.
11. Pesar el crisol (P2) después de retirarlo del desecador.

Cálculos

$$\% \text{ de Fibra} = \frac{p1 - p2}{m} \times 100$$

Donde:

P₁: Peso del crisol después de secado.

P₂: Peso del crisol después de incinerado.

m: Peso en gramos de la muestra.

3.6.2.4. Determinación de minerales totales (cenizas).

Método oficial AOAC 923.03

Tabla n°9. Materiales y equipos para el análisis de la muestra (Cenizas)

Materiales	Equipos
Crisoles	Balanza Analítica
Pinzas	Cocineta/plancha de calefacción
Desecador	Mufla

Fuente: Ortiz & Mitre (2023).

Procedimiento

1. Rotular y llevar los crisoles vacíos a la mufla a 550°C por 30 minutos.
2. Colocar los crisoles en el desecador por 35 minutos.
3. Pesar un gramo de muestra en los crisoles, previamente tarado.
4. Calcinar las muestras en la plancha de calefacción, hasta que deje de emitir gases.
5. Llevar los crisoles con la muestra a la mufla a 550°C por 3 horas, proceder con la operación hasta obtener cenizas de color gris claro.
6. Enfriar en el desecador hasta alcanzar una temperatura ambiente, pesar y anotar.
7. El análisis se realiza por triplicado. (AOAC & Horwitz, 2005).

Cálculos

$$\% \text{ ceniza} = \frac{m_3 - m_2}{m_1} \times 100$$

Donde:

m_1 = Masa de la muestra

m_2 = Peso recipiente vacío

m_3 = Peso recipiente + muestra

3.6.2.5. Determinación de extracto libre de nitrógeno

El ELN (extracto libre de nitrógeno) se encarga de medir los nutrientes no evaluados por las demás determinaciones; constituidos por carbohidratos digeribles, vitaminas y compuestos orgánicos solubles no nitrogenados.

Se adquiere restándole al 100%, los porcentajes calculados de cada determinación aplicada.

Cálculos

$$\% \text{ELN} = 100 - (A+B+C+D+E)$$

Donde:

A = porcentaje de humedad

B = porcentaje de proteína

C = porcentaje de grasa

D = porcentaje de fibra

E = porcentaje de cenizas

3.6.3. Análisis microbiológicos

Se realizan los análisis microbiológicos correspondientes para el control de la inocuidad del producto final.

3.6.3.1. Recuento de enterobacterias, Mesófilos, Escherichia coli, Mohos y Levaduras.

Procedimiento

1. Pesar 10 g de la harina *H. illucens*
2. Homogeneizar. Diluir 10 g de muestra de la harina en 90 ml de peptona.
3. Esterilizar y rotular los tubos de ensayo.
4. Aplicar dilución seriada. Extraer 1 ml de la muestra homogenizada y añadirlo en tubos con peptona (9 ml).
 - 4.1. Sembrar en Petrifilms (metodología 3M). Incubar por 24 hrs a 37°C.
5. Rotular los Platos Petri con el nombre de la muestra, la fecha, el número de dilución, el número de muestra y el nombre de quién efectúa la siembra.
6. Siembra en agar Nutritivo. Tomar 1ml de cada dilución y añadir en los Platos Petri, según corresponda a la muestra.
7. Añadir una gota de Tetrazolio.
8. Verter 15 ml del agar nutritivo en cada uno de los platos Petri
9. Embalar y rotular las placas Petri.
10. Llevar a incubación por 24 horas a 37°C.
11. Proceder con las técnicas de recuento de UFC/g.
12. Aplicar aislamiento de colonias en agares y pruebas bioquímicas manuales o pruebas bioquímicas semiautomáticas con el sistema API, para su interpretación.

Tabla n°10. Parámetros microbiológicos requeridos por el ICA en alimentos de consumo animal, para la especie avícola.

Parámetros microbiológicos para alimentos avícolas	Norma ICA No. Dip-30-100-003
Recuento microorganismos mesófilos	10x10 ⁵ UFC/g*
Recuento microorganismos coliformes	10x10 ⁴ UFC/g*
Recuento clostridios sulfito reductores	20x10 ¹ UFC/g*
Recuento hongos	10x10 ⁴ UFC/g*
Aislamiento de <i>Salmonella</i> spp en 25g	Ausente
Aislamiento <i>Escherichia coli</i>	Ausente

* Unidad formadora de colonia por gramo

Fuente: Instituto Colombiano Agropecuario (1999).

3.7. Análisis estadísticos

Se realizan 3 réplicas de procesamientos para la elaboración de 100 gramos de harina procedentes de 454 gramos de larvas, las cuales se obtuvieron de las recolectas realizadas en las visitas al criadero de moscas de la empresa Agrobiológicos situada en la provincia de Coclé. Se empleó estadística descriptiva para analizar los datos de la harina de larva de *H. illucens*. Los análisis se llevaron a cabo utilizando el programa Excel de Microsoft.

CAPÍTULO IV:

ANÁLISIS Y RESULTADOS

4.1. Diseño del proceso de producción de Harina de mosca soldado negra.

Previo al procedimiento de elaboración de la harina de LMSN, la materia prima cruza una etapa de reproducción que consiste en la incubación, siembra y crecimiento de los huevos. Con más detalle, una vez que la hembra deposita los huevos en un sustrato húmedo ubicado en bandejas destinadas para la oviposición, estas son retiradas del lugar y pasan a las cámaras de incubación donde permanecen durante 10 a 15 días a una temperatura de 35° C hasta que eclosionan las ninfas, después de su nacimiento son transportadas a contenedores de crecimientos donde se esperará que se desarrollen hasta ser prepupas para luego proceder con la cosecha de las larvas descartando la materia orgánica. Ya obtenida la materia prima esta es procesada y transformada en harina. El diseño de procesamiento se pudo complementar utilizando como guía los resultados obtenidos por los autores BUITRAGO & CAMARGO, (2022) en su investigación y en base a la bibliografía publicada, en especial por la Red de Seguridad Alimentaria del CONICET (RSA-CONICET) se pudo adaptar un diseño siguiendo las normas de BPH sujetos a un elaborado perfil de riesgo especializado en productos de insectos inocuos para consumo animal y humano.

En el diseño implementado en nuestro proyecto se adaptaron los tiempos de cosecha, parámetros de temperaturas en la etapa de secado, debido al volumen de muestra manejada y el equipo de secado utilizado que fue un microondas, al mismo tiempo se adaptaron parámetros de tiempo de exposición térmica.

4.2 Análisis bromatológico de la harina de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*)

Para analizar la composición nutricional de la harina de mosca soldado negro (LMSN) se sometió a un análisis bromatológico mediante el cual se logra determinar la calidad de los componentes de la harina.

En la tabla n°11 se muestran los resultados del análisis bromatológico de la harina de LMSN cuya materia prima fue adquirida y procesada en la provincia de Coclé y analizada en La Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI).

Tabla n°11. Análisis bromatológico de la harina de *Hermetia illucens* según aplicación del método de análisis químico proximal (AQP).

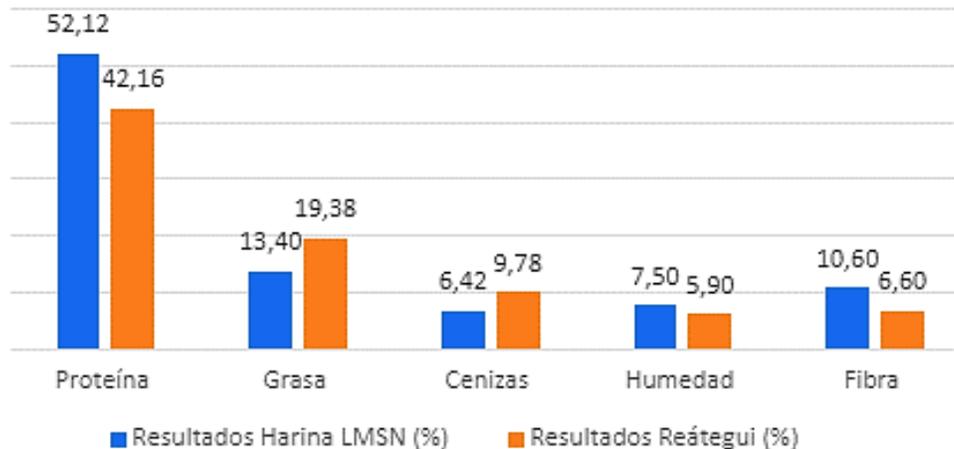
Parámetros	Resultados Harina LMSN (%)	Resultados Del Hierro (%)	Resultados Reátegui (%)	Resultados Arango (%)
Proteína	52.12	36.98	42.16	38.98
Grasa	13.40	18.82	19.38	18.82
Cenizas	6.42	17.47	9.78	17.47
Humedad	7.50	10	5.90	10
Fibra	10.60	–	6.60	–

Fuente: Ortiz & Mitre (2024).

Los porcentajes aproximados obtenidos tras analizar la harina de MSN son: proteína cruda 52.1 %, lípidos 13.4 %, cenizas 6.4 %, humedad 7.5% y fibra cruda 10.6 %. En los resultados que presentan otros autores como J. Reátegui, Gloria Arango y Diego Del Hierro se puede observar que los porcentajes de proteína son similares. Sin embargo, se puede observar que en nuestro estudio la harina es más rica en proteína a comparación de las otras harinas y que se ve relacionado al bajo porcentaje de grasa.

Gráfica n°1. Composición nutricional de la harina de Mosca soldado negro.

Composición nutricional de la Mosca soldado negro



Fuente: Ortiz & Mitre (2024).

Tomando como referencia el estudio de J. Reátegui, el cual se enfoca en evaluar el valor proteico de harina de *H. illucens* para inclusión en la alimentación de cuy, se observa un porcentaje de proteína de 42.16 % en la harina de MSN, en cambio en nuestro estudio obtenemos resultados de 52.12% de proteína.

En cuanto a grasa, J. Reátegui reporta 19.38 % (5.98% de grasa mayor que nuestra harina). Por lo que: $5 \times 42.16 / 19.38 = 10.87$. por regla de tres sabemos que nuestra harina contiene 10% más de proteína que la de Reátegui.

Por lo que se demuestra que los niveles de proteína y grasa son inversamente proporcionales. Así que, la calidad de proteína en la harina se atribuye mayormente a qué punto se le ha extraído la grasa la harina de *H. illucens*.

4.2.1. Análisis de humedad

Tabla n°12. Resultados de humedad y materia seca

Humedad		
Repeticiones	Humedad 105°C	Materia seca 105°C
n°1	7.3%	92.7%
n°2	7.5%	92.5%
n°3	7.7%	92.3%
\bar{x} Promedio	7.5%	92.5%

Fuente: Ortiz & Mitre (2024).

El valor de humedad se estipula mediante la diferencia de pesos entre el agua evaporada de la muestra y su peso inicial, resultando 7.50% de humedad.

La reducción de humedad es el parámetro límite de control para minimizar el riesgo de crecimiento microbiano y la actividad enzimática. Teniendo en cuenta la norma técnica DGNTI-COPANIT 25-389-99 que regula las especificaciones de Harinas y Cereales-Harina de Trigo en Panamá, establece en harinas un máximo del 14% de humedad, por lo que la harina de *H. illucens* permanece dentro del parámetro aceptable, si bien no es una norma específica o relacionado con el tipo de producto elaborado según la materia prima nos marca una referencia en harinas.

4.2.2. Análisis de proteínas

Tabla n°13. Resultado de proteína y nitrógeno

Proteína cruda y nitrógeno	
% de proteína	% de nitrógeno
52.12%	8.34%

Fuente: Ortiz & Mitre (2024).

Por medio del método Kjeldahl que consta de la medición del nitrógeno total presente en la muestra, se analiza el equivalente del total de proteína, aplicando una conversión.

El resultado obtenido del análisis de proteína provisto por LABSA (anexo 7.4) comprueba un contenido de 52.12%, lo que nos indica que es una fuente rica en proteínas basándose en el Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 67.01.15:07, el cual indica un porcentaje mínimo de 7.0% de proteínas en harinas, por tanto, es sumamente aceptable el resultado y considerado como un alimento alto en este nutriente.

Las proteínas son la sustancia más importante en los organismos de las aves, ya que este componente forma la estructura de los músculos, plumas y tejidos, intervienen en la generación de hormonas, enzimas, inmunoglobulinas, fluidos (sangre) y participan en los procesos metabólicos y la herencia.

4.2.3. Análisis de grasa

Tabla n°14. Resultados de análisis de grasa.

Grasa	
Repeticiones	% de grasa
n°1	14.2%
n°2	15.2%
n°3	10.8%
\bar{x} Promedio	13.4%

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Para esta determinación, se realiza una extracción semicontinua utilizando éter etílico como disolvente. Este se calienta durante 3 horas en una plancha de calefacción, permitiendo que, a través de reflujo, los lípidos se recojan en el balón del equipo. La cantidad de lípidos se determina mediante la diferencia de pesos, dando como resultado 13.4%. La extracción de aceite de la larva *H. illucens* en el proceso de

prensado permitió producir una harina desengrasada, disminuyendo el porcentaje de grasa en la harina, aportando un parámetro de control para una mejor conservación del producto, reduciendo la capacidad oxidativa en la harina.

Los lípidos en las aves hacen la función de generar energía y ayudan en la absorción de vitaminas liposolubles. También conforma el cuerpo de la membrana celular y las hormonas.

4.2.4. Análisis de fibra

Tabla n°15. Resultados del análisis de fibra.

Fibra cruda	
Repeticiones	% de fibra
n°1	10.7%
n°2	10.5%
\bar{x} Promedio	10.6%

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Se determinó el porcentaje de fibra por diferencia de peso, ante la digestibilidad e incineración de los compuestos de la muestra, con la aplicación de las soluciones de ácido sulfúrico y de hidróxido de sodio. El total de fibra cruda en la harina de LMSN analizada es de 10.6%. La cercanía de los porcentajes obtenidos confirma la veracidad del análisis.

Los hidratos de carbono se convierten en una fuente de energía. La fibra es un factor de digestibilidad, por lo que determina la función de hidrólisis del resto de los nutrientes permitiendo la absorción de estos en el organismo de forma lenta o rápida en base al porcentaje presente. se expresa 10.6% como la porción indigerible de la harina. Un contenido bajo en fibra proyecta un mayor contenido energético del producto.

4.2.5. Análisis de ceniza

Tabla n°16. Resultados del análisis de ceniza.

Ceniza	
Repeticiones	Ceniza 550°C
n°1	3.1%
n°2	5.8%
n°3	7%
LABSA	9.79%
\bar{x} Promedio	6.42%

Fuente: Ortiz & Mitre (2024).

Al realizar un procedimiento de calcinación a la muestra de harina a 550°C por 3 horas en una mufla se obtiene un residuo de material inorgánico, que representa la mayor parte de los minerales que posee la harina. Por diferencia de peso se obtuvo que la harina contiene 6.42% de cenizas.

Los minerales cumplen la función de regular la temperatura corporal, catalizar reacciones químicas, regular la presión osmótica y mantener el funcionamiento de músculos y nervios. Son elementos que constituyen los huesos, enzimas y hormonas.

4.2.6. Análisis del extracto libre de nitrógeno

Tabla n°17. Resultados del análisis de ELN

Extracto libre de nitrógeno	
Nutrientes evaluados	ELN
Humedad = 7.5%	9.96%
Proteína cruda = 52.12%	
Grasa = 13.4%	
Ceniza = 6.42%	
Fibra cruda = 10.6%	

Fuente: Ortiz & Mitre (2024).

El extracto libre de nitrógeno muestra la contraparte de la fibra cruda expresando un 9.96% como la porción digerible de la harina, revelando así el porcentaje de carbohidratos solubles.

4.3. Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos han sido realizados por duplicado a partir de dos soluciones madres pertenecientes a una muestra. Esta muestra proviene del producto “Harina de *H. illucens*” procesado hace dos meses.

En la metodología 3M Petrifilms, se estableció un análisis por duplicado para determinar la presencia de mesófilos, *E. coli*, enterobacterias, hongos y levaduras, para ello se realizó 5 diluciones y se utilizaron 10^{-1} , 10^{-3} y 10^{-5} como referencia para contabilizar las colonias.

Los análisis desarrollados en Platos Petri, con medio de agar nutritivo, se realizaron mediante 15 diluciones, de las cuales se tomaron en cuenta las diluciones 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-7} , 10^{-9} , 10^{-11} , 10^{-13} y 10^{-15} para llevar a cabo la siembra y el recuento de las colonias, siendo que el crecimiento de las colonias en 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} fueron incontables, consideramos el crecimiento de colonias por parte de las soluciones 10^{-7} , 10^{-9} , 10^{-11} , 10^{-13} y 10^{-15} para el recuento.

Se implementó la tinción de Gram, ante el crecimiento microbiano y se realizó aislamiento en los medios selectivos MacConkey y EMB, tanto para la tinción y el aislamiento se empleó el uso de colonias proveniente de la M1 y M2 de las placas identificadas con 10^{-7} .

Las pruebas bioquímicas se efectuaron en medio SIM, TSI y Citrato, para una identificación más precisa de las bacterias presentes en la harina de *Hermetia illucens*. Estas pruebas se ejecutaron por duplicado y a partir de las colonias crecidas en los medios selectivos.

4.3.1. Recuento de Enterobacterias

Tabla n°17. Crecimiento de Enterobacterias

Dilución	Recuento M1 Ufc/g	Recuento M2 Ufc/g	Recuento promedio (\bar{x}) Ufc/g	Valor estimado Ufc/g	Crecimiento
10 ⁻¹	12	10	11	110	+
10 ⁻³	1	2	1.5	1500	+
10 ⁻⁵	1	0	0.5	50000	+

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

En la dilución 10⁻¹ proveniente de la muestra de la harina de *H. illucens* se observó un promedio de 11 colonias de Enterobacterias, estas evidencian la presencia de 110 Ufc/g; en la dilución 10⁻³ se contabilizó un promedio de 1.5 colonias, indicando la presencia de 1500 Ufc/g y en la dilución 10⁻⁵ de la muestra se contabilizó un promedio de 0.5 colonias, la cual demuestra la presencia de 50000 Ufc/g.

La presencia de Enterobacterias, es un indicador de contaminación dentro del procesamiento de la harina, es posible que el foco de contaminación haya surgido con respecto a un proceso inadecuado y saneamiento deficiente de la instalación; ante una contaminación cruzada indirecta, al realizar el proceso en un área abierta manteniendo contacto con el ambiente.

Figura nº7. Petrifilms del recuento de Enterobacteria



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

4.3.2. Recuento de Mesófilos

Tabla nº18. Crecimiento de Mesófilos

Dilución	Recuento M1 Ufc/g	Recuento M2 Ufc/g	Recuento promedio (\bar{x}) Ufc/g	Valor estimado Ufc/g	Crecimiento
10^{-1}	20	60	40	400	+
10^{-3}	3	5	4	4000	+
10^{-5}	0	0	0	0	-

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

En la dilución 10^{-1} proveniente de la muestra de la harina de *H. illucens* se manifestó un promedio de 40 colonias de Mesófilos, estas evidencian la presencia de 400 Ufc/g; en la dilución 10^{-3} se contabilizó un promedio de 4 colonias, indicando la presencia de 4000 Ufc/g y en la dilución 10^{-5} de la muestra, denota la ausencia de colonias de Mesófilos.

La presencia de Mesófilos refleja una fuente de contaminación en la producción del producto, por ende, una mala manipulación en la elaboración de la harina de *H. illucens*. Ante las faltas de normativas para alimentos de consumo animal en nuestro país, tomamos como referencia las directivas técnicas del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), DIP-30-100-003 el límite permisible de Mesófilos para el consumo de la especie avícola es de 10×10^5 Ufc/g, este parámetro se aprecia en la tabla nº10; por lo tanto al haber obtenido en nuestros resultados un máximo de Mesófilos 4×10^3 Ufc/g, nos señala que permanecemos dentro de los parámetros, siendo aceptable el recuento de Mesófilos.

Figura nº8. Petrifilms del recuento de Mesófilos



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

4.3.3. Recuento de E. coli

Tabla n°19. Crecimiento de Escherichia coli

Dilución	Recuento M1 Ufc/g	Recuento M2 Ufc/g	Recuento promedio (\bar{x}) Ufc/g	Valor estimado Ufc/g	Crecimiento
10 ⁻¹	18	14	16	160	+
10 ⁻³	3	2	2.5	2500	+
10 ⁻⁵	0	0	0	0	-

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

En la dilución 10⁻¹ proveniente de la muestra de la harina de *H. illucens* se apreció un promedio de 16 colonias de E. coli, estas contemplan la presencia de 160 Ufc/g; en la dilución 10⁻³ se contabilizó un promedio de 2.5 colonias, señalando la presencia de 2500 Ufc/g y en la dilución 10⁻⁵ de la muestra, denota la ausencia de colonias de Escherichia coli.

La detección de E. coli sugiere la existencia de contaminación fecal, esta puede deberse a dos factores, uno de ellos son las condiciones higiénicas ambientales de producción y otra causa podría ser las condiciones higiénicas de la materia prima. Según las directivas técnicas del ICA, DIP-30-100-003 para alimentos de consumo animal, debe registrarse una ausencia total de E. coli para cumplir con la inocuidad del producto, mediante estas especificaciones se rechaza el parámetro obtenido en este análisis.

Figura n°9. Petrifilms del recuento de E. coli



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

4.3.4. Recuento de Hongos y Levaduras

Tabla n°20. Crecimiento de Hongos y Levaduras

Dilución	Recuento M1 Ufc/g	Recuento M2 Ufc/g	Recuento promedio (\bar{x}) Ufc/g	Valor estimado Ufc/g	Crecimiento
10^{-1}	1	1	1	10	+
10^{-3}	0	0	0	0	-
10^{-5}	0	0	0	0	-

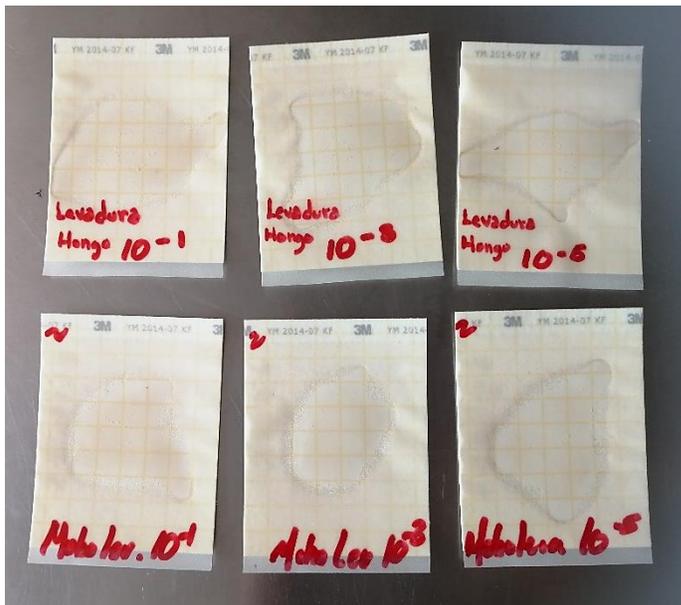
Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

En la dilución 10^{-1} de la muestra de harina de *H. illucens*, se observó un promedio de 1 colonia de hongos y levaduras, esta indica la presencia de 10 Ufc/g; en las diluciones 10^{-3} y 10^{-5} de la muestra se expone la ausencia de colonias de hongos y levaduras.

La baja presencia de hongos y levaduras demuestra un buen parámetro para su vida útil de anaquel, condiciones estables de empaque y almacenamiento del producto; dichas condiciones pueden ser mejoradas para lograr una ausencia total en futuros lotes de la producción garantizando la eficacia de su conservación.

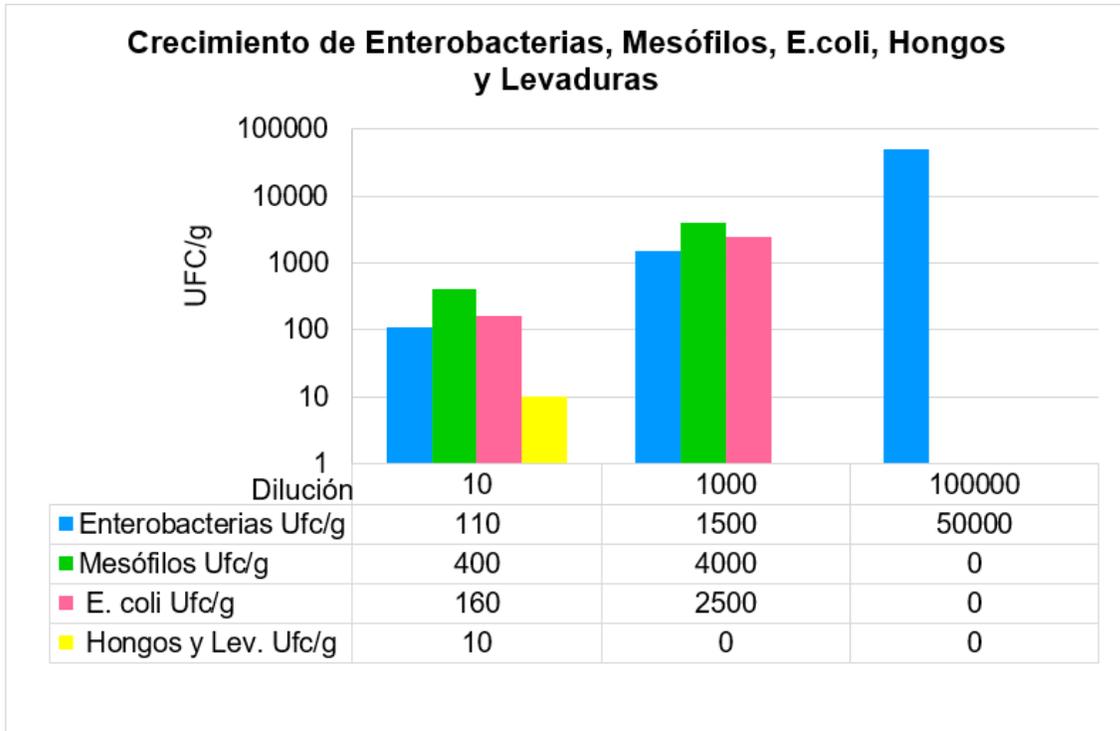
Tomando como referencia las directivas técnicas del ICA, para el consumo de la especie avícola, derivada del DIP-30-100-003 el límite permisible de hongos y levaduras es de 10×10^4 Ufc/g; dado que al haber obtenido en nuestros resultados un máximo de hongos y levaduras de 1×10^1 Ufc/g, nos señala que es aceptable el recuento de hongos y levaduras al permanecer por debajo de los límites establecidos de Ufc/g.

Figura nº10. Petrifilms del recuento de Hongos y Levaduras



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Gráfica n°2. Recuentos obtenidos de Enterobacterias, Mesófilos, E.coli, Hongos y Levaduras



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

4.3.5. Recuento microbiano

En las muestras M1 y M2, las colonias eran incontables de 10^{-1} hasta 10^{-5} .

Tabla n°21. Recuento microbiano en Agar Nutritivo.

Dilución	Recuento M1 Ufc/g	Recuento M2 Ufc/g	Recuento promedio (\bar{x}) Ufc/g	Valor estimado Ufc/g	Crecimiento
10^{-7}	47	78	62.5	6.3×10^8	+
10^{-9}	24	32	28	2.8×10^{10}	+

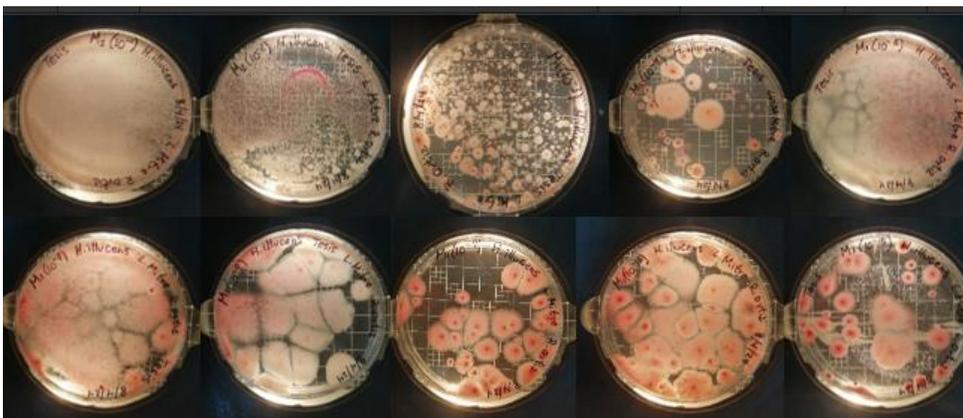
10 ⁻¹¹	36	7	21.5	2.2x10 ¹²	+
10 ⁻¹³	41	8	24.5	2.5x10 ¹⁴	+
10 ⁻¹⁵	24	16	20	2x10 ¹⁶	+

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

En la dilución 10⁻⁷ procedente de la muestra de la harina de *H. illucens* se distinguieron un promedio de 62.5 colonias de Enterobacterias, indicando la presencia de 6.3x10⁸ Ufc/g; en la dilución 10⁻⁹ se contabilizó un promedio de 28 colonias, señalando la presencia de 2.8x10¹⁰ Ufc/g; en la dilución 10⁻¹¹ de la muestra se contabilizó un promedio de 21.5 colonias, estas determinan la presencia de 2.2x10¹² Ufc/g; en la dilución 10⁻¹³ se registró un promedio de 24.5 colonias, revelando la presencia de 2.5x10¹⁴ Ufc/g y en la dilución 10⁻¹⁵ de la muestra reconociendo un promedio de 20 colonias, estas advierten la presencia de 2x10¹⁶ Ufc/g.

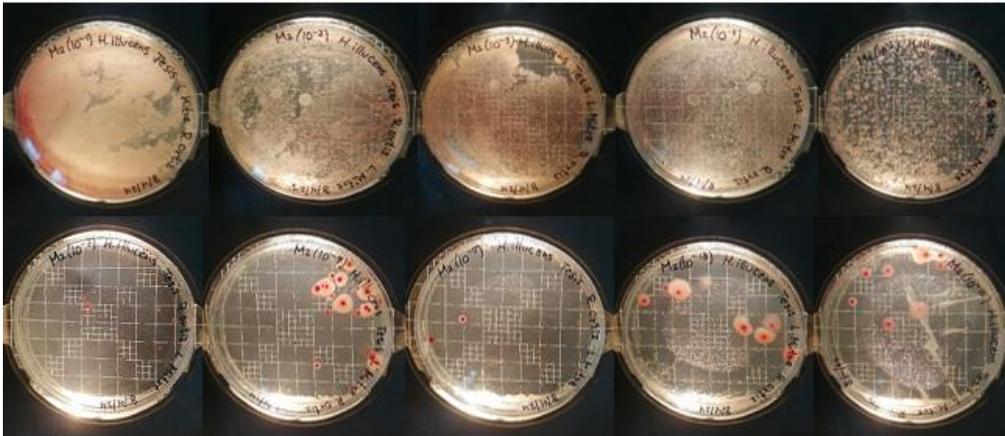
La presencia de microorganismos en el recuento, expone las condiciones microbiológicas de la harina de *H. illucens*, sugiriendo una deficiencia en la manipulación y un ambiente inadecuado. Y a su vez estos resultados ponen en manifiesto los datos obtenidos del recuento en la metodología 3M.

Figura nº11. Placas Petri de recuento del crecimiento bacteriano de M1.



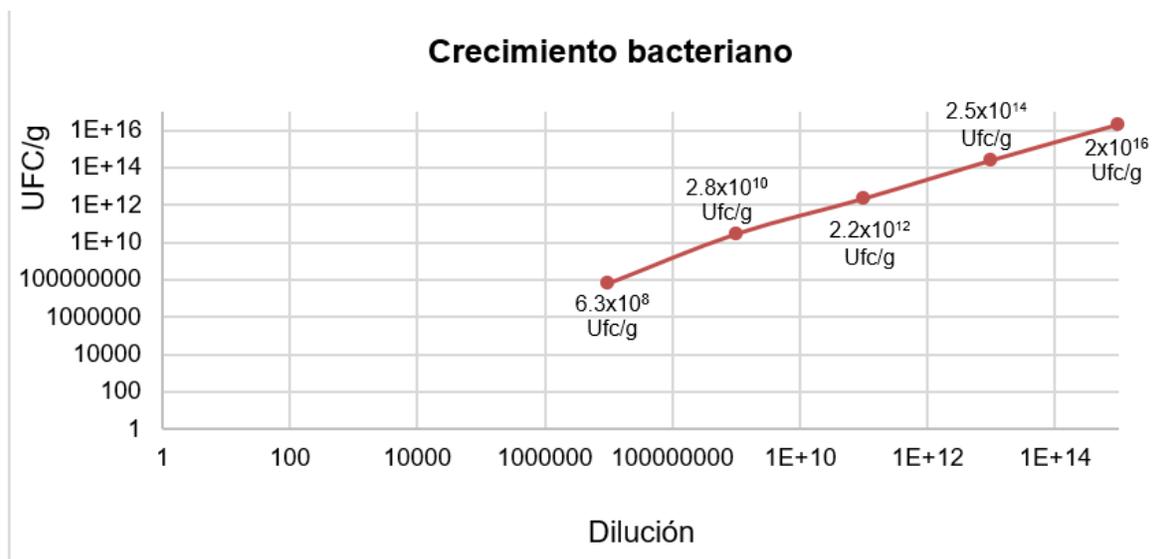
Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Figura n°12. Placas Petri de recuento del crecimiento bacteriano de M2.



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Gráfica n°3. Recuento del crecimiento microbiano



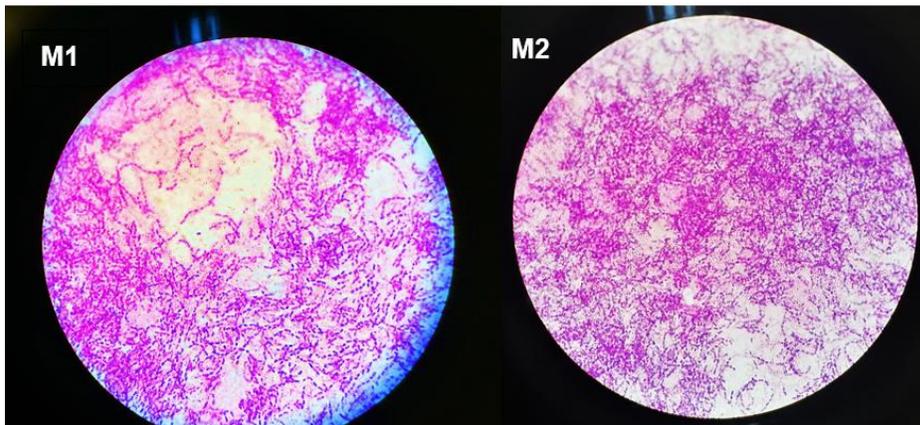
Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

En la búsqueda de los agentes microbianos causales de este crecimiento bacteriano, se aplicó la tinción de Gram y el aislamiento para la detección de microorganismos específicos.

4.3.5.1. Tinción de Gram

Se obtuvieron bacilos Gram negativos como resultado de la tinción de Gram, teniendo presente que las bacterias Gram negativas incluyen *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Pseudomonas*, *Helicobacter* y otras enterobacterias; se implementó para el aislamiento de las colonias el Agar MacConkey como principal medio y el Agar EMB.

Figura nº13. Gram Negativos



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

4.3.5.2. Aislamiento de colonias en Agar MacConkey y EMB

El aislamiento de las colonias se llevó a cabo en Agar MacConkey y EMB, de las colonias que crecieron en el Agar nutritivo de la M1 y M2 identificadas por 10^{-7} . No se registró crecimiento bacteriano en el Agar EMB de la M2.

Figura nº14. *Shigella flexneri*, Agar EMB, Gram Negativo, M1.



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Figura nº 15. Enterobacterias, Agar MacConkey, Gram Negativo, M1.



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Figura n°16. Klebsiella pneumoniae, Agar MacConkey, Gram Negativo, M2.



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

4.3.6. Pruebas Bioquímicas

Tabla n°22. Prueba bioquímica SIM

Prueba SIM					
Muestra	Medio de aislamiento	Mov.	Ind.	H ₂ S	Microorganismo
M1	EMB	–	–	–	Klebsiella pneumoniae, Shigella flexneri.
M1	MacConkey	+	–	–	Enterobacter aerogenes, Acinobacter.
M2	MacConkey	–	–	–	Klebsiella pneumoniae, Shigella flexneri.

*Mov: movilidad. Ind: indol.

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Tabla nº23. Prueba bioquímica TSI

Prueba de TSI				
Muestra	Medio de aislamiento	*K/K-K/A-A/K	H ₂ S	Microorganismo
M1	EMB	A/K	–	Shigella flexneri.
M1	MacConkey	K/K	–	Pseudomona aeruginosa
M2	MacConkey	K/A	–	Klebsiella pneumoniae

*K: reacción alcalina. A: reacción ácida

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Tabla nº24. Prueba bioquímica Citrato

Prueba de Citrato			
Muestra	Medio de aislamiento	*Pos. / Neg.	Microorganismo
M1	EMB	–	E. coli, Shigella flexneri.
M1	MacConkey	+	Klebsiella pneumoniae, Pseudomona aeruginosa, Salmonella typhimurium.
M2	MacConkey	–	E. coli, Shigella flexneri.

*Pos: positivo. Neg: negativo.

Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Los resultados en conjuntos de las pruebas bioquímicas indican una mayor presencia de Klebsiella, Shigella, Pseudomonas y E. coli. La contaminación del producto con E. coli, Klebsiella y Shieguella se atribuye al contacto indirecto con materia fecal, al ser transmitidas por el ambiente que rodea el área de procesamiento, al ser una zona abierta con proximidad a galeras de ganado, lo mismo ocurre en el caso de las

Pseudomonas, ante un contacto indirecto con las partículas del suelo y los utensilios que estuvieron en contacto con un mismo fregadero compartido con el desarrollo de otros procesos por parte de Agrobiológicos de Panamá.

Teniendo en cuenta las aplicaciones térmicas al momento del sacrificio (100°C), la deshidratación de las larvas en el microondas al 80% del nivel de potencia y la aplicación de calor en el prensado, donde la cámara de la prensa permaneció en 180°C, es por ello que con estos procesos se debió disminuir y dar fin a la existencia de diversas bacterias que prevalecieron en los análisis y se duda de una contaminación directa por parte de la materia prima.

Las condiciones dificultaron la sanitización absoluta del proceso, sin embargo, si consideramos estos hechos los resultados han sido bastante aceptables en comparación con el crecimiento de las bacterias, un cambio de las condiciones en nuevas producciones reduciría la presencia de algunas bacterias.

Figura nº17. Prueba bioquímica en SIM



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Figura n°18. Prueba bioquímica en TSI



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

Figura n°19. Prueba bioquímica en Citrato



Fuente: Mitre & Ortiz (2024).

4.4. Costos de producción

Es crucial para asegurar que se cubran los requerimientos y se optimice el proceso de producción. El modelo del producto se diseñó con el fin de comercializarse como harina de insectos o proteína insoluble.

Basándonos en los resultados obtenidos al procesar 0,45 kg de larvas frescas produce 0,117 kg de harina y la proporción de la relación gramos de larvas versus gramos de harina. El cálculo para obtener 454 kg de harina de *H. illucens* requiere una cantidad específica de larvas frescas, determinada por la ecuación 2.

$$\frac{454 \text{ kg de harina de } H. \text{ illucens} * 0.45 \text{ kg de larvas Frescas}}{0.117 \text{ kg de harina de } H. \text{ illucens}} = 1\,762 \text{ Kg de larvas frescas}$$

En concreto, para alcanzar esta cantidad de harina (454 kg), se necesitan 1,762 kg de larvas frescas. Esto implica que, para cumplir con la meta de producción mensual, es necesario incrementar tanto la alimentación como el área de producción.

Para establecer la cantidad exacta de alimento necesaria para 1,762 kg de larvas frescas, se recurre a la ecuación 3.

$$\frac{1\,762 \text{ kg de larvas frescas} * 5 \text{ kg de alimento}}{1 \text{ kg de larvas frescas}} = 8\,810 \text{ Kg de alimento.}$$

Se dice que por cada 112.5 kg de larvas de requieren 20 metros cuadrados de área

por lo que, en la ecuación 4:
$$\frac{1\,762 \text{ kg de larvas frescas} * 20 \text{ M}^2}{112.5 \text{ kg de larvas frescas}} = 313 \text{ m}^2$$

Se requiere 313m² de área para la crianza de 1 762 kg de larvas (100 libras de harina).

El consumo en gramos de un ave se ve relacionado a la edad multiplicado por 6. Entonces, si el alimento se suministra a un pollo de engorde de 28 días, este consume 168 gramos de alimento diario, quiere decir que 454 kg de harina de LMSN rinde para 2 707 aves. En términos de rentabilidad, se evaluará siguiendo la siguiente fórmula:

$$\text{Mérito económico} = \frac{VFL(VIA + GA)}{VIA + GA} \times 100$$

VIA= valor inicial del kg de alimento, VFL = valor final del kg de larva y GA = gasto de alimentación.

CAPÍTULO V:
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1. Conclusión

- Se estableció un sistema productivo acorde a las necesidades de la materia prima, manteniendo un proceso óptimo y exitoso referente al suministro de proteína (52.12%) este resultado permite que la harina de *Hermetia illucens* sea integrada en los balanceados de los animales, reduciendo e incluso sustituyendo el porcentaje de la harina de soja y otros competentes que aportan proteína en estas formulaciones. Es un claro desahogo de la demanda y extensiones de tierras para la producción de soja, al ser esta implementada como la principal fuente de proteína en los piensos, con lo cual aportamos a la seguridad alimentaria. Lo anterior permite aceptar la hipótesis planteada, ya que se efectuó el procesamiento de la larva *H. illucens* y a partir de esta se obtuvo la harina donde prevaleció un alto porcentaje de proteína.
- Se seleccionó un criadero de la mosca soldado negra (*H. illucens*) en la fase larvaria apropiada de pre-pupa, por consiguiente, beneficio los resultados del proceso, relacionado a los porcentajes obtenidos en los análisis. La etapa de recolección de las larvas representa un riesgo de contaminación biológica al producto terminado, que se logró mitigar en gran medida gracias a las técnicas aplicadas al proceso y la manipulación.
- Se adaptó el diseño de procesamiento definiendo la optimización de los procesos a estrictos, rigurosos y continuos ensayos que aseguran la calidad del producto terminado, tal es el caso de la fase de recolección de la larva, el sacrificio junto a la limpieza y la eliminación de las excretas, el tiempo estipulado en base a la cantidad de larvas que se deshidratan, el nivel de temperatura del equipo utilizado para el prensado y la finura de la molienda. Estas adaptaciones nos permiten evitar alteraciones de la materia prima en el proceso de producción de la harina de *Hermetia illucens*.
- Se analizó los componentes de la harina de *H. illucens* en los ámbitos fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados fisicoquímicos demostraron una composición aceptable en comparación con otros autores e incluso con

mejores porcentajes en proteína (52.12%), grasa (13.4%), cenizas (6.42%), por tanto, garantiza la calidad alimentaria del producto. La presencia de algunas bacterias identificadas a lo largo de la determinación microbiana, no están potenciadas por factores asociados al origen de la harina de *H. illucens*, sino a los materiales, superficies y condiciones del lugar de proceso, lo que también refleja una falta de las buenas prácticas del manipulador.

- No se logró verificar el cumplimiento de los criterios fisicoquímicos y microbiológicos con normas y reglamentos específicos del país, ni del reglamento técnico centroamericano, para consumo animal o relacionados a productos con materias primas similares, se implementaron como una guía de referencia la norma técnica DGNTI-COPANIT 25-389-99 especificaciones de Harina y Cereales–Harina de trigo, Reglamento técnico centroamericano, RTCA 67.01.15:07 y las directivas técnicas del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), DIP-30-100-003 para consumo animal.

5.2. Recomendaciones

- Al seleccionar y recolectar las larvas considerarlo como un punto crítico de control, ya que en este punto sucede una manipulación directa con las excretas de las larvas. Es necesario mitigar el riesgo implementando las medidas necesarias, siguiendo el Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) y previos perfiles de riesgos publicados.
- Identificar las necesidades de producción conforme al equipo de deshidratación, prensado y molienda que se utilice dentro de la línea de procesamiento, ya que no todos los equipos mantienen las mismas especificaciones de uso, en cuanto a tiempo, temperaturas y niveles, pudiendo afectar los resultados del producto terminado, si desea replicar el proceso de esta investigación; a su vez implementar tamices con la granulometría 100-315 μm , especificada en el

apartado 3.5.1. de la metodología respecto al proceso de elaboración, eliminando la formación de grumos en el producto.

- A futuras producciones se debe aplicar un saneamiento eficiente en el entorno del procesamiento, manteniendo condiciones de higiene general en las instalaciones. Restringiendo el proceso a un área cerrada. Una posible causa de la contaminación biológica se pudo contribuir a la contaminación cruzada dada por la vestimenta que fue utilizada en la fase de recolección y posteriormente en la elaboración de la harina y de las superficies, ya que a pesar que fueron desinfectadas el procedimiento no cumplía con un plan de sanitización adecuado con tiempo de acción del detergente y desinfectante. Es de suma importancia el empleo absoluto de las buenas prácticas de manufactura para lograr mejores resultados en cuanto a inocuidad.
- Crear y adaptar reglamentos técnicos, Normas Sanitarias para los criterios bromatológicos y microbiológicos de calidad e inocuidad para alimentos de consumo animal e ir enfocando directivas técnicas de parámetros, para el consumo de productos alimenticios procedentes de insectos.
- Implementar un programa de Procedimiento operativos estandarizados de saneamiento (POES) previo al proceso de producción que cumpla con las exigencias de limpieza requeridas.
- Desinfectar las superficies con una solución de hipoclorito de sodio a 1000 partes por millón.
- Las líneas de faena y procesamiento industrial conviene que sean independientes, para evitar el riesgo biológico que representa la contaminación cruzada de materiales, implementos, equipos, indumentaria. Los operarios deben ser exclusivos para su área, ya sea en la zona sucia o limpia del proceso.
- Realizar un estudio físico en pollos de engorde durante su fase inicial con adicción de la harina de *H. illucens* en sus dietas con un nivel de sustitución de 100% para una validación física de los resultados de productividad,

características y calidad de la canal, tasa de crecimiento y ganancia de peso vivo.

- El aceite que se extrae de la harina se destaca por su riqueza en ácidos grasos como omega-3 y omega-6. Este aceite no solo puede ser empleado en la elaboración de piensos para animales, sino que también tiene potencial como biocombustible. Asimismo, la quitina extraída de las cutículas de los insectos ofrece una valiosa aplicación como biopolímero, con posibles usos en medicina, cosmética, farmacia y biotecnología. Una visión que nos invita a considerar estos recursos más allá de sus aplicaciones tradicionales, reflejando un avance hacia soluciones sostenibles y multifacéticas.
- La microbiota presente en los intestinos de los insectos representa un peligro latente que puede ser introducido al proceso ya sea que provenga del cultivo o del sustrato utilizado, es por eso que se debe tomar especial control en los métodos de cosechas y en particular el método de sacrificio aplicando tiempos y temperaturas adecuadas para que las larvas expulsen el contenido intestinal adecuadamente.
- Durante la molienda un factor importante a controlar es la interacción con el oxígeno y la humedad del entorno, de esta forma se extenderá la vida útil. También ayuda de gran manera controlar los aumentos de temperatura con el fin de conservar la composición del producto. En cuanto a la humedad, esta puede mantenerse en 40%, el producto se conservará de igual manera y aumentará el rendimiento con respecto al peso. Se recomienda hacer pruebas para evaluar la vida útil del producto.
- Para automatizar el proceso en la fase de recolección es recomendable introducir en la línea una cribadora que separe las larvas por densidad, también se separe el excremento o guano para darle un uso como abono agrícola.

CAPÍTULO VI:
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

6.1. Referencias Bibliográficas

- Avendaño, C., Sánchez, M., & Valenzuela, C. (2020). *Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos*. Revista Chilena de Nutrición, 47(6), 1029–1037. <https://bitly.cx/zPfl>
- Figueredo & Balaguera (2021). *Alternativas de alimentación de monogástricos a base de larvas de Soldado Negro (Hermetia illucens): Revisión de literatura*. REVISTA COLOMBIANA de ZOOTECNIA, 7(Num.12),35–48. <http://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/102>
- Sumba, Hidalgo & Ignacio. (2016). *Diseño de un sistema de crianza de la mosca soldado negra (Hermetia illucens) para la producción de harina como ingrediente proteico en la elaboración de balanceados*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/51701>
- Reátegui, J., Barriga, X., Obando, A., Moscoso, G., Manrique, P., & Salazar, I. (2020). *Hermetia illucens larva (Diptera: Stratiomyidae) meal as a protein ingredient for partial replacement of soybean meal in the feed of Cavia porcellus (Guinea pig): effect on the consumption, weight gain and feed conversion*. Scientia Agropecuaria, 11(4), 513–519. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.06>
- Heredia & Villalba. (2020). *Exploración del uso alternativo de Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyidae) en la dieta de pollos de engorde y peces en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*. <https://bitly.cx/yFckS>
- Gutiérrez, A. (2021, December 2). *En Panamá, la producción de pollo ha tenido un crecimiento de 8% este 2012*. AviNews, La Revista Global de Avicultura. <https://bitly.cx/8SQtJ>
- Gutiérrez, A. (2021, June 2). *Avicultores panameños ajustan producción de pollo frente a caída de la demanda*. AviNews, La Revista Global de Avicultura. <https://avinews.com/avicultores-panamenos-ajustan-produccion-de-pollo-frente-a-caida-de-la-demanda/>

CoNEP. (2022). *La Producción Nacional Avícola, amenazada por el control de precios*. Boletín informativo. Edición #2. <https://bitly.cx/rhckK9>

ANAVIP. (2021). *La avicultura en Panamá*. <https://www.anavip.org/index.php/la-avicultura-en-panama/>

ANAVIP. (2021). *La avicultura en cifras*. Boletín informativo marzo 2021. https://www.anavip.org/wp-content/uploads/2021/04/AveInfo_mar2021.pdf

Cuéllar, J. (2022). *Dinámica y tendencias actuales del mercado avícola mundial*. <https://bitly.cx/FXI5>

FAO. (2020). *Producción avícola*. <https://bitly.cx/YVjpp>

Orús, A. (2022). *Carne de pollo: máximos productores del mundo 2021-2022 | Statista*. Statista; Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1330308/paises-lideres-en-produccion-de-carne-de-pollo-a-nivel-mundial/>

Segura, M. (2014). *Composición Bromatológica Hermetia illucens*. <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3237/Trabajo417.pdf?sequence=1>

Mahmud, Bugiwati, Kesuma & Rahardja. (2020). *El valor nutricional de las moscas soldado negras (Hermetia illucen) como alimento para aves*. https://www.researchgate.net/publication/342423325_The_nutritional_value_of_black_soldier_flies_Hermetia_illucen_as_poultry_feed

Cerisuelo, A. (2021). *Ficha de Materia Prima: Harina de insectos*. <https://nutrinews.com/ficha-de-materia-prima-harina-de-insectos/>

Gobbi, F. (2012). *Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de Hermetia illucens*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=62033>

Aliaga, L. (2019). *Estudio De Pre-Factibilidad Para La Instalación De una Planta De Producción De Larvas De Mosca Soldado Negra (Hermetia illucens)*. <https://bitly.cx/XCMWX>

Giraldo, Rodríguez & Benavides. (2019). *Uso potencial de Hermetia illucens (Linnaeus) (Diptera: Stratiomyidae) para transformación de pulpa de café: aspectos biológicos*. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc070%2802%29081-090.pdf>

Machado, C. (2018). *Ciclo de larva de mosca soldado (Hermetia illucens)*. <https://composteirahumi.eco.br/ciclo-da-larva-de-mosca-soldado-hermetia-illucens/>

Salas, J. (2019). *Evaluación de cuatro sustratos orgánicos para la producción de larvas de Hermetia illucens (DÍPTERASTRATIOMYDAE) en condiciones controladas de la irrigación Majes-Pedregal, Caylloma Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <https://bitly.cx/L8DF>

Cabrera, D., & López, A. (2021). *Evaluación de la larva de mosca soldado negra (Hermetia Illucens) como alternativa para la degradación de residuos sólidos urbanos [Fundación Universidad De América]*. <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8329/1/6152687-2021-1-IQ.pdf>

Del Hierro Escobar, D. E. (2022). *“Utilización de 2 niveles de inclusión de harina de larva de mosca soldado negro (Hermetia illucens) en sustitución de la soya como fuente proteica en dieta de pollos parrilleros en fase de crecimiento y engorde” [Universidad Técnica De Cotopaxi]*. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9704/1/PC-002495.pdf>

INATEC. (2016). *Nutrición Animal*. <https://www.biopasos.com/documentos/087.pdf>

- Rodríguez, M. (2020). *Propuesta alternativa de producción de proteína para alimentación animal a partir de insectos en Colombia*. <https://bitly.cx/GhC6>
- Arango, Vergara & Mejía (2004). *ANÁLISIS COMPOSICIONAL, MICROBIOLÓGICO Y DIGESTIBILIDAD DE LA PROTEÍNA DE LA HARINA DE LARVAS DE *Hermetia illucens* L (DIPTERA:STRATIOMYIDAE) EN ANGELÓPOLIS-ANTIOQUIA, COLOMBIA*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 57(2), 2491-2500. <https://bitly.cx/MXlb>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (1999). *Directiva Técnica para Animales y Sales Mineralizadas*. <https://bitly.cx/NSxl>
- Vera, H. (2020). *Caracterización de la composición nutricional de la harina del grillo común (*Gryllus assimilis*)*. <https://bitly.cx/ASKI7>
- RSA- CONICET (2022). *Producción de insectos para consumo humano*. Producción de insectos para consumo humano (unlp.edu.ar)
- Valencia, Orfelina (2023). *Evaluación de la tasa de crecimiento, producción y composición nutricional de larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con diferentes sustratos, para su uso como pienso en la alimentación animal*. Majes, Caylloma - Arequipa (ucsm.edu.pe)
- RTCA. (2007). *Harinas. Harina de Trigo Fortificada, Especificaciones*. https://www.comex.go.cr/media/3399/222_anexo-de-resolucion-no-201-2007-comieco-xlv.pdf
- DGNTI-COPANIT. (1999). *Reglamento Técnico 25-389-99*. <https://pp.centramerica.com/pp/bancofotos/315-13825.pdf>
- Buitrago & Camargo (2022). *Diseño del procesamiento de producción de harina de mosca soldado negra (*Hermetia Illucens*) alimentadas con pulpa de café*. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8839/1/6161900-2022-1-IQ.pdf>

CAPÍTULO VII:

ANEXOS

7.1. Cronograma

Tabla N°25. Cronograma de Actividades.

Día	Actividades
Diciembre 2022	Definición del problema, variables, objetivos y justificación.
Febrero 2023	Marco teórico
Marzo 2023	Implementar tipo de análisis, diseñar técnicas y procedimiento
Mayo 2023	Aprobación del proyecto.
Junio –noviembre 2023	Listado de equipos y materiales para el proceso de producción, realizar cotizaciones y pedidos
Enero 2024	Recolección del material del estudio y realizar proceso de deshidratación y molienda.
Febrero 2024	Obtención de la segunda y tercera producción.
Marzo 2024	Solicitud de laboratorios para análisis microbiológicos y fisicoquímicos.
25 marzo	Aplicación de la metodología 3M en busca de enterobacterias, mesófilos, hongos y levaduras.
4-11 abril	Preparación de diluciones y siembra de la muestra en agar nutritivo, tinción de Gram, aislamiento en agares (MacConkey y EMB).
11 de abril	Interpretación de resultados y aislamiento de colonias encontradas
15 abril	Pruebas bioquímicas
6-18 mayo	Análisis fisicoquímicos
	Transcripción de datos y elaboración de cuadros y gráficos
1 julio	Redacción de conclusiones y recomendaciones
17 julio	Revisión final
8 agosto	Sustentación final

7.2. Presupuesto

Tabla N°26. Presupuesto de la investigación.

Descripción	Cantidad	Precio unitario	Precio total	Fuente de financiamiento
Materiales				
Colador	1 unidad	\$2.99	\$2.99	Personal
Olla	1 unidad	\$10.99	\$10.99	Personal
Papel filtro	10 unidades	\$0.23	\$2.30	Personal
Total	\$16.28			
Equipos				
Molinillo eléctrico	1 unidad	\$69.95	\$69.95	Empresa ABP
Prensa de aceite	1 unidad	\$199.99	\$199.99	Empresa ABP
Total	\$ 269.94			
Reactivos				
Éter de petróleo	1000 ml	\$50.00	\$50.00	Personal
Total	\$50.00			
Operativos				
Transporte a la Universidad	45 días	\$4.80	\$216.00	Personal
Transporte a ABP	3 ocasiones	39.60	\$118.80	Personal
Impresión	3 veces	\$16.95	\$ 50.85	Personal
Empastado	3 veces	\$25.00	\$ 75.00	Personal
Total	\$ 460.65			

* El resto de materiales, equipos y reactivos no mencionados en el presupuesto fueron proporcionados por los laboratorios de Ciencias en la UNACHI por la empresa Agrobiológicos de Panamá.

7.3. Ilustraciones del proceso y análisis.

Procesamiento de la harina de la mosca soldado negra (H. illucens).



Figura n°20. Recolección manual de la materia prima.



Figura n°21. Toma del peso inicial.



Figura n°22. Proceso de sacrificio y limpieza.



Figura n°23. Proceso de deshidratación y pesado.



Figura n°24. Proceso de Prensado.



Figura n°25. Proceso de Molienda.



Figura n°26. Empaquetado y peso del producto terminado

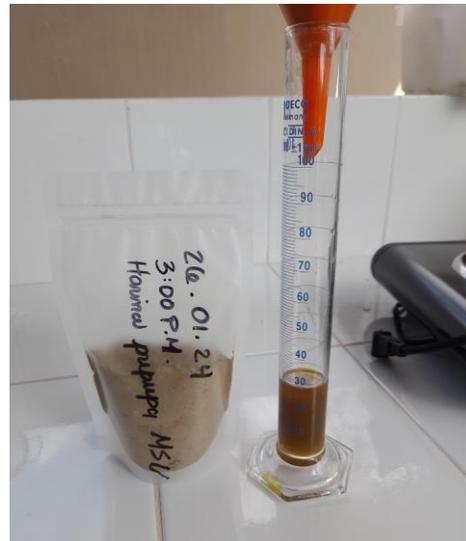


Figura n°27. Producto terminado y subproducto (aceite).

Determinación de humedad



Figura n°28. Peso del crisol vacío



Figura n°29. Peso de muestra húmeda



Figura n°30. Proceso de secado en horno



Figura n°31. Enfriar muestras en el desecador



Figura n°32. Peso del crisol más muestra desecada

Determinación de grasa



Figura n°33. Pesaje de muestra desecada



Figura n°34. Pesaje del balón aforado



Figura n°35. Montaje del sistema de extracción soxhlet



Figura n°36. Baño María, evaporación del disolvente (éter etílico)



Figura n°37. Pesaje del balón con la muestra extraída

Determinación de ceniza



Figura n°38. Rotulación de los crisoles



Figura n°39. Pesaje de muestra



Figura n°40. Incineración de muestras en la mufla



Figura n°41. Enfriamiento de muestra en el desecador



Figura n°42. Peso del crisol más muestra incinerada

Determinación de fibra



Figura n°43. Pesar la muestra de la harina de *H. illucens*



Figura n°44. Digestión ácida



Figura n°45. Digestión básica



Figura n°46. Secado en horno



Figura n°47. Reducción de la muestra a cenizas

Determinación Microbiológica



Figura n°48. Preparación de Agar Nutritivo y Peptona.



Figura n°49. Muestra homogeneizada



Figura n°50. Dilución seriada



Figura n°51. Recuento de UFC.



Figura n°52. Preparación de agar SIM, TSI y Citrato.

7.4. Resultados de análisis de proteína realizado por LABSA.



Facultad de Ciencias Agropecuarias • Universidad de Panamá
Educación para un mejor Futuro del Sector Agropecuario, la Gastronomía y la Familia

LABORATORIO DE SUELOS Y AFINES

Resultados Confiables al Alcance del Productor Nacional

Análisis Químico

ATENCIÓN: Reneilis Ortiz
LUGAR: Coclé
MUESTRA: Harina de Prepupa
FECHA: 22 de mayo de 2024.

Nº	COD.	DESCRIPCIÓN	Materia Seca	Humedad	Materia	Ceniza	N	P	Proteína
			100°C	100°C	Orgánica	550°C	Nitrogeno	Fosforo	
			%						
1	V-004	Harina de Prepupa	95.23	4.77	85.44	9.79	8.34	0.60	52.12

PROF. COLOMBIA L. WONG C.
Química Analista Especializada
ID 0018

Fuente: LABSA (2024).

NOMBRE DEL TRABAJO

TRABAJO FINAL-Producción de harina de larvas de la mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*) y su aplicación en la alimentación avícola. El Cristo, Coclé-Panamá.pdf

AUTOR

Luisa Mitre & Reneillys Ortiz

RECUENTO DE PALABRAS

19259 Words

RECUENTO DE CARACTERES

107568 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

112 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.5MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 27, 2024 11:03 AM EST

FECHA DEL INFORME

Aug 27, 2024 11:05 AM EST

● **7% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente



Universidad Autónoma de Chiriquí
Vicerrectoría Académica
Sistema de Bibliotecas e Información
Certificado de originalidad



Fecha: 9/9/24

Facultad: Ciencias.

Escuela: Ciencias de los alimentos y nutrición.

Se certifica que, tras llevar a cabo el proceso de análisis de originalidad y detección de similitudes en el trabajo de investigación titulado **"Producción de harina de larvas de la mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*) y su aplicación en la alimentación avícola. El Cristo, Coclé-Panamá."** presentado por el/la estudiante **Luisa Mitre & Reneillys Ortiz** con número de cédula N.º **4-808-963**, **4-809-1369** con la asesoría del profesor **Virgilio Espinoza**; el trabajo cumple con el **93%** de originalidad, de acuerdo al informe emitido por el profesor asesor.

Es importante señalar que el proceso de análisis de plagio se ha realizado utilizando la herramienta Turnitin y siguiendo procedimientos estandarizados para asegurar la precisión de los resultados.

Nota: El uso de la herramienta Turnitin fue aprobada por el Consejo Académico #5 - Sesión extraordinaria - 22 de mayo de 2023 y modificada el 6 de octubre de 2023

Eibar Amaya
Responsable de
departamentco



Ada Chávez
Directora del
SIBIUNACHI