

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS:

Obtención de harina de larvas *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, como insumo de piensos

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Ruth Mirian BAUTISTA SALVATIERRA

ASESOR:

M.Cs. Eusebio DE LA CRUZ FERNÁNDEZ

COASESOR:

Blgo. César Justo RODOLFO VARGAS

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mis padres, Filomeno Bautista y Casimira Salvatierra, por su apoyo inquebrantable en cada etapa de mi vida y por ser una fuente constante de motivación y fortaleza.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme fortaleza, salud, sabiduría y ser mi guía permanente en mi vida y permitirme concluir este trabajo.

A mi alma mater, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por su valioso aporte en mi formación profesional, por brindarme las herramientas necesarias para el desarrollo de mis competencias y alcanzar mis objetivos académicos.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, por contribuir con su vocación y compromiso a hacer de esta institución un espacio de aprendizaje, formación integral y desarrollo profesional.

Al Msc. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ por su asesoramiento en el desarrollo de la presente investigación, análisis e interpretación de las informaciones resultantes.

Al BIgo. César Justo RODOLFO VARGAS, por su asesoramiento biotecnológico desde la planificación, ejecución, interpretación y corrección de redacción de los resultados del presente estudio.

Al Ing. Jorge Rafael ZAPATA OCAMPOS, por su colaboración, con sus conocimientos puntuales y experiencias en la consecución del presente trabajo de investigación.

Al Msc. Wilber Samuel QUIJANO PACHECO, por su y apoyo en el análisis proximal de la harina de larvas *Hermetia illucens*.

A mis padres, a mi hermana, a mis hermanos y a David Retamozo, por su amor, su constante e incondicional apoyo, su paciencia y sus sabias palabras de aliento.

A mis familiares y a todas las personas que Dios puso en mi camino, cuyo aporte y palabras motivadoras fueron un impulso en este proceso.

Ruth Mirian BAUTISTA SALVATIERRA

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue obtener harina de larvas de *Hermetia illucens* “mosca soldado negro” alimentadas con residuos vegetales y lactosuero como insumo de piensos. La investigación se llevó a cabo desde la adquisición de huevos hasta el sacrificio de las larvas, utilizando un diseño completamente al azar que incluyó tres tratamientos y un testigo: T0 (alimento balanceado comercial), T1 (75 % residuos vegetales y 25 % afrecho), T2 (44 % residuos vegetales, 26 % afrecho y 30 % lactosuero) y T3 (65 % residuos vegetales, 25 % afrecho y 10 % lactosuero). Se evaluaron indicadores de desarrollo (peso y talla), productividad (bioconversión (%), índice de conversión alimenticia (FCR), reducción del sustrato (%), rendimiento de harina (%)) y composición proximal de la harina.

Los resultados mostraron diferencia estadística significativa ($p \leq 0,05$) en los indicadores de peso, talla, bioconversión, FCR y reducción del sustrato, siendo el T2 de mejor desempeño, alcanzando un peso final promedio de 0,221 g y una talla de 2,11 cm, superiores a T3 (0,191 g y 1,80 cm) y T1 (0,184 g y 1,70 cm). En productividad, T2 alcanzó un rendimiento de harina de 30,52 %, bioconversión del 19,80 %, reducción del sustrato del 62,58 % y FCR de 5,09, superando al control (T0) y a los demás tratamientos. La harina del T2 presentó la mejor composición, destacando proteína (35,44 %), grasa (38,93 %) y energía metabolizable (4,00 Mcal/kg), resultando una harina viable para su uso como insumo de piensos.

Palabras clave: *Hermetia illucens*, harina de larvas, residuos vegetales y lactosuero

ABSTRACT

The objective of this research was to obtain meal from *Hermetia illucens* (black soldier fly) larvae reared on vegetable residues and whey for use as an ingredient in animal feed. The study was carried out from egg acquisition to larval harvest, employing a Completely Randomized Design (CRD) that included three treatments and one control: T0 (commercial balanced feed), T1 (75% vegetable residues and 25% wheat bran), T2 (44% vegetable residues, 26% wheat bran, and 30% whey), and T3 (65% vegetable residues, 25% wheat bran, and 10% whey). Developmental indicators (weight and length), productivity parameters (bioconversion (%), feed conversion ratio—FCR, substrate reduction (%), and meal yield (%)), and the proximate composition of the meal were evaluated.

The results showed statistically significant differences ($p \leq 0.05$) in weight, length, bioconversion, FCR, and substrate reduction, with T2 exhibiting the best performance. Larvae under T2 conditions reached an average final weight of 0.221 g and a length of 2.11 cm, surpassing T3 (0.191 g and 1.80 cm) and T1 (0.184 g and 1.70 cm). In terms of productivity, T2 achieved a meal yield of 30.52%, a bioconversion rate of 19.80%, a substrate reduction of 62.58%, and an FCR of 5.09, outperforming the control (T0) and the other treatments. The meal obtained from T2 also displayed the most favorable composition, with 35.44% protein, 38.93% fat, and 4.00 Mcal/kg of metabolizable energy, confirming its potential as a viable and sustainable ingredient for animal feed formulations.

Keywords: *Hermetia illucens*, larval meal, vegetable residues, whey

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT.....	v
INTRODUCCIÓN	13
I. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. Objetivo general	16
1.3.2. Objetivos específicos	16
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.4.1. Hipótesis general.....	16
1.4.2. Hipótesis específica.....	16
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.5.1. Justificación teórica	17
1.5.2. Justificación práctica	17
1.5.3. Justificación social.....	17
1.5.4. Justificación económica	17
1.5.5. Justificación ambiental	18
II. MARCO TEÓRICO	19
2.1. ANTECEDENTES	19
2.1.1. Internacionales	19
2.1.2. Nacionales	21
2.1.3. Locales	22
2.2. BASES TEORICAS.....	22

2.2.1.	Problemática de los residuos en el Perú	22
2.2.1.1.	Problemática de los residuos en Ayacucho	23
2.2.2.	<i>Hermetia illucens</i> “Mosca soldado negro”	23
2.2.2.1.	Ciclo de vida de la <i>Hermetia illucens</i>	24
2.2.2.2.	Condiciones ambientales óptimas para la crianza de <i>H. illucens</i>	25
2.2.2.3.	Sistema de crianza en cautividad de <i>H. illucens</i>	26
2.2.2.4.	Obtención de población inicial de larvas.....	26
2.2.2.5.	Reproducción y recolección de huevos	26
2.2.2.6.	Incubación de huevos	26
2.2.2.7.	Selección y preparación de sustrato	27
2.2.2.8.	Producción y engorde	27
2.2.2.9.	Recolección de larvas	28
2.2.3.	Procesamiento de las larvas <i>H. illucens</i>	28
2.2.4.	Bioconversión de residuos orgánicos	29
2.2.5.	Harina de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	31
2.2.5.1.	Composición nutricional de la harina de larva de <i>Hermetia illucens</i>	31
2.2.5.2.	Seguridad química de las larvas de <i>Hermetia illucens</i>	34
2.2.5.3.	Marco normativo del uso de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	34
2.2.6.	Lactosuero	35
2.2.7.	Piensos	35
2.2.8.	Análisis proximal.....	36
III.MATERIALES Y MÉTODOS		37
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	37
3.1.1.	Secuencia temporal del estudio	37
3.2.	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	38
3.2.1.	Tipo de investigación:.....	38
3.2.2.	Nivel de investigación:.....	38

3.3.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.3.1.	Diseño experimental.....	38
3.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	39
3.4.1.	Población	39
3.4.2.	Muestra	39
3.4.3.	Muestreo.....	39
3.5.	VARIABLES	39
3.5.1.	Independiente.....	39
3.5.2.	Dependiente	40
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	40
3.6.1.	Materiales y equipos.....	40
3.6.2.	Material biológico.....	41
3.6.3.	Sustratos.....	41
3.6.4.	Larvero.....	42
3.7.	METODOLOGÍA	43
3.7.1.	Evaluación del desarrollo de las larvas de <i>Hermetia illucens</i>	43
3.7.1.1.	<i>Preparación de sustrato estándar para larvas neonatos</i>	43
3.7.1.2.	<i>Obtención de larvas neonatos a partir de huevos de H. illucens</i>	43
3.7.1.3.	<i>Monitoreo de neonatos hasta la obtención de larvas 5 DOL</i>	44
3.7.2.	Pruebas preliminares de alimentación de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	44
3.7.2.1.	<i>Acondicionado de sustrato</i>	45
3.7.2.2.	<i>Distribución de tratamientos</i>	46
3.7.2.3.	<i>Evaluación del peso y tamaño de larvas de Hermetia illucens</i>	47
3.7.3.	Evaluación de la productividad de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	47
3.7.4.	Obtención de harina de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	48
3.7.5.	Análisis proximal.....	50
3.7.6.	Análisis estadístico	51

IV.RESULTADOS Y DISCUSIONES	52
4.1. DESARROLLO DE LARVAS DE <i>Hermetia illucens</i>	52
4.1.1. Peso (g)	52
4.1.1.1. Análisis estadístico del peso final de las larvas	53
4.1.2. Tamaño (cm).....	55
4.1.2.1. Análisis estadístico del tamaño final	56
4.2. EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD	58
4.2.1. Bioconversión (%)	58
4.2.1.1. Análisis de varianza de la bioconversión	59
4.2.2. Índice de conversión alimenticia (FCR)	60
4.2.2.1. Análisis de varianza del FCR	61
4.2.3. Reducción del sustrato (%)	63
4.2.3.1. Análisis de varianza de reducción de sustrato	63
4.2.4. Rendimiento de la harina (%).....	65
4.2.4.1. Análisis de varianza del rendimiento de la harina	65
4.3. ANÁLISIS PROXIMAL	67
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
ANEXOS.....	78

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 1 <i>Condiciones ambientales para el desarrollo de H. illucens</i>	25
Tabla 2 <i>Composición nutricional de larvas alimentadas con diferentes tipos de sustratos</i>	27
Tabla 3 <i>Comparación entre el valor nutricional de harina de insectos</i>	32
Tabla 4 <i>Perfil de aminoácidos de harina de insectos y otros concentrados</i>	32
Tabla 5 <i>Comparación de perfil de ácidos grasos de harina de insectos y grasas habituales</i>	33
Tabla 6 <i>Prueba de digestibilidad en pepsina para la harina de larvas de MSN</i>	33
Tabla 7 <i>Componentes de los residuos vegetales</i>	42
Tabla 8 <i>Proporciones de componentes para una humedad final del 70 % en los sustratos</i>	46
Tabla 9 <i>Registro de ganancia de peso (g) según estadio larval</i>	52
Tabla 10 <i>Análisis de varianza del peso final de las larvas</i>	53
Tabla 11 <i>Tabla de comparaciones múltiples Tukey para el peso final</i>	54
Tabla 12 <i>Comparación de talla (cm) según estadio larval</i>	55
Tabla 13 <i>Análisis de varianza del tamaño final (cm) de las larvas</i>	56
Tabla 14 <i>Tabla de comparaciones múltiples Tukey para el tamaño final</i>	57
Tabla 15 <i>Peso total (g) de larvas cosechada al final de tratamiento</i>	58
Tabla 16 <i>Valores de bioconversión (%) para cada tratamiento</i>	58
Tabla 17 <i>Análisis de varianza para la bioconversión (%)</i>	59
Tabla 18 <i>Tabla de comparaciones múltiples Tukey para la bioconversión (%)</i>	59
Tabla 19 <i>Valores del FCR calculado</i>	60
Tabla 20 <i>Análisis de varianza para FCR</i>	61
Tabla 21 <i>Tabla de comparaciones múltiples Tukey para FCR</i>	61
Tabla 22 <i>Registro del frass (g) o residuos obtenidos tras la cosecha de larvas</i>	63
Tabla 23 <i>Cálculo de reducción de sustrato (%)</i>	63
Tabla 24 <i>Análisis de varianza para reducción de sustrato (%)</i>	63

Tabla 25	<i>Tabla de comparaciones múltiples Tukey para reducción de sustrato (%) ...</i>	64
Tabla 26	<i>Registro de larvas deshidratadas (g) y harina de larvas (g)</i>	65
Tabla 27	<i>Cálculo del rendimiento de la harina (%)</i>	65
Tabla 28	<i>Análisis de varianza para rendimiento de harina (%)</i>	66
Tabla 29	<i>Análisis proximal de la harina de larvas <i>Hermetia illucens</i></i>	67

ÍNDICE DE FIGURAS	Pág.
Figura 1 <i>Hermetia illucens</i> “mosca soldado negra” adulta.	24
Figura 2 <i>Ciclo de vida de la Hermetia illucens</i> “mosca soldado negro”.	25
Figura 3 <i>Comparación de larvas en estadio larvario 6 y debajo pupa.</i>	28
Figura 4 <i>Proceso productivo de la H. illucens por la empresa Protix</i>	29
Figura 5 <i>Distribución experimental de los tratamientos (DCA)</i>	39
Figura 6 <i>Vista externa del larvero.</i>	42
Figura 7 <i>Diagrama de flujo seguida para el desarrollo de la investigación.</i>	43
Figura 8 <i>Montaje para la eclosión de huevos de Hermetia illucens.</i>	44
Figura 9 <i>Limpieza del frass y conteo de larvas 5 DOL.</i>	44
Figura 10 <i>Primera alimentación de larvas 5 DOL en sustratos.</i>	46
Figura 11 <i>Segunda alimentación de larvas juveniles.</i>	46
Figura 12 <i>Condición ambiental y evaluación del desarrollo de larvas</i>	47
Figura 13 <i>Diagrama de flujo de obtención de harina larvas de Hermetia illucens.</i>	49
Figura 14 <i>Ganancia de peso (g) de larvas de Hermetia illucens según estadio larval.</i> 53	
Figura 15 <i>Gráfica de intervalos de peso final vs tratamiento.</i>	54
Figura 16 <i>Evolución de tamaño de larvas de Hermetia illucens según estadio larval.</i> 56	
Figura 17 <i>Grafica de intervalos de talla final vs tratamiento.</i>	57
Figura 18 <i>Grafica de intervalos de la bioconversión (%) vs tratamiento</i>	59
Figura 19 <i>Grafica de intervalos de FCR vs tratamiento.</i>	62
Figura 20 <i>Grafica de intervalos de reducción de sustrato (%) vs tratamiento.</i>	64
Figura 21 <i>Gráfica de intervalos de rendimiento de la harina (%).</i>	66
Figura 22 <i>Gráfica de barras del análisis proximal de la harina de larvas de H. illucens.</i>	68

INTRODUCCIÓN

La ineficiente gestión de residuos vegetales y lactosuero representa un desafío ambiental significativo, así como la oportunidad de convertir estos desechos en productos biotecnológicos. En este marco, la *Hermetia illucens* “mosca soldado negro” se destaca como una especie con gran potencial para la bioconversión de residuos orgánicos, incluidas los residuos provenientes de juguerías y el lactosuero provenientes de la industria quesera; transformándolos en biomasa con un perfil nutricional adecuado para su uso en la formulación de piensos para animales (Bermúdez & Sánchez, 2023; FAO, 2013).

Este proceso no solo ofrece una alternativa a los ingredientes convencionales de la alimentación animal, sino que también contribuye a la reducción de la huella ambiental al reducir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos, una situación que se ha convertido en una problemática ambiental crítica, particularmente en países en desarrollo como Perú. Por ejemplo, la ciudad de Huamanga, en Ayacucho, genera alrededor de 230 toneladas de residuos sólidos diarios, de las cuales una fracción significativa corresponde a materia orgánica que podría revalorizarse en lugar de ser dispuestos en rellenos sanitarios (Municipalidad Provincial de Huamanga, 2024).

La presente investigación propone alimentar las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales procedentes de juguerías y lactosuero, con el objetivo de obtener una harina con una composición nutricional adecuada que pueda ser utilizada como insumo en la formulación de piensos. Esta propuesta se enmarca dentro de un enfoque de economía circular y valorización de residuos, con énfasis en el aprovechamiento de recursos locales de bajo costo, promoviendo a su vez prácticas sostenibles en la producción pecuaria regional. Este estudio busca evaluar el impacto de los sustratos propuestos en el desarrollo larval, la productividad y la composición nutricional de la harina resultante. Así, se busca contribuir con una alternativa tecnológica replicable que vincule la gestión adecuada de residuos con la producción de insumos nutritivos, reduciendo costos de alimentación animal y fomentando sistemas productivos más sostenibles y resilientes en contextos locales.

I. PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento demográfico y el aumento de la demanda de alimentos de origen animal, han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles para la producción de piensos. La cría de insectos, en particular de la *Hermetia illucens* “mosca soldado negro”, se presenta como una solución viable debido a su capacidad de bioconvertir residuos orgánicos en biomasa de alto valor nutricional. Diversos países como China, Sudáfrica, España y Estados Unidos han desarrollado esta tecnología, utilizándola en la acuicultura y en la alimentación animal (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013).

En el Perú, la gestión ineficiente de residuos limita su valorización, en el 2021 se generaron 22 505,08 toneladas diarias de residuos, de los cuales el 56,70 % eran orgánicos, con solo un 1,80 % de residuos valorizados (Huiman, 2023). En Huamanga, cerca de 230 toneladas diarias de residuos son dispuestas en el relleno sanitario sin segregación adecuada, desaprovechando su potencial de reutilización (Municipalidad Provincial de Huamanga, 2024).

La bioconversión sostenible de los desechos orgánicos mediante *Hermetia illucens* puede integrarse en un modelo de economía circular con aplicaciones en la agroindustria y bioingeniería, augurando un futuro prometedor (Bermúdez & Sánchez, 2023). No obstante, es fundamental determinar el tipo de subproductos empleados en la alimentación de las larvas y su impacto en la composición nutricional de la biomasa,

considerando su contenido nutricional para garantizar su inocuidad y calidad (Oviedo et al., 2022, p. 57).

Al desarrollar la crianza de larvas de *Hermetia illucens* se aborda dos temas muy importantes siendo el aprovechamiento de residuos orgánicos o subproductos alimentarios para la alimentación de las larvas y la obtención de materia prima con alto contenido nutricional para la alimentación animal, ya que representa una necesidad para cubrir las demandas alimentarias de granjas industriales puesto que en los sistemas de producción pecuaria, la alimentación animal representa entre el 60 % y el 70 % de los costos de producción, el cual debe ser optimizado (Núñez, 2017).

En este contexto, las larvas de *Hermetia illucens* representan una alternativa biotecnológica eficiente para la transformación de residuos orgánicos en biomasa con alto valor nutricional, útil como insumo en alimentación animal. Sin embargo, se requiere evaluar la viabilidad de obtener la harina a partir de larvas alimentadas con mezclas de residuos vegetales de juguería considerado como residuo de un centro de abasto y el lactosuero subproducto de la industria quesera, un insumo de alto valor biológico, con el fin de generar un producto sostenible y adaptado a las condiciones de producción local, por ello surge la necesidad de investigar el proceso de obtención de harina de larvas *Hermetia illucens* y determinar su potencial como insumo para la elaboración de piensos, planteándonos la siguiente interrogante:

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cómo incide la utilización de residuos vegetales y lactosuero en el desarrollo larval y la productividad en la obtención de la harina a partir de larvas de *Hermetia illucens* “mosca soldado negro”, considerando su potencial uso como insumo en la formulación de piensos?

1.2.2. Problemas específicos

¿Cómo influye la alimentación con residuos vegetales y lactosuero en el desarrollo de las larvas *Hermetia illucens*?

¿Cuál es la productividad de las larvas *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero en la obtención de la harina?

¿Cuál es la composición nutricional de la harina de larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Obtener harina de larvas de *Hermetia illucens* “mosca soldado negro” alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, como insumo de piensos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de la alimentación con residuos vegetales y lactosuero en el desarrollo de las larvas de *Hermetia illucens*.
- Evaluar los indicadores de productividad de larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, en la obtención de harina.
- Determinar la composición nutricional de la harina de larvas *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Hipótesis general

Hipótesis de investigación: H_i : La alimentación con residuos vegetales y lactosuero influye favorablemente en el desarrollo, la productividad y la composición nutricional de la harina obtenida de larvas de *Hermetia illucens* “mosca soldado negro”, permitiendo su uso como insumo en piensos.

Hipótesis nula: H_0 : La alimentación con residuos vegetales y lactosuero no influye en el desarrollo, la productividad ni en la composición nutricional de la harina de larvas de *Hermetia illucens* “mosca soldado negro”.

1.4.2. Hipótesis específica

1. $H_0: \mu_1 = \mu_2$ La alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero no influye significativamente en su desarrollo (peso y talla).
 $H_a: \mu_1 \neq \mu_2$ La alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero influye significativamente en su desarrollo (peso y talla).
2. $H_0: \mu_1 = \mu_2$ La alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero no influye significativamente en los indicadores de productividad para la obtención de harina (% bioconversión, FCR, % reducción de sustrato, % rendimiento de harina).

Ha: $\mu_1 \neq \mu_2$ La alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero influye significativamente en los indicadores de productividad para la obtención de harina (% bioconversión, FCR, % reducción de sustrato, % rendimiento de harina).

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Justificación teórica

El trabajo de investigación contribuye al desarrollo del conocimiento sobre el uso de residuos orgánicos como sustrato en la cría de *Hermetia illucens* “mosca soldado negro”, donde se establece la relación entre la composición del sustrato y el valor nutricional de la biomasa larval en presentación de harina, fortaleciendo el cuerpo de conocimientos en nutrición animal, agrobiotecnología y conocimientos que pueden ser utilizada como base para futuras investigaciones sobre producción sostenible de un insumo alternativo para piensos.

1.5.2. Justificación práctica

La investigación propone un método alternativo y replicable para la obtención de harina de larvas de *Hermetia illucens*, empleando como sustrato los residuos vegetales y lactosuero, que son de fácil acceso en la región de Ayacucho. La harina puede ser utilizado por emprendimientos locales y centros de producción de alimento balanceado.

1.5.3. Justificación social

El estudio promueve el aprovechamiento de residuos orgánicos locales que suelen desecharse sin tratamiento, generando problemas sanitarios y ambientales, al convertir estos residuos de manera indirecta en un insumo para piensos, se promueve una economía circular, con beneficios directos para las comunidades urbanas y productores pecuarios. Además, puede incentivar la formación de nuevos emprendimientos sostenibles que generen empleo y valor agregado a nivel local.

1.5.4. Justificación económica

Esta investigación ofrece una alternativa para la producción de un insumo nutritivo destinada a la alimentación animal, reduciendo la dependencia de ingredientes importados como la harina de pescado o de soya, cuyo precio oscila de S/ 4,50 - S/ 9,50 a más dependiendo de la calidad. La utilización de residuos vegetales y lactosuero como alimento para las larvas de *Hermetia illucens* implica una propuesta de valorización de residuos, con el que se puede reducir los costos de producción, lo que puede mejorar

la rentabilidad del sistema. A largo plazo, este enfoque puede contribuir a fortalecer la seguridad alimentaria y la competitividad de la producción pecuaria regional.

1.5.5. Justificación ambiental

Al promover la valorización de residuos orgánicos y subproductos agroindustriales se contribuyen con la reducción de la contaminación de suelos y cuerpos de agua. El uso de *Hermetia illucens* permite transformar estos residuos en biomasa de alto valor nutricional, cerrando ciclos de nutrientes y disminuyendo la carga contaminante. Además, este proceso tiene una baja huella ecológica en comparación con otras formas de producción de proteínas, lo que lo convierte en una estrategia compatible con los principios del desarrollo sostenible.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacionales

Gligorescu et al. (2020) demostraron el potencial de reciclaje de residuos orgánicos domésticos y residuos de abastecimientos en macronutrientes de alta calidad en forma de biomasa de insectos, para ser utilizada como fuente de alimentación, estudiando la digestibilidad de la mosca soldado negro en visones (*Neovison vison (L.)*), realizaron una producción piloto de larvas durante 14 meses alimentándolos con biorresiduos en forma de pulpa corrigiendo la humedad con alimento comercial para pollos, en el que determinaron la biomasa larvaria y el contenido en materia seca, además la tasa de conversión alimenticia en cada lote, con la experiencia anterior realizaron la optimización de la alimentación, en dos tratamientos de alimentación con tres replicas, realizando el análisis en una prueba t ($p < 0,05$) evaluando parámetros de BSFL y biomasa de frass de insecto, índice de conversión alimenticia (FCR), reducción de biomasa y eficiencia de conversión de proteínas (PCE), posteriormente estudió la digestibilidad empleando el diseño del método de regresión en visón (1 control y 2 dietas de inclusión de BSFL) realizando el análisis estadístico con PROC REG en SAS, como resultado del experimento piloto obtuvieron una producción de BSFL altamente eficiente y constante, donde 190 kg MS de residuo se convirtieron en 79 kg MS de biomasa de BSFL, mostraron una bioconversión alta con valores de FCR entre 1,7 y 3,6 evaluando la materia seca, en cuanto a la digestibilidad encontró un 86,2 % y 90,4 % de digestibilidad aparente en el tracto total de proteína bruta y grasa apuntado de que las BSFL tienen una excelente fuente de proteína bruta y grasa para animales carnívoros.

Rodríguez (2021) llevó a cabo una investigación orientada a evaluar la duración del ciclo larval, el crecimiento, la reducción de desechos y la eficiencia de bioconversión de *Hermetia illucens* “mosca soldado negro”, utilizando diversos tipos de sustratos: estiércol bovino, porcino, mezcla equitativa de ambos (1:1), y restos alimentarios procedentes del comedor estudiantil Doris Stone, empleando el Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones, aplicándose un análisis de varianza complementando con la prueba de comparación de medias de Duncan con un nivel de significancia $\leq 0,05$, los resultados indicaron que el ciclo larval fue más corto cuando se alimentaron de la mezcla de estiércol cerdo y vaca, mientras que el mayor tiempo de desarrollo, de 31 días, se observó en larvas alimentadas únicamente con estiércol bovino, obteniendo un mayor porcentaje de reducción del residuo hasta un 89,75 %, en cuanto las larvas en sustrato residuos alimentarios del comedor obtuvieron una media mayor en peso 0,255 g, longitud de 2,28 cm y el ancho de la capsula cefálica al día 24 del tratamiento y bioconversión de masa de 15,71 %, el ancho de la capsula cefálica y el peso mantuvieron un comportamiento de crecimiento similares en los sustratos, por ello el autor recomienda realizar el experimento en diferentes sustratos.

De igual forma Acosta & Guzmán (2022) evaluaron el contenido proteico de larvas de *Hermetia Illucens Sp* “mosca soldado negro” a partir del proceso de degradación de biorresiduos (vegetales y frutas), residuos cocidos (desechos de restaurantes), residuos cárnicos, residuos de poda y césped y la mezcla (25 % residuos frescos, 66 % residuos cocidos, 9 % residuos cárnicos), realizaron el diseño de experimentos con variaciones en cuanto a la relación C/N para determinar que sustrato tiene mejores resultados respecto a las tallas de las larvas y los indicadores de bioconversión, el diseño de experimento fue de 4 ensayos con 3 repeticiones siendo 12 ensayos, la crianza se realizó en un biorreactor a 27 °C y HR 70 %, para asegurar el desarrollo adecuado de las larvas y evaluar los mejores resultados, obteniendo como mejor resultado en cuanto a longitud, ancho y peso en sustrato de mezclas, de acuerdo al análisis proximal el contenido proteico en las larvas de instar 5 (alimentados con residuos frescos entre frutas y verduras) e instar 6 (alimentados con dieta de mezclas) determinado fue de 43,2 % y 39,8 % respectivamente en base seca, así como concluye que el exceso de grasa limita el crecimiento de las larvas como pasó en residuos cárnicos, de acuerdo al análisis de la varianza de un factor (ANOVA) estableció que existe diferencia significativa entre el peso obtenido de las larvas de los 4 sustratos, siendo las mezclas de residuos como el sustrato más favorable para crecimiento.

Broeckx et al. (2021), llevaron a cabo un estudio en el que evaluaron el desempeño de larvas de mosca soldado negro alimentadas con doce subproductos orgánicos de bajo valor y dos dietas control, analizando indicadores como la tasa de supervivencia, el peso larval, eficiencia de bioconversión, la conversión alimenticia y la reducción de residuos. La metodología incluyó la caracterización proximal, de fibras y minerales de los sustratos, además de ensayos de cría en condiciones controladas. Los resultados evidenciaron supervivencias superiores al 80 % en la mayoría de los residuos, con pesos larvales que oscilaron entre 38,3 mg (pulpa de manzana) y 176,4 mg (residuos industriales de alimentos), observándose una correlación positiva con el contenido proteico de los sustratos; asimismo, la conversión alimenticia varió entre 1,58 y 8,90, mientras que la reducción de residuos se situó en un rango de 17 % – 58,9 %. Los autores concluyeron que el contenido de proteína es el principal determinante del crecimiento larval y sugirieron que la mezcla de subproductos podría optimizar los resultados.

2.1.2. Nacionales

Cayra (2023) tuvo como propósito analizar la tasa de crecimiento, la producción y la composición nutricional de larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con distintos sustratos, con el fin de evaluar su potencial como fuente proteica en la formulación de piensos para animales en Majes, provincia de Caylloma, Arequipa. El experimento se ejecutó bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos: T0, considerado el sustrato estándar de la Universidad Católica de Santa María, compuesto por afrecho de trigo, harina de maíz, harina de alfalfa (64 %) y agua (36 %); T1, integrado por una mezcla de pulpas y cáscaras de frutas; T2, conformado por suero de leche (33 %) y ensilaje (67 %); y T3, elaborado a partir de brácteas de alcachofa (77 %) combinadas con suero de leche (23 %). Se evaluó la composición nutricional de cada tratamiento, registrándose de manera interdiaria la longitud y el peso de las larvas. Los resultados mostraron que el T0 obtuvo los valores más altos tanto en longitud ($17,12 \pm 0,003a$) como en peso ($3,85 \pm 0,35^a$). Respecto al valor nutricional, el tratamiento T3 presentó la mayor concentración de proteína cruda (55,27 %), mientras que el mejor rendimiento económico correspondió al T2 (63,85 %). Asimismo, el análisis físico-químico del sustrato T3 reportó un contenido de proteína cruda del 18,96 %, longitud larval de $16,28 \pm 0,01b$, peso de $3,56 \pm 0,3b$ y mérito económico de 13,14 %, resultados que lo posicionaron entre los tratamientos más favorables dentro del estudio.

Salas (2019) evaluó el tamaño, peso y mortandad durante los 5 días del estadio aplicando el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), bajo una alimentación

diferenciada T0 (salvado de trigo o afrecho, harina de maíz y de alfalfa), T1 (estiércol vacuno), T2 (40 % de afrecho y 60 % de suero de leche) y T3 (15 % de residuo de broza de papa, 15 % de cítrico, 15 % de cebolla y 55 % de agua), donde observó que el T0 alcanzó a medir 21,93 \pm 0,35 mm, luego el T2 21,34 \pm 0,38 mm indicando que no tienen diferencia significativa, en cuanto al tratamiento T1 midió 17,75 \pm 0,4 mm y el T3 9,37 \pm 0,34 mm mostrando una diferencia significativa entre estos dos tratamientos, en cuanto al peso el T0 y T2 mostraron un peso mayor de 0,28 \pm 0,01 mg y 0,26 \pm 0,01 mg respectivamente luego el T1 con 0,16 \pm 0,01 mg y por último el T3 con 0,04 \pm 0,003 mg, por medio del análisis proximal determinó el contenido proteico del T0 siendo 41,31 %, del T1 39,54 % y del T2 40,09 %, el mayor porcentaje de lípidos obtuvo en el T2 con 28,82 % y el menor porcentaje de grasa en el T1 con 8,73 % a base de estiércol vacuno, al tratamiento T3 no le realizaron el análisis fisicoquímico por la mortandad cerca al 100 % desde el primer día, al evaluar los costos de producción y análisis rentabilidad, el T3 mostró aparentemente mayor índice de rentabilidad con 29,49 % mas no aplicable por la alta mortandad, el T1 mostró un 27,04 %, luego el T0, con un índice de rentabilidad de 14,42 % y finalmente al T2 con un índice negativo del -19,77 por los altos costos de los insumos.

2.1.3. Locales

No se ha identificado referencia local publicada sobre las larvas de *Hermetia illucens* “mosca soldado negro” en la ciudad de Huamanga – Ayacucho.

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. Problemática de los residuos en el Perú

Según información del Sistema de Información de Gestión de Residuos Sólidos (Sigersol), en el año 2021 la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios alcanzó 0,58 kg por habitante al día, mientras que los residuos municipales registraron 0,83 kg por habitante al día, llegándose a registrar una producción de 8 214 355,90 toneladas anuales de residuos sólidos municipales, equivalente a unas 22 505,08 toneladas diarias, de los cuales la composición fue de 56,70 % materia orgánica, 20,94 % material inorgánico, 12,66 % no aprovechables, y un 9,71 % de residuos peligrosos, siendo el 77,64 % de residuos generados que presentó potencial de valorización, sin embargo solo el 1,80 % fue efectivamente aprovechado, equivalente a 68 245,87 toneladas de residuos orgánicos y 80 250,76 toneladas de residuos inorgánicos, según el Registro Nacional de Municipalidades en el 2020, el 11,90 % de los gobiernos locales del país carece de instrumentos de gestión para el manejo de residuos sólidos, y

únicamente el 55 % dispone de un Plan de Manejo correspondiente, pese a los esfuerzos de las municipalidades la mala disposición de residuos persisten limitando su valorización (Huiman, 2023).

2.2.1.1. Problemática de los residuos en Ayacucho

De acuerdo a la información proporcionada por la Unidad de Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad Provincial de Huamanga, la zona metropolitana, que comprende los distritos de San Juan Bautista, Carmen Alto, Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, Jesús Nazareno y Ayacucho, generan alrededor de 230 toneladas diarias de residuos, los cuales son dispuestos en el relleno sanitario municipal situado en la comunidad de Uchuypampa, la mayor parte de estos residuos llega sin haber pasado por un proceso de segregación, e incluye residuos provenientes de los hogares, establecimientos comerciales y centros de abasto, la escasa participación ciudadana en la clasificación en origen (separación de residuos en orgánicos e inorgánicos) dificulta las labores de valorización, y contribuye al acortamiento de la vida útil del relleno sanitario generando la proliferación de vectores, gases de efecto invernadero y lixiviados, dificultando su manejo, de acuerdo con la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (D.L N° 1278), la población tiene la responsabilidad de realizar la segregación y entregar los residuos clasificados desde la fuente, a fin de reducir la cantidad destinada a disposición final, razón por la que es importante promover entre las familias la práctica de las tres R; reducir, reciclar y reusar, no obstante, a pesar de las campañas de educación ambiental y los programas de reciclaje impulsado por diversas instituciones, el cumplimiento de esta normativa continua siendo limitado, y el relleno sanitario sigue recibiendo todo tipo de residuos, la municipalidad subraya la necesidad de un mayor compromiso ciudadano para disminuir el impacto ambiental que afecta a toda la población (Municipalidad Provincial de Huamanga, 2024).

2.2.2. *Hermetia illucens* “Mosca soldado negro”

La *Hermetia illucens*, Linnaeus 1758 “mosca soldado negro”, también conocido por sus siglas en inglés BSF (Black Soldier Fly) figura 1, pertenece a la familia de dípteros *Stratiomyidae* y se encuentran a nivel mundial en un hábitat tropical y subtropical, donde una hembra adulta puede llegar a poner de 400 a 800 huevos, los espacios preferidos para ovipositar son pequeños lugares protegidos y secos, donde exista materia orgánica descompuesta con la finalidad de que al eclosionar los huevos encuentren alimento (Dortmans et al., 2021).

Figura 1

Hermetia illucens “mosca soldado negra” adulta.



Nota. Tomado de Chalermliamthong et al. (2023).

Clasificación taxonómica de la *Hermetia illucens*, Linnaeus 1758 “mosca soldado negra” (Integrated Taxonomic Information System, s. f.):

- Dominio: Eukaria
- Subreino: Eumetazoa
- Rama: *Bilateria*
- Phylum: *Arthropoda*
- Subphylum: *Hexapoda*
- Clase: *Insecta*
- Subclase: *Pterygota*
- Infraclasse: *Neoptera*
- Orden: *Diptera*
- Suborden: *Brachycera*
- Infraorden: *Stratiomyomorpha*
- Familia: *Stratiomyidae*
- Subfamilia: *Hermetiinae*
- Género: *Hermetia*
- Especie: *Hermetia illucens*

2.2.2.1. Ciclo de vida de la *Hermetia illucens*

El ciclo vital de *Hermetia illucens*, figura 2, tiene una duración promedio de 45 días y se divide en cinco etapas distintas: huevo, larva, prepupa, pupa y adulto, los huevos eclosionan en un periodo de 4 a 5 días, dando origen a las larvas. Estas larvas se alimentan de materia orgánica descompuesta durante un promedio de 13 a 18 días, atravesando cinco estadios de desarrollo. Al llegar al sexto estadio, las larvas presentan un color más oscuro, lo que indica que han entrado en el estado de prepupa, momento en el cual dejan de alimentarse. Buscando un entorno seco, se preparan para su

desarrollo en estado de pupa. Después de aproximadamente de diez a quince días, emergen como moscas adultas (Chalermliamthong et al., 2023).

Figura 2

Ciclo de vida de la Hermetia illucens “mosca soldado negro”.



Nota. Adaptado de *Black Soldier Fly Larvae Production (ECHO Technical Notes)*, por Chalermliamthong et al. (2023); Lievens et al. (2021) y (Dortmans et al., 2021).

2.2.2.2. Condiciones ambientales óptimas para la crianza de *H. illucens*

En la tabla 1, se muestran los parámetros óptimos para la crianza de *H. illucens* en función a las experiencias de los diferentes autores:

Tabla 1

Condiciones ambientales para el desarrollo de H. illucens

Autor	Lugar	Temperatura	HR %	Humedad Sustrato
(Alvarez, 2017)	Lima - Perú	28±1°C	70%	58%
(Salas, 2019)	Majes Caylloma, Arequipa.	26 -29 °C	60-70 % 55-65%	55- 60 %
(Gligorescu et al., 2020)	Dinamarca	27 °C	60 - 70 %	60 %
(Dortmans et al., 2021)	Indonesia	24 - 30 °C	70 - 80 %	70-80 %
(Rodríguez, 2021)	Francisco Morazán, Honduras	29 ± 2 °C	70 %	77,46% - 62,20%
(Cruz et al., 2023)	San Pablo Tepetzingo, Puebla, México	22 ± 5 °C	60-80%	55 - 80%

Nota. Elaboración propia basada en información de diversos autores citados.

2.2.2.3. Sistema de crianza en cautividad de *H. illucens*

La crianza de *H. illucens* está en función a la escala desde pequeños recipientes, bandejas medianas, hasta canaletas industriales en el que se sigue principios básicos similares a la instalación del “Centro de Recursos para Fincas Pequeñas de ECHO Asia en Chiang Mai”, situado en Tailandia con una capacidad productiva de 10 kg larvas por semana para lo cual (Chalermliamthong et al., 2023) señala los siguientes procedimientos:

2.2.2.4. Obtención de población inicial de larvas

Se puede iniciar comprando huevos de *H. illucens* de establecimientos que ya están en el rubro o realizando trampas para la puesta de huevos de BSFL en ambientes cálidos con temperaturas cerca a los 30 °C, empleando trampas de alimentos atrayentes (Chalermliamthong et al., 2023).

2.2.2.5. Reproducción y recolección de huevos

El área de reproducción es donde se da el apareamiento y puesta de huevos de *H. illucens*, esta debe estar protegida y con mallas o tela que impidan la fuga de los insectos, se debe mantener una humedad relativa de 70 % y temperatura de 24 a 38 °C, iluminación adecuada ya que el espectro de la longitud de onda estimula las señalizaciones químicas en ciertas partes de la mosca y ello genera la reproducción (Luciandres_Agricultura, 2021, 22m50s), así como una fuente de agua para que se hidraten las moscas, dentro de esta área se debe colocar el recipiente con sustrato atrayente cubierto por una malla y sobre ello colocar materiales de cartón o tablillas sobrepuestas con un espacio de separación mínima de 1 mm para la puesta de huevos (Chalermliamthong et al., 2023).

Los huevos depositados en los bloques de madera con hendiduras de 2 a 4 mm y se recolectan en un recipiente seco, de manera diaria para asegurar el desarrollo homogéneo de las larvas y de esta manera facilitar la separación al cabo de la madurez (Chalermliamthong et al., 2023).

2.2.2.6. Incubación de huevos

Para la incubación de los huevos se colocan sobre un una malla y cercano al sustrato que puede ser alimento para pollos de engorde que asegura un crecimiento rápido de las larvas, el alimento debe ser la mezcla de 70 % de agua y resto alimento de pollo, posteriormente debe ser cubierto por una capa de 0,5 -1 cm de sustrato seco para evitar la evaporación del agua, donde permanecerán hasta los 5 días (5 - DOL) para luego ser

tamizado del sustrato y realizar el conteo de larvas de 1-2 g y conocer el número de larvas por gramos, de esta manera se podrá calcular la cantidad de sustrato final en cada recipiente para su alimentación hasta que se transformen en prepupa, lo cual ocurre aproximadamente a las tres semanas (Dortmans et al., 2021).

2.2.2.7. Selección y preparación de sustrato

Las larvas de *H. illucens* se caracterizan por consumir diversos residuos alimenticios, aunque los preferidos son alimentos ricos en proteínas, grasas y almidones, es por ello que lo más común que se utiliza y con bajos costos son los residuos de mercados y domicilios, se debe vigilar la humedad evitando una fermentación anaeróbica por el estancamiento del exceso de humedad por ello debe tener un drenaje (Chalermliamthong et al., 2023).

Tabla 2

Composición nutricional de larvas alimentadas con diferentes tipos de sustratos

Autor	Sustrato	Proporción de los principales nutrientes (%bs)					
		Proteína	Grasa	Fibra	Cenizas	Calcio	Fosforo
(Salas, 2019)	Salvado de trigo (afrecho), harina de maíz y de alfalfa	41,31	23,91	-	10,09	-	-
(Salas, 2019)	40% de afrecho y 60% de suero de leche	40,09	28,82	7,57	6,04	-	-
(Arango et al., 2004)	Gallinaza fresca	36,98	18,82	-	17,47	7,60	0,58
(Acosta & Guzmán, 2022)	Residuos orgánicos domésticos (frescos)	39,8	30,9	10,8	12,3	-	-
(Sheppard et al., 2002)	Dieta Gainesville (50 % salvado de trigo, 20 % harina de maíz y 30 % harina de alfalfa)	36,9 - 37,8	27,9 - 31,5	-	12,6 - 13,5	4,3 - 4,59	0,54 - 0,567

Nota. Elaboración propia basada en información de diversos autores citados.

2.2.2.8. Producción y engorde

El engorde se puede realizar en bandejas o contenedores grandes que no le lleguen la luz directa ya que las larvas huyen de la luz, por un tiempo promedio de 14 a 18 días, se debe controlar la humedad y así evitar malos olores, evitar la compactación del

sustrato y dar condiciones aerobias, o contar con drenajes para evitar encharcamientos (Dortmans et al., 2021)

2.2.2.9. Recolección de larvas

El tamaño de recolección de larvas está en función al producto final que se desea obtener siendo la proteína o quitina (figura 3), se puede emplear un tamiz de 3 mm y otra de 7 mm para separar las larvas y el frass (Luciandres_Agricultura, 2021, 19 m). Para garantizar las nuevas generaciones, una porción de larvas seleccionadas en la fase prepupa son colocadas en espacios secos y oscuros para culminar con su ciclo evolutivo (Dortmans et al., 2021).

Figura 3

Comparación de larvas en estadio larvario 6 y debajo pupa.



Nota. Tomado de Giannetti et al. (2022).

2.2.3. Procesamiento de las larvas *H. illucens*

El posprocesamiento en la crianza de *H. illucens* implica, en el caso de las larvas se tiene que sacrificar y dar un tratamiento de refinado que consiste en desinfectar por escaldado sumergiendo en agua hervida por 2 minutos, este método es práctico y económico además evita la oxidación de los lípidos mejorando el color y sabor de las larvas, luego se procede a deshidratar, triturar, separar la parte oleica y la harina rico en proteína, en cuanto al residuo o frass se puede emplear para el compostaje, sustrato para digestor de biogás o como abono (Dortmans et al., 2021).

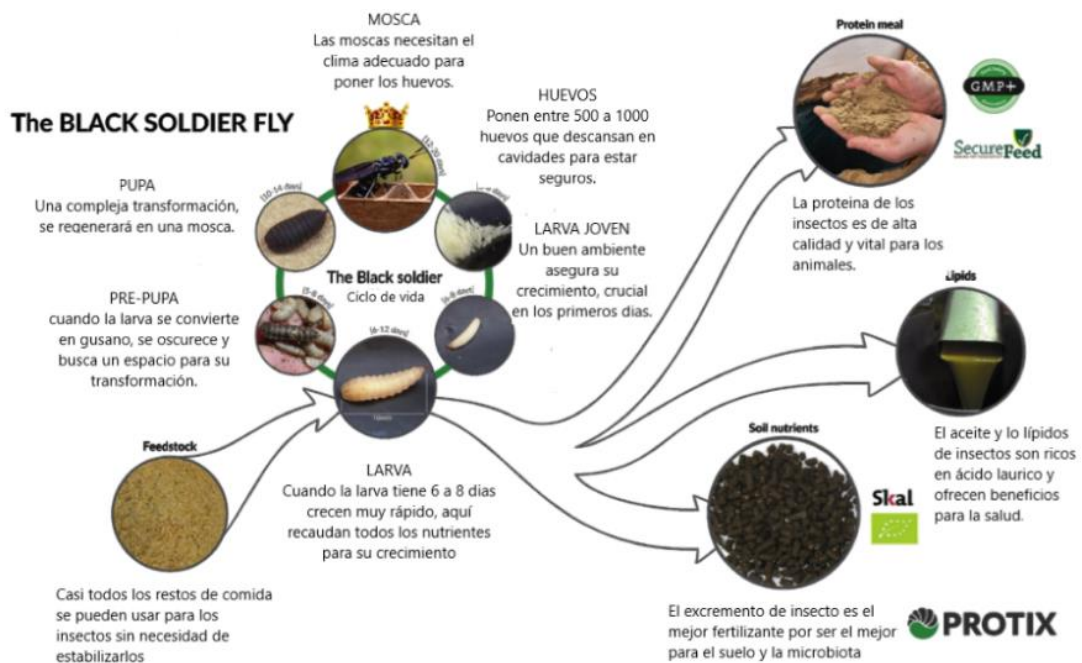
Las larvas son consideradas como uno de los seres vivos con alta eficiencia al transformar el alimento en biomasa, por lo que diversa empresas están adoptando esta tecnología siendo los principales proveedores InnovaFeed (Francia), Protenga (Malasia) y Protix (Países Bajos), AgriProtein (Sudáfrica), Bioflytech (España), Enterra Feed Corporation (Canadá), Entobel (Vietnam), Entofood (Malasia), Entomo Farm (Francia), EnviroFlight (EE. UU.), Hexafly (Irlanda), F4F (Chile), Hermetia GmbH (Alemania) quienes vienen ofreciendo alimentos tanto para animales para el consumo humano y

para mascotas, además ofrecen como harina de proteína, biofertilizantes a partir del frass, larvas secas enteras, aceite de larvas, la quitina o quitosano, material biológico (huevo, pupas, prepupas y adultos) (Report Consultant, 2020).

Entre los productos y servicios que ofrecen las empresas que trabajan con la BSF (figura 4) incluye el manejo de residuos, producción de biomasa, pellets, composta, implementación de software y tecnología, asistencia, capacitaciones, harina desengrasada proteica, quitina - quitosano, biocombustibles, melanina y entre otras presentaciones (Bermúdez & Sánchez, 2023).

Figura 4

Proceso productivo de la H. illucens por la empresa Protix



Nota. Tomado del *boletín de vigilancia tecnológica* (Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura, 2021)

Las larvas en su cuarto estadio larvario en promedio al 7- 8 día y son estimuladas al ser infectadas con *E. coli* en su hemolinfa pueden sintetizar péptidos antimicrobianos que presentan actividad inhibitora al crecimiento de *Helicobacter pylori* y estas pueden ser aisladas y purificadas con fines medicinales y ser empleadas bajo las regulaciones farmacológicas (Alvarez Calderón, 2017).

2.2.4. Bioconversión de residuos orgánicos

Consiste en el proceso biológico en el que se convierte residuos orgánicos que no tienen valor en productos de valor añadido, utilizando organismos vivos, como

microorganismos, plantas o animales, en el marco de una economía circular evitando que un producto se convierta en residuo generando un ahorro de energía y disminuyendo los gases de efecto invernadero (Proteinsecta, 2020).

La bioconversión de residuos orgánicos empleando la mosca soldado negra *H. illucens* *Diptera* (*Stratiomyidae*) es una propuesta de tecnología eco amigable donde se transforma y reduce los residuos (Oviedo et al., 2022, p54).

Este valor muestra la capacidad de las larvas en transformar el residuo en fuente de energía, es calculado en función al peso final cosechado de las larvas y el peso del alimento total suministrado, este valor oscila entre el 10 y 20 % (Dortmans et al., 2021).

Es determinado con la siguiente ecuación, como lo señala (Rodríguez, 2021, p17).

$$PBC = \frac{W_2}{W_1} * 100$$

Donde:

- PBC: % de bioconversión
- W2: Peso final de las larvas (peso humedo de larvas)
- W1: Peso inicial del sustrato

Índice de conversión alimenticia (FCR): Comprende la relación entre la cantidad de alimento requerido y el peso final de las larvas, un valor menor indica una mayor eficiencia en la conversión del sustrato en biomasa larval, para ello emplearemos la siguiente fórmula (Broeckx et al., 2021).

$$FCR = \frac{D}{L_f - L_i}$$

Donde:

- FCR: (feed conversion ratio) o Índice de conversión alimenticia
- D: Peso del sustrato alimenticio (g)
- L_f: Peso final de larvas cosechadas (g)
- L_i: Peso inicial de larvas (g)

Reducción de sustrato (%): Se refiere al porcentaje de la masa original que se reduce tras el proceso biológico durante la cría de larvas, este valor es determinado empleando la siguiente ecuación (Rodríguez, 2021, p16).

$$PR = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100$$

Donde:

- PR: % de reducción de sustrato
- W1: Peso inicial del sustrato
- W2: Peso final del sustrato

2.2.5. Harina de larvas de *Hermetia illucens*

La harina a partir de larvas de *Hermetia illucens*, es el producto final que obtiene tras la cosecha, sacrificio, deshidratado y molienda, que puede ser utilizada como un reemplazo a la harina de soya y harina de pescado como fuente de proteína en la formulación de alimentos balanceados para aves como señala Hernández & González (2022) donde utilizaron la harina de *Hermetia illucens* en tres niveles de sustitución siendo 10, 15 y 20 % evaluando la productividad y calidad de huevos de gallinas ponedoras, en 200 ejemplares Dekalb White® de 19 semanas. Observaron que las aves alimentadas con la sustitución del 15 % de harina de larvas mejoró la intensidad de postura en un 83,44 % y la conversión alimenticia, además se observó un menor consumo de alimento por día 106,82 g/día y huevos limpios en 5,02 %, en cuanto a las características del huevo a mayor adición de harina de larvas mostró un menor color en la yema con 15 % un valor de 2,78 en una escala de 1 – 5 y el grosor de la cascara pero con mayor resistencia a ruptura, la inclusión del 20% tuvo un efecto en el peso del huevo siendo 56,07 g y el del 15 % con 52,68 g ya que con 20 % la intensidad de postura fue de 77,46 % , un consumo de alimento 107 g/día, limpieza del huevo 5,31 %, por ello los autores recomendaron la inclusión de hasta 15 % de harina de larvas de *Hermetia illucens* para una mejor productividad en la crianza de gallinas ponedoras.

2.2.5.1. Composición nutricional de la harina de larva de *Hermetia illucens*

Conforme pasa la edad de las larvas estas tienden a cambiar el tamaño de la capsula cefálica, de los espiráculos posteriores, el número de aberturas espiraculares y la composición de hidrocarburos cuticulares, siendo en el estadio de larva 4 con potenciales para el aprovechamiento de proteína (tabla 3), en comparación a la larva 5 que tiene mayor contenido de quitina (Gobbi, 2012).

Tabla 3*Comparación entre el valor nutricional de harina de insectos*

Apartado	<i>Hermetia illucens</i>*	<i>Tenebrio molitor</i>*	Harina de pescado	Harina de soja
Proteína bruta	42,1	52,8	70,6	47,0
Grasa bruta	26,0	36,1	9,9	1,9
Calcio	0,90	0,27	4,34	0,29
Fósforo	8,40	0,78	2,27	0,64

Nota. * Harina no desengrasada expresado en % de materia seca, tomado de De Blas et al (2010); Cerdán & Jaquehua (2019)

Los insectos comestibles tienen un perfil de aminoácidos que pueden ser comparados con el perfil requerido de aminoácidos para adultos descrito por la OMS, cumpliendo los requerimientos de metionina, metionina + cisteína, fenilalanina y tirosina, el perfil de aminoácidos de la harina de insectos para alimentación animal es comparable con la harina de carne, a diferencia de la harina de pescado que contiene un nivel insuperable de lisina comparado con harina de insectos estudiado, como se muestra en la tabla 4 y 5 (Ka Salud Integral, 2023).

Tabla 4*Perfil de aminoácidos de harina de insectos y otros concentrados*

	<i>Hermetia illucens</i>	<i>Tenebrio molitor</i>	Harina de pescado	Harina de soja
Aminoácidos esenciales				
Metionina	2,1	1,5	2,7	1,3
Cisteína	0,1	0,8	0,8	1,4
Valina	8,2	6,0	4,9	4,5
Isoleucina	5,1	4,6	4,2	4,2
Leucina	7,9	8,6	7,2	7,6
Fenilalanina	5,2	4,0	3,9	5,2
Tirosina	6,9	7,4	3,1	3,3
Histidina	3,0	3,4	2,4	3,1
Lisina	6,6	5,4	7,5	6,2
Treonina	3,7	4,0	4,1	3,8
Triptófano	0,5	0,6	1,0	1,4
Aminoácidos no esenciales				
Serina	3,1	4,0	3,9	5,2
Arginina	5,6	4,8	6,2	7,6
Ácido glutámico	10,6	11,3	12,6	19,9

Ácido aspártico	11,0	7,5	9,1	14,1
Prolina	6,6	6,8	4,2	6,0
Glicina	5,7	4,9	6,4	4,5
Alanina	7,7	7,3	6,3	4,5

Nota. Expresado en porcentaje de proteína bruta. Fuente: Makkar et al. (2014), citado en Cerdán & Jaquehua (2019)

Tabla 5

Comparación de perfil de ácidos grasos de harina de insectos y grasas habituales

	<i>Hermetia illucens*</i>	<i>Tenebrio molitor*</i>	Manteca de cerdo	Sebo de rumiantes	Aceite de pescado	Aceite de soja	Aceite de palma
Saturados							
Láurico (12:0)	21,4 - 49,3	0,5	-	-	-	-	-
Mirístico (14:0)	2,9 - 6,9	4,0	1,5	3,2	4,3 - 7	-	1,0
Palmitico (16:0)	10,5 - 16,1	21,1	23,7	25	11,0 - 19,0	9,5	43,0
Estearico (18:0)	1,3 - 5,7	2,7	13,0	21,1	1,2 - 4,9	4,0	4,8
Monoinsaturados							
Palmitoleico (16:1, n-7)	3,5	4,0	3,0	3,1	4,1-9	0,2	0,3
Oleico (18:1, n-9)	11,8-32,1	37,7	44,0	26,4	11,0-16	22,0	40,0
Poliinsaturados							
Linoleico (18:2, n-6)	3,6 - 4,5	27,4	10,0	2,2	1 - 2,0	54,0	10,0
Linolénico (18:3, n-3)	0,08 - 0,74	1,2	0,8	-	0,5 - 1,1	7,3	-
EPA (20:5, n-3)	0,03 - 1,66	-	-	-	8,1 - 11,0	-	-
DHA (22:6, n-3)	0,00 - 0,59	-	-	-	11,0	-	-

Nota. *Harina no desengrasada expresado en % de grasa total; EPA: ácido eicosapentaenoico; DHA: ácido docosahexaenoico. Fuente: De Blas et al (2010); Makkar et.al (2014) citado en Cerdán & Jaquehua (2019)

Las pruebas de digestibilidad en pepsina, tabla 6, en concentración de 0,002 % para la harina de larva fue de 81,577 + 1,24 % y para la harina de pescado de 84,94 %, demostrando que este último tiene mayor digestibilidad siendo uno de los más altos índices, por ello la harina de larva de MSN se puede considerar como ingrediente proteico (Arango et al., 2004).

Tabla 6

Prueba de digestibilidad en pepsina para la harina de larvas de MSN

	Laboratorio 1	Laboratorio 2	Laboratorio 3	Desviación estándar
Digestibilidad en pepsina de 0,002	82,68%	86,65%	75,402%	5,15

Nota. Tomado de Arango et al. (2004).

2.2.5.2. Seguridad química de las larvas de *Hermetia illucens*

Las larvas de la BSF al ser alimentadas con sustratos que, con un alto contenido de compuestos químicos peligrosos como las micotoxinas, demuestran que no acumulan ni lo degradan en derivados no tóxicos, por ello estas larvas pueden utilizarse como un ingrediente en la alimentación animal, con restricciones para animales rumiantes, con respecto a la acumulación de metales como el cadmio, zinc, arsénico, mercurio, cromo, níquel aun requieren más investigaciones al igual que para la determinación de pesticidas, compuestos farmacéuticos y de otros compuestos (Lievens et al., 2021)

2.2.5.3. Marco normativo del uso de larvas de *Hermetia illucens*

(IPIFF, 2022) citado por Bermúdez & Sánchez (2023) “En abril del 2021, la Comisión Europea autorizó las proteínas de insectos en la alimentación de aves de corral y cerdos cuando se crían sobre sustratos de origen vegetal o con residuos vegetales, lácteos o de huevo”.

La Plataforma Internacional de Insectos para Alimentos y Piensos (IPIFF) es una organización sin fines de lucro de la Unión Europea que representa los intereses del sector de la producción de insectos, para ello presentan la “Guía de IPIFF sobre buenas prácticas de higiene para productores de insectos como alimentos y piensos de la Unión Europea” en el que detallan los límites máximos permitidos de bioacumulación de metales pesados en la composición del alimento a base de insectos, además otros requisitos de la UE para el uso de insectos como pienso para animales (IPIFF, 2022).

El Reglamento (UE) 2017/ 893 (2017), establece la autorización para emplear determinadas especies de insectos en la producción de piensos destinados a la acuicultura, entre las especies aprobadas se incluyen: *Hermetia illucens* (mosca soldado negra), *Musca domestica* (mosca doméstica), *Tenebrio molitor* (gusano de la harina o gusano amarillo), *Alphitobius diaperinus* (gusano de la harina menor o escarabajo de la basura), *Acheta domesticus* (grillo doméstico), *Grylloides sigillatus* (grillo tropical o de bandas) y *Gryllus assimilis* (grillo de campo jamaicano).

Hoy en día se cuenta con la autorización para la alimentación de aves y porcino a través del Reglamento 2021/1372 del 17 de agosto de 2021 modificando el anexo IV del Reglamento (CE) N° 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo en el que se prohibía alimentar con proteínas derivadas de animales a los animales de granja no rumiantes distintos de los animales de peletería (Cerisuelo, 2021).

2.2.6. Lactosuero

El lactosuero es la parte líquida que se obtiene en el proceso de elaboración de quesos, equivalente al 20 % de la leche, está compuesto principalmente de agua, proteínas, grasas, carbohidratos y lactosa, este producto suele ser considerado como un subproducto de desecho, para las industrias con tecnología es considerado insumo para la elaboración de concentrados de vitaminas y minerales aplicados en alimentos para bebés, insumos dietéticos, concentrados para panadería y pastelería, entre otros aunque aún en muchos países son vertidos de manera indiscriminadamente generando la contaminación del suelo y fuentes de agua (Hanna Instruments, 2021).

Cisneros (2017) determinó la composición proximal del lactosuero obteniendo un contenido de agua de (92,34 %), proteína (1,07 %), grasa (0,30 %), ceniza (0,38 %), carbohidratos (5,91 %), esta composición podría variar de acuerdo a las características de la leche, siendo en un subproducto de la industria láctea de valor para el aprovechamiento de nuevos productos alimentarios y otros.

2.2.7. Piensos

Para una buena salud y bienestar de los animales de granja, es importante ofrecer una alimentación de calidad, el aumento de la demanda de fuentes de proteína animal ha intensificado la producción ganadera, convirtiendo una necesidad por satisfacer, debido al requerimiento las industrias ofrecen piensos compuestos a base de cereales, semillas forrajeras, fertilizantes y otros insumos subproductos agroindustriales y biocombustibles, otra característica de los piensos es que deben estar libre de agentes nocivos y sustancias no deseables (*Codex Alimentarius Piensos*, s. f.).

Según Glosario de nutrición animal, (s. f.) se pueden clasificar en:

- Piensos complementarios: Mezclas de insumos con altos porcentajes de nutrientes específicos que, por su composición, sólo garantizan la ración diaria cuando se utilizan junto con otros ingredientes para animales.
- Piensos completos: Mezclas de alimentos para animales que, dada su composición, son adecuadas para garantizar una ración diaria.
- Piensos compuestos: Combinaciones de materias primas nutritivos y sanos que brinda, combinados o por separado, destinados a la alimentación oral de los animales en forma de comidas complementarias o completas.

2.2.8. Análisis proximal

Los análisis proximales, con el fin de determinar los nutrientes de importancia en un sustrato alimenticio, se efectuaron según los métodos descritos por Osborne y Voogt (1978), MAFF (1982) y AOAC (1984), los cuales se encuentran considerados en la guía de práctica de nutrición y alimentación animal (Quijano, 2024) :

- Humedad (método de la estufa- AOAC)
- Proteínas (método de Kjeldahl)
- Lípidos (método Soxhlet)
- Fibra cruda (digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado)
- Ceniza (método de la mufla/incineración)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La presente investigación se realizó en los diferentes ambientes de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga del departamento de Ayacucho:

- Obtención de larvas 5 DOL y evaluación del desarrollo: Se realizó en el laboratorio de zoología y en un ambiente habilitado - acondicionado (larveros) del Área Académica de Ecología y Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Biológicas, ubicado en la Ciudad Universitaria, Avenida Independencia S/N, latitud (13°08'44.4"S) - longitud (74°13'14.6"W).
- Determinación de humedad del sustrato y elaboración de la harina: Se realizó en laboratorio de Biotecnología Industrial de la facultad de Ingeniería Química y Metalurgia.
- Análisis proximal: Se desarrolló en el laboratorio de Nutrición animal del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNSCH.

3.1.1. Secuencia temporal del estudio

La investigación se desarrolló en dos etapas: La primera, correspondiente a la evaluación del desarrollo de las larvas de *Hermetia illucens*, se realizó en los meses de noviembre y diciembre del año 2024.

La segunda etapa se realizó en abril de 2025 e incluyó la evaluación del rendimiento y el análisis de la composición nutricional de la harina obtenida a partir de las larvas, concluyendo con el procesamiento de datos y redacción de la tesis.

3.2. TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo de investigación:

Según la clasificación propuesta por Ñaupas et al. (2018), la presente investigación se enmarca dentro del tipo aplicada o tecnológica, ya que está orientada a resolver un problema práctico: la obtención de un insumo alternativo y sostenible para la elaboración de piensos, mediante la alimentación de larvas de *Hermetia illucens* con residuos orgánicos y subproductos agroindustriales.

3.2.2. Nivel de investigación:

Según Ñaupas et al. (2018) la investigación es de nivel explicativo ya que se evaluaron diferencias causales entre grupo control y tres tratamientos en el tiempo de degradación y, adicionalmente, se analizó la bioconversión de sustratos orgánicos en proteínas y lípidos por las larvas de *Hermetia illucens*, para inferir efectos causales de las condiciones de tratamiento sobre resultados de desarrollo y rendimiento en la obtención de harina.

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

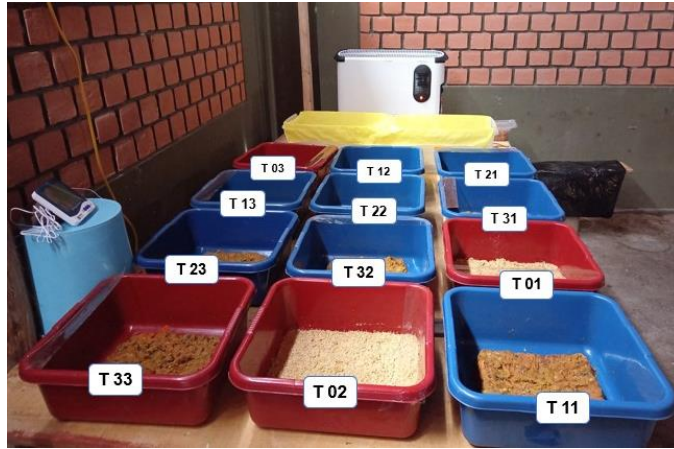
El diseño es de tipo experimental, puesto que se manipulan variables como tipo de alimentación en condiciones controladas para observar su efecto sobre el producto final, bajo un enfoque metodológico cuantitativo, y la información recopilada es analizada a través de procedimientos estadísticos (Hernández et al., 2014).

3.3.1. Diseño experimental

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), conformado por tres tratamientos experimentales y un tratamiento control, cada uno con tres repeticiones, los tratamientos consistieron en diferentes combinaciones de residuos vegetales y lactosuero como sustrato para la alimentación de larvas de *Hermetia illucens*, la distribución se muestra en la figura 5.

Figura 5

Distribución experimental de los tratamientos (DCA).



3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. Población

La población estuvo conformada por 450 gramos de larvas neonatas obtenidas a partir de 5 g de huevos *Hermetia illucens* que fueron criadas en condiciones experimentales controladas de temperatura y humedad.

3.4.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por un total de 39,6 gramos de larvas, correspondientes a un aproximado de 24000 larvas, para cada tratamiento se utilizaron 3,3 gramos de larvas de 5 días de edad (5 DOL), equivalentes a 2000 larvas, seleccionadas (tamizado) a partir de la población total.

3.4.3. Muestreo

Se empleó un muestreo no probabilístico ya que las larvas fueron seleccionadas según su edad a los 5 días posterior a su alimentación en sustrato estándar, de tamaño homogéneo y estado saludable, a fin de asegurar la representatividad biológica y uniformidad en los tratamientos experimentales, para la evaluación del desarrollo de las larvas, el rendimiento de la harina y el análisis proximal de la harina se consideró un muestreo aleatorio simple, a fin de asegurar la representatividad de cada tratamiento.

3.5. VARIABLES

3.5.1. Independiente

Tipo de alimentación suministrada a las larvas de *Hermetia illucens*, constituida por residuos vegetales, lactosuero y las combinaciones en diferentes proporciones.

- Sustrato 1 (T0): 33 % alimento balaceado para pollos de engorde + 67 % agua
- Sustrato 2 (T1): 75 % residuos vegetales + 25 % afrecho
- Sustrato 3 (T2): 44 % residuos vegetales + 26 % afrecho y 30 % lactosuero
- Sustrato 4 (T3): 65 % residuos vegetales + 25 % afrecho y 10 % lactosuero

3.5.2. Dependiente

Las variables de respuesta comprenden el desarrollo larval, productividad y la composición nutricional de la harina obtenida a partir de larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero.

Indicadores

- Desarrollo de las larvas de *Hermetia illucens*: peso (g) y talla (cm)
- Productividad de larvas de *Hermetia illucens*: bioconversión (%); índice de conversión alimenticia (FCR); reducción del sustrato (%); rendimiento de la harina (%).
- Composición nutricional de la harina de larvas de *Hermetia illucens*: análisis proximal.

3.6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.6.1. Materiales y equipos

Para la evaluación del desarrollo de las larvas de *Hermetia illucens*.

- Estereoscopio
- Calefactor
- Termohigrómetro
- Tápers de polietileno capacidad 3 litros
- Tinajas de polietileno de 30 x 30 x 15 cm
- Telas mosquiteras
- Espátulas / cucharas
- Placas Petri / recipientes pequeños
- Extensión eléctrica
- Balanza digital de precisión 0,01 g – 200 g
- Balanza de capacidad 5 kg
- Regla
- Plástico de 2 x 2 m
- Papel bond

- Baldes de 12 litros

Para la evaluar la productividad de larvas de *Hermetia illucens*

- Estufa/ Cocina eléctrica
- Coladores
- Olla
- Bandejas de aluminio
- Papel toalla
- Termómetro
- Estufa deshidratadora
- Molino eléctrico

Para determinar la composición nutricional

- Estufa (determinación de humedad y materia seca)
- Destilador de Nitrógeno (determinación del contenido proteico)
- Equipo extractor Soxhlet (determinación del extracto etéreo)
- Matraces Erlenmeyer de 500 ml y 1000 ml
- Balanza analítica
- Mufla (determinación de cenizas)
- Reactivos: hidróxido de sodio 1,25 %, ácido sulfúrico al 1,25 %, alcohol amílico, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico 0,05 %, ácido bórico 4 %.

Otros materiales

- Cuaderno de apuntes, guardapolvo, lapiceros, mascarilla, guantes quirúrgicos.

3.6.2. Material biológico

Material biológico (huevos de *Hermetia illucens*), adquirido de la empresa BFS Logistic del distrito Lurín – Lima, originarias de Colombia.

3.6.3. Sustratos

Residuos vegetales: 20,1 kg residuos de juguería recolectados por un tiempo de tres días seguidos del mercado Carlos F Vivanco previo diálogo con las representantes de cada puesto de juguería, a las que se les dio un balde de capacidad 12 litros para el almacenamiento y segregación de los residuos generados por día.

Tabla 7

Componentes de los residuos vegetales

Composición de residuos vegetales	Cantidad (g)	%
Bagazo de extracto de betarraga	2300	11
Bagazo de extracto de naranja	800	4
Bagazo de extracto de jugos verdes	3300	16
Bagazo de extracto de zanahoria	6800	34
Bagazo de extractos surtido (hojas verdes)	3300	16
Bagazo de extracto de piña	2800	14
Cáscaras de frutas	800	4
Total	20100	100%

Lactosuero: 4 litros del primer desuerado de la elaboración de quesos tipo fresco pasteurizado de la marca Milquino, adquirido de la empresa GUTISAN S.A.C.

Afrecho: 7 kg de afrecho de cebada, adquirido del mercado local.

Alimento balanceado: 1 kg alimento de engorde para pollos criollos, de la marca MOLISOL.

Agua: agua potable de la red pública.

3.6.4. Larvero

Larvero exclusivo de 12 m², figura 6, habilitado en los ambientes de la facultad de Ciencias Biología, el proceso de construcción se detalla en el anexo 1.

Figura 6

Vista externa del larvero.

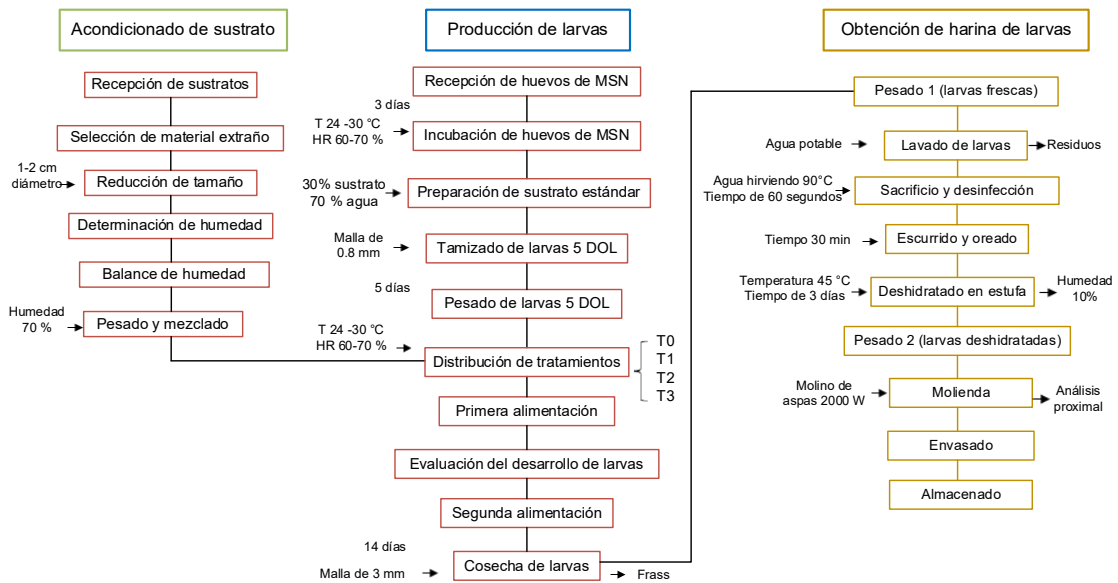


3.7. METODOLOGÍA

Para el logro de los objetivos propuestos en la investigación, se adoptó la metodología descrita en la figura 7.

Figura 7

Diagrama de flujo seguida para el desarrollo de la investigación.



3.7.1. Evaluación del desarrollo de las larvas de *Hermetia illucens*

3.7.1.1. Preparación de sustrato estándar para larvas neonatos

El sustrato utilizado fue una mezcla nutritiva compuesta por un 30 % de alimento seco (50 % harina de soya, 30 % harina de maíz y 20 % harina de arroz) y un 70 % de agua, esta mezcla se colocó en un recipiente de 20 × 15 × 4 cm, sobre el cual se ubicaron los huevos distribuidos en una malla.

3.7.1.2. Obtención de larvas neonatos a partir de huevos de *H. illucens*

Se acondicionó un espacio tipo incubadora como se muestra en la figura 8 para la eclosión de 5 g de huevos de *Hermetia illucens*, las condiciones ambientales fueron monitoreadas con un termohigrómetro, registrándose temperaturas entre 22 y 27 °C y una humedad relativa entre 50 y 60 %.

Figura 8

*Montaje para la eclosión de huevos de *Hermetia illucens*.*



3.7.1.3. Monitoreo de neonatos hasta la obtención de larvas 5 DOL

Se realizó el seguimiento de la eclosión de los huevos durante los tres primeros días, y en los posteriores días del crecimiento de las larvas, hasta alcanzar los cinco días de edad (5 DOL). Finalizado este periodo, las larvas fueron separadas del sustrato utilizando un tamiz de 0,8 mm, y se procedió con el conteo por triplicado. Resultando un promedio de 606 larvas de 5 DOL en 1 gramo de biomasa larval.

Figura 9

Limpieza del frass y conteo de larvas 5 DOL.



3.7.2. Pruebas preliminares de alimentación de larvas de *Hermetia illucens*

Se utilizaron 3,3 gramos de larvas de *Hermetia illucens* de cinco días de edad (5 DOL), equivalentes aproximadamente a 2000 larvas, los cuales fueron alimentados con 1000 gramos de sustrato con diferentes proporciones de residuos. Los sustratos, con diferentes mezclas y niveles de humedad, fueron colocados en tinas de polietileno de 30 × 30 × 14 cm.

Por medio esta prueba, se detectó que las larvas huían de los sustratos con mayor humedad, observándose el rechazo, esta respuesta permitió identificar la sensibilidad de las larvas al contenido de humedad. De acuerdo a ello se seleccionaron los sustratos más aceptados para las pruebas definitivas.

3.7.2.1. Acondicionado de sustrato

Recepción de los residuos vegetales

Los residuos vegetales estuvieron conformados por los residuos de los puestos de juguería recolectados, los cuales pasaron por un proceso de selección de materiales extraños, posteriormente por una reducción de tamaño de manera manual asegurando partículas de 1- 2 cm de diámetro.

Determinación de humedad vegetales

Una vez caracterizado los residuos se mezclaron, posteriormente se tomó al azar las muestras en dos repeticiones y, mediante el método de cuarteo se obtuvo una muestra representativa, esta muestra fue utilizada para determinar el contenido de humedad, empleando el método de secado en estufa a 105 °C durante 4 horas, hasta alcanzar un peso constante. Los registros obtenidos se presentan en el anexo 2. El cálculo del contenido de humedad se realizó aplicando la fórmula del método gravimétrico, según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(m_{\text{inicial}} - m_{\text{seco}})}{m_{\text{inicial}}} * 100$$

Donde:

- m inicial: masa (g) de la muestra
- m seco: masa (g) de la muestra pasado por estufa a temperatura ≥ 100 °C

Balance de humedad en los sustratos

Conocida la humedad de los residuos vegetales provenientes de los puestos de juguería, y considerando la humedad teórica del lactosuero y afrecho, se determinó las proporciones necesarias de los demás componentes para obtener un sustrato con una humedad final del 70 %, con el fin de garantizar las condiciones homogéneas de manejo y confiabilidad en la comparación de los tratamientos, el cual se detalla en el anexo 3.

Pesado y mezclado del sustrato

Teniendo el valor de los componentes se procedió a pesar cada uno de ellos para luego mezclarlo, las proporciones utilizadas en cada tratamiento se detallan en la tabla 8.

Tabla 8

Proporciones de componentes para una humedad final del 70 % en los sustratos

Sigla	Composición (%)	Composición (g)
T0	33 % alimento balanceado de pollo + 67 % agua	330:670
T1	75 % residuos vegetales + 25 % afrecho	750:250
T2	44 % residuos vegetales + 26 % afrecho y 30 % lactosuero	440:260:300
T3	65 % residuos vegetales + 25 % afrecho y 10 % lactosuero	650:250:100

3.7.2.2. Distribución de tratamientos

Se dispuso los sustratos para los 4 tratamientos en bandejas plásticas de 30 × 30 × 14 cm y se añadieron los 3,3 g de larvas de *Hermetia illucens* en estadio 5 DOL (equivalentes a 2000 larvas), posteriormente se cubrieron con mallas mosquiteras.

Todos los tratamientos fueron monitoreados a diario, durante la primera etapa de alimentación, se suministraron 1000 g de sustrato por bandeja. Transcurridos siete días, se proporcionaron los 1000 g restantes, completando una proporción total de 2000 g de sustrato por cada grupo de 2000 larvas. La altura del sustrato en las bandejas varió en promedio entre 4 y 6 cm.

Figura 10

Primera alimentación de larvas 5 DOL en sustratos.



Figura 11

Segunda alimentación de larvas juveniles.



3.7.2.3. Evaluación del peso y tamaño de larvas de *Hermetia illucens*

Los indicadores de desarrollo larval fueron evaluados desde el inicio de la alimentación con los sustratos experimentales (T0, T1, T2 y T3). Los registros se realizaron cada tres días, considerando variables de crecimiento como el peso y la longitud de las larvas, además se consideró el color característico de cada estadio. Las muestras fueron seleccionadas de manera aleatoria y el seguimiento se mantuvo hasta observar el cambio de color corporal que indica la transición a la etapa de prepupa.

Las condiciones ambientales se controlaron utilizando un termohigrómetro que permitió el monitoreo continuo de la temperatura y la humedad relativa (anexo 9). Se instalaron un calefactor y una hornilla para mantener la temperatura en un rango promedio de 25 a 30 °C. Asimismo, se colocaron bandejas con agua dentro del ambiente de cría, lo que permitió minimizar la pérdida de humedad y mantener una humedad relativa estable entre 40 y 50 %.

Figura 12

Condición ambiental y evaluación del desarrollo de larvas



Evaluación de peso (g): El control del peso se realizó utilizando una balanza de precisión, tomando una muestra de 25 larvas por tratamiento. Se determinó el peso promedio por unidad larval, y el procedimiento fue replicado tres veces para cada tratamiento a fin de asegurar la confiabilidad de los datos.

Evaluación de talla (cm): La longitud corporal de las larvas se midió con una regla de 100 mm, para cada tratamiento, se emplearon muestras representativas tomadas por triplicado, registrándose el valor promedio correspondiente.

3.7.3. Evaluación de la productividad de larvas de *Hermetia illucens*

La productividad de las larvas de *Hermetia illucens* se evaluó a partir de indicadores de desempeño, considerando el total de alimento suministrado (2000 g) y la cantidad total de larvas cosechadas por tratamiento.

Bioconversión (%): Se calculó empleando la siguiente ecuación:

$$PBC = \frac{W_2}{W_1} * 100$$

Donde:

- PBC: % de bioconversión
- W2: Peso final de las larvas (peso humedo de larvas)
- W1: Peso inicial del sustrato

Índice de conversión alimenticia (FCR): Se calculó mediante la siguiente expresión:

$$FCR = \frac{D}{L_f - L_i}$$

Donde:

- FCR: Índice de conversión alimenticia
- D: Peso del sustrato alimenticio (g)
- L_f: Peso final de larvas cosechadas (g)
- L_i: Peso inicial de larvas (g)

Reducción de sustrato (%): Se calculó empleando la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100$$

Donde:

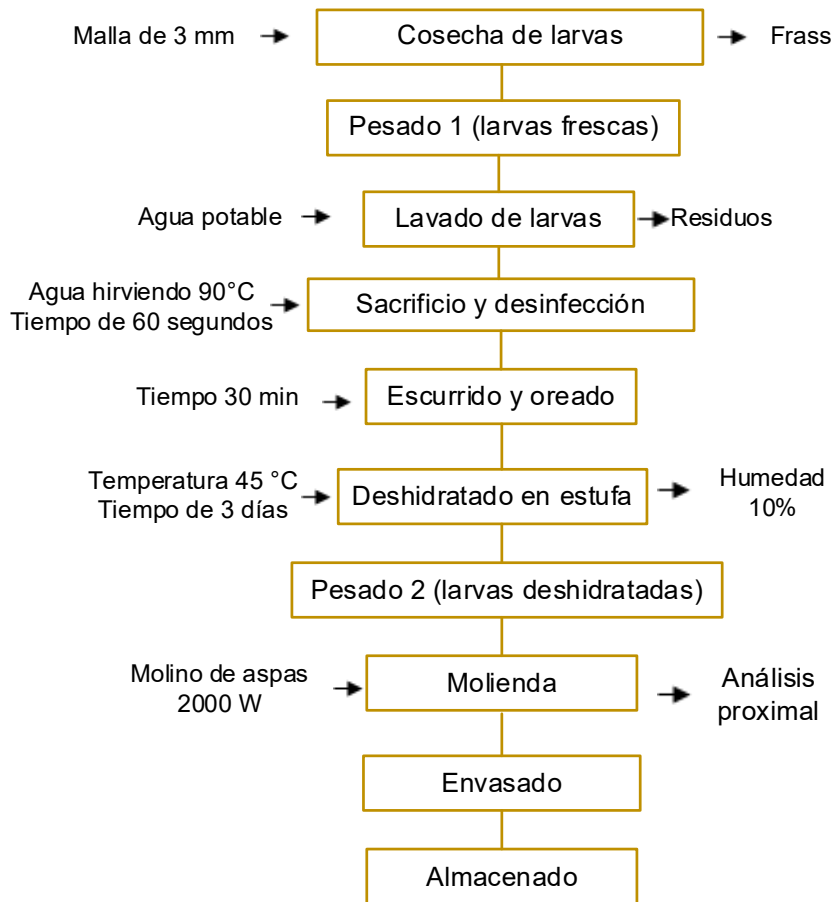
- PR: % de reducción de sustrato
- W1: Peso inicial del sustrato
- W2: Peso final del sustrato

3.7.4. Obtención de harina de larvas de *Hermetia illucens*

Para evaluar el rendimiento de la producción de harina, se trabajó con las muestras de larvas cosechadas, figura 13, el procedimiento se detalla en el anexo 6 y anexo 7, siguiendo las operaciones de postcosecha que comprendieron las siguientes etapas:

Figura 13

*Diagrama de flujo de obtención de harina larvas de *Hermetia illucens*.*



- **Cosecha de larvas:** La cosecha se realizó utilizando un tamiz de 3 mm para separar las larvas del estiércol (frass).
- **Pesado 1 (larvas frescas):** Posteriormente, las larvas sin residuos de frass fueron pesadas para registrar la biomasa larval final obtenida.
- **Lavado:** Las larvas pesadas se lavaron con agua potable, sumergiéndolas durante unos 5 minutos para eliminar residuos adheridos al cuerpo.
- **Sacrificio:** Las larvas limpias y escurridas se sumergieron en agua hirviendo durante 2 minutos, este tratamiento térmico facilitó su desinfección y detuvo su actividad metabólica.
- **Escurreo y oreo:** Luego del sacrificio, se retiraron las larvas del agua caliente y se realizó un segundo enjuague con agua corriente, posteriormente, se dejaron escurrir durante 30 minutos y se colocaron en bandejas de papel

aluminio, se secaron con papel absorbente y se dejó oreando previo a la deshidratación.

- **Deshidratado:** Las larvas ya oreadas se distribuyeron uniformemente en las bandejas de aluminio y se colocaron en una estufa deshidratadora a 45 °C durante tres días, removiendo a fin de asegurar un deshidratado homogéneo.
- **Pesado 2 (larvas deshidratadas):** Se registraron los pesos hasta alcanzar una humedad final aproximada del 10 %, considerándose un peso constante.
- **Molienda:** Las larvas deshidratadas fueron molidas en un molino de aspas de 2000 W hasta obtener una harina homogénea, finalmente la harina obtenida fue pesada para determinar el rendimiento total por tratamiento.
- **Envasado:** La harina de larvas se envasaron en frascos herméticos de polietileno para su posterior análisis nutricional.

Rendimiento de la harina (%): Se determinó empleando la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de la harina obtenida (g)}}{\text{Peso de la materia prima (g)}} * 100$$

3.7.5. Análisis proximal

Para determinación de la composición nutricional de la harina de larvas de *Hermetia illucens*, se empleó una muestra representativa obtenida a partir de la mezcla de las repeticiones correspondientes a cada tratamiento (20 g). Se realizaron los análisis en el Laboratorio de Nutrición Animal del Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga siguiendo los métodos establecidos por la AOAC (1984), el cual se detalla en el anexo 8. Los parámetros evaluados incluyeron:

- **Humedad:** Se determinó por el método de secado en estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante, posteriormente se cuantificó el contenido de agua en la muestra y por diferencia el contenido de materia seca.
- **Ceniza:** Se obtuvo a través de la incineración de la muestra en una mufla a 550 °C hasta peso constante, resultando el contenido total de minerales.
- **Extracto etéreo (grasa cruda):** Se determinó mediante el método de Soxhlet, utilizando solvente orgánico para la extracción de la fracción lipídica.
- **Fibra cruda o fibra bruta:** Se determinó por digestión ácida con ácido sulfúrico diluido, seguida de digestión alcalina con hidróxido de sodio diluido, representando la fracción indigerible y quitinoso.

- **Proteína cruda o proteína bruta:** Se aplicó el método de Kjeldahl, que consiste en la digestión, destilación y titulación del nitrógeno total, el valor obtenido se multiplicó por el factor 6,25 para estimar el contenido de proteína bruta.
- **Extracto libre de nitrógeno (ELN):** Se calculó por diferencia, restando de 100 % el contenido de ceniza, fibra cruda, extracto etéreo y proteína total, estos valores expresados en materia seca.
- **Energía metabolizable (Mcal/Kg):** Se estimó a partir de los resultados del análisis proximal.

3.7.6. Análisis estadístico

La presente investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), conformado por tres tratamientos experimentales y un tratamiento control, cada uno con tres repeticiones, obteniendo un total de doce unidades experimentales, se evaluaron variables asociadas con el desarrollo de las larvas (peso y tamaño final), productividad (bioconversión (%), índice de conversión alimenticia (FCR), reducción del sustrato (%) y rendimiento de la harina (%)).

El análisis estadístico se basó en el siguiente modelo lineal general:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Donde:

- Y_{ij} = Observación del i-ésimo tratamiento en j-ésima repetición.
- μ = Media general
- t_i = Efecto del i-ésimo tratamiento
- e_{ij} = Error experimental

Para el procesamiento de los datos se aplicaron pruebas de normalidad y un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, utilizando el software Minitab. Posteriormente, las diferencias entre medias se determinaron mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p \leq 0,05$).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. DESARROLLO DE LARVAS DE *Hermetia illucens*

4.1.1. Peso (g)

El registro inicial de peso se realizó al día 9 posterior a la oviposición, considerando un tiempo de 3 días para la eclosión de los huevos y 5 días de desarrollo como larvas neonatas, de acuerdo con Dortmans et al. (2021), el peso de las larvas varía en función a las condiciones ambientales y al tipo de sustrato alimenticio, transcurrido cinco días de alimentación con sustrato estándar, las larvas fueron separadas del frass y se procedió al pesado de una muestra de 3,3 g para cada tratamiento, tabla 9, a partir de este punto, se registraron los pesos correspondientes a cada estadio larval en los siguientes días: día 9 (larva I), día 12 (larva II), día 14 (larva III), día 17 (larva IV), día 20 (larva IV), día 22 (larva V), la evolución del desarrollo larval se presenta en la tabla 9 y la figura 14.

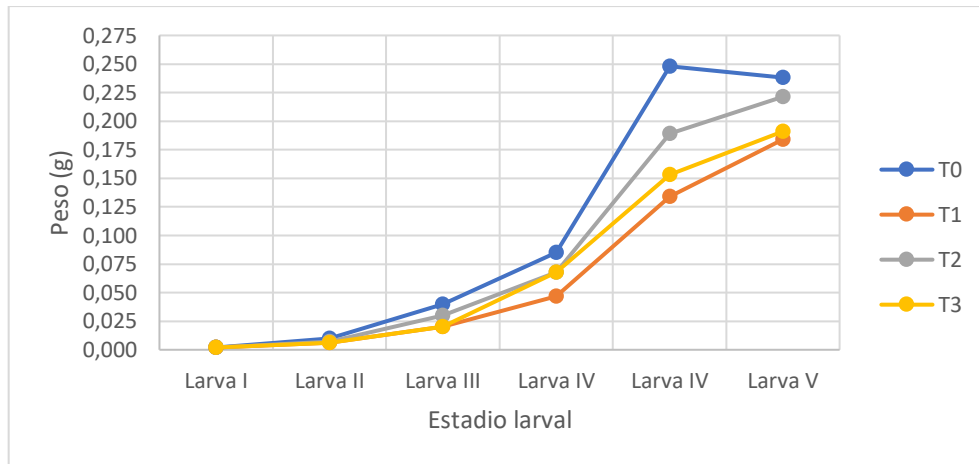
Tabla 9

Registro de ganancia de peso (g) según estadio larval

Estadio larval	T0	T1	T2	T3
Larva I	0,002	0,002	0,002	0,002
Larva II	0,010	0,006	0,007	0,006
Larva III	0,040	0,020	0,030	0,020
Larva IV	0,085	0,047	0,068	0,068
Larva IV	0,248	0,134	0,189	0,153
Larva V	0,238	0,184	0,221	0,191

Figura 14

*Ganancia de peso (g) de larvas de *Hermetia illucens* según estadio larval.*



El tratamiento T0 empleado como testigo mostró una ganancia de peso mayor debido a que se trabajó con alimento balanceado para pollos de engorde de la marca Molisol, cuya ficha técnica menciona un contenido nutricional de 17 % proteína hecha a base de torta de soya, harina integral de soya, maíz amarillo, aceite de palma, fosfato dicálcico, aminoácidos, vitaminas y minerales.

El último peso se registró en la cosecha de larvas al día 22 en un estadio larva V, esto debido a que en el control se registró un peso mayor al día 20 y al día 22 disminuyó, esto fue un indicador de desarrollo puesto que según Dortmans et al. (2021) las larvas llegan a un peso máximo posterior a ello disminuyen de peso ya que las larvas van desarrollando quitina para la formación de la prepupa y pupa.

Para el análisis de varianza se consideró el peso final ganado de los tratamientos experimentales T1, T2, T3, mas no el T0 debido a que no fue objetivo de la presente investigación comparar el tratamiento control con los tratamientos objeto de estudio, Previamente se verificó la distribución normal de los datos mediante la gráfica de probabilidad (Anderson-Darling).

4.1.1.1. Análisis estadístico del peso final de las larvas

Tabla 10

Análisis de varianza del peso final de las larvas

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Ajust.	Medias Cuadráticas Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,002363	0,001181	158,70	0,000
Error	6	0,000045	0,000007		
Total	8	0,002408			

Realizando el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 % como se muestra en la tabla 10 el valor de p calculado es menor al nivel de significancia 0,05, el cual indica que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de los valores de la ganancia de peso, por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, concluyendo de que la alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero influyen significativamente en la ganancia de peso.

Debido a que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de los valores de los pesos finales se realizó el análisis post hoc (Tukey).

Tabla 11

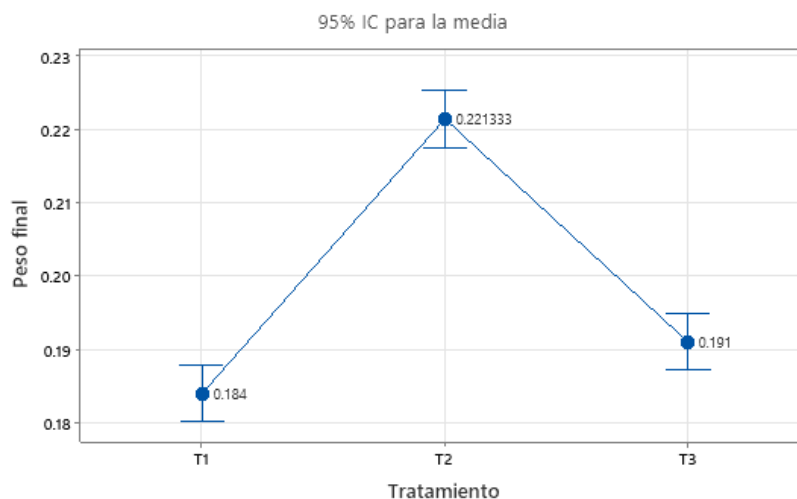
Tabla de comparaciones múltiples Tukey para el peso final

Tratamiento	N	Media	Desviación Estándar	Agrupación
T2	3	0,221333	0,001528	A
T3	3	0,19100	0,00265	B
T1	3	0,18400	0,00361	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 15

Gráfica de intervalos de peso final vs tratamiento.



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

En la figura 15, correspondiente a los intervalos de confianza del peso final de las larvas según tratamiento, se observó que el tratamiento T2 presenta un efecto significativamente superior sobre el peso final de las larvas en comparación con los tratamientos T1 y T3. A los 14 días de alimentación con los sustratos planteados, las larvas del tratamiento T2 alcanzaron una media de peso de 0,221 g, mientras que las

del tratamiento T3 y T1 obtuvieron 0,191 g y 0,184 g, respectivamente. Esta diferencia se encuentra respaldada por los intervalos de confianza no superpuestos, lo que indica una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados.

Los valores obtenidos en el presente estudio son consistentes con investigaciones previas; el tratamiento T2, cuyo sustrato estuvo conformado por un 44 % residuos vegetales, 26 % afrecho y 30 % lactosuero, alcanzó un peso final de 0,221 g, este valor es ligeramente inferior al reportado por Salas (2019), quien obtuvo un peso final de 0,26 g utilizando un sustrato compuesto por 40 % afrecho y 60 % suero, lo que podría atribuirse a la mayor proporción de afrecho y suero en su formulación, asimismo es similar a lo reportado por Rodríguez (2021), quien obtuvo un peso final de 0,255 g tras 24 días de ser alimentados en residuos de comedor Doris Stone, un sustrato con alto contenido energético y de una composición múltiple.

No obstante, el tratamiento T2 mostró un rendimiento superior al registrado por Cayra (2023), quien obtuvo un peso final de 0,156 g con una alimentación a base de 77 % brácteas de alcachofa y 23 % lactosuero, y de 0,134 g con una alimentación a base de mezcla de frutas, atribuido a la baja disponibilidad de nutrientes en los sustratos empleados. Por su parte, el tratamiento T3 presentó un valor similar al reportado por Acosta & Guzmán (2022), quienes alcanzaron un peso de $0,19 \pm 0,030$ utilizando una mezcla de 25% residuos frescos, 66% residuos cocidos, 9% césped y poda.

Estos resultados refuerzan la importancia de la composición del sustrato en el desarrollo larval, destacando que mezclas balanceadas con residuos orgánicos ricos en nutrientes como en el caso del T2 pueden favorecer una mayor ganancia de peso.

4.1.2. Tamaño (cm)

Se registraron de manera simultánea el tamaño y el peso de las larvas, cuya evolución se presenta en la tabla 12 y se ilustra en la figura 16.

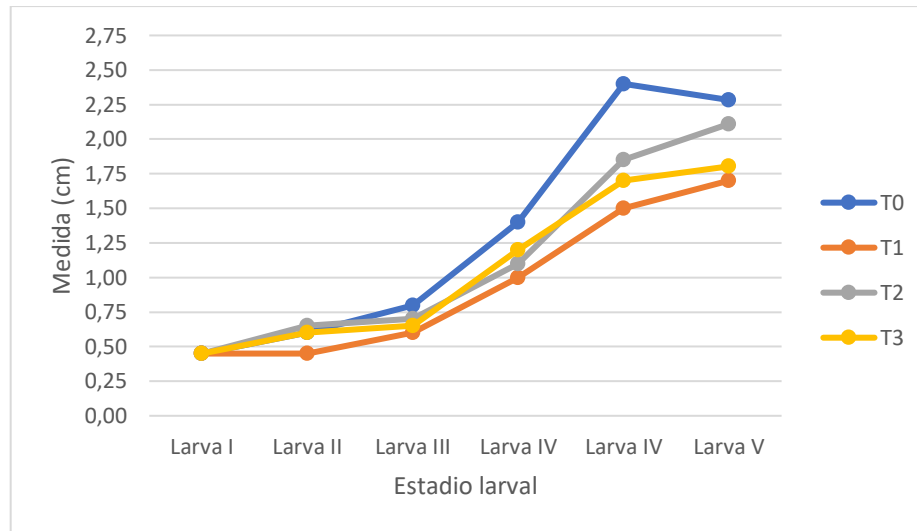
Tabla 12

Comparación de talla (cm) según estadio larval

Estadio larval	T0	T1	T2	T3
Larva I	0,45	0,45	0,45	0,45
Larva II	0,60	0,45	0,65	0,60
Larva III	0,80	0,60	0,70	0,65
Larva IV	1,40	1,00	1,10	1,20
Larva V	2,40	1,50	1,85	1,70
Larva V	2,28	1,70	2,11	1,80

Figura 16

*Evolución de tamaño de larvas de *Hermetia illucens* según estadio larval.*



Para el análisis de varianza se consideró la talla final de los tratamientos experimentales T1, T2 y T3, previamente se verificó la distribución normal de los datos mediante la gráfica de probabilidad.

4.1.2.1. Análisis estadístico del tamaño final

Tabla 13

Análisis de varianza del tamaño final (cm) de las larvas

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	0,272822	0,136411	1227,70	0,000
Error	6	0,000667	0,000111		
Total	8	0,273489			

Realizando el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 % como se muestra en la tabla 13 el valor de $p \leq 0,05$, por lo que indica que estadísticamente existe diferencia significativa en la media de los valores de la talla final, por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, concluyendo de que la alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero influyen significativamente en la talla final de las larvas.

Debido a que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de los valores de la talla final se realizó el análisis post hoc (Tukey).

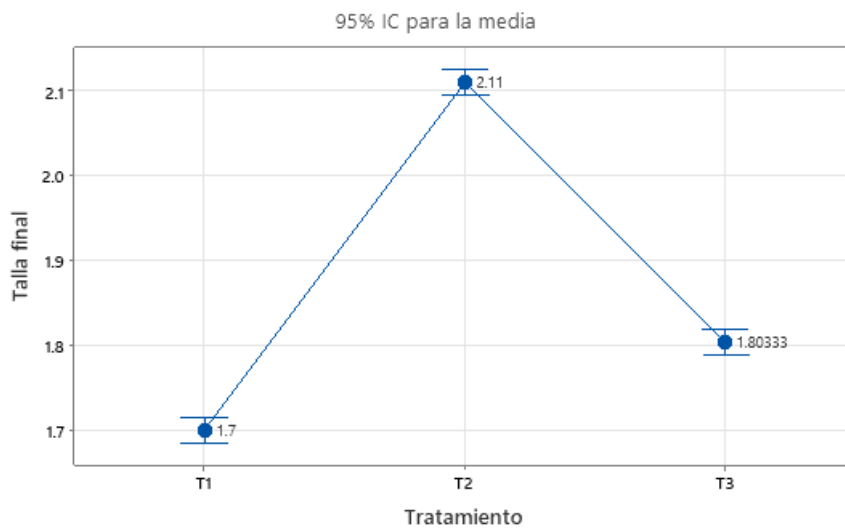
Tabla 14

Tabla de comparaciones múltiples Tukey para el tamaño final

Tratamiento	N	Media	Desviación Estándar	Agrupación
T2	3	2,11000	0,01000	A
T3	3	1,80333	0,01155	B
T1	3	1,70000	0,01000	C

Figura 17

Grafica de intervalos de talla final vs tratamiento.



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

En la figura 17, se observa que el tratamiento T2 presentó un efecto significativamente superior sobre la talla final de las larvas en comparación con los otros tratamientos T3 y T1, al día 14 de la evaluación, las larvas alimentadas con el sustrato correspondiente al T2 alcanzaron una longitud promedio de 2,11 cm, superando a las del tratamiento T3 (1,80 cm) y T1 (1,70 cm), evidenciando que la composición del sustrato T2 favoreció un mayor desarrollo morfológico larval.

Los resultados obtenidos en cuanto a la talla final de las larvas muestran consistencia con los antecedentes, destacando la eficacia del tratamiento T2, cuyo sustrato estuvo compuesto por 44 % residuos vegetales, 26 % afrecho y 30 % lactosuero, este sustrato permitió alcanzar una talla promedio de 2,11 cm, valor comparable al registrado por Salas (2019) quien obtuvo una talla final de 2,13 cm empleando una dieta a base de 40 % afrecho y 60 % suero; asimismo aunque ligeramente menor, este valor se acerca al reportado por Rodríguez (2021) quien obtuvo una talla final de 2,28 cm a los 23 días de crecimiento alimentados en residuos del comedor Doris Stone, un sustrato variado.

Por otro lado, tratamiento T2 fue superior a lo reportado por Cayra (2023), quien obtuvo tallas de 1,628 cm con una alimentación a base de 77 % brácteas de alcachofa con 23 % lactosuero y 1,227 cm en mezcla de frutas, estos valores son similares al tratamiento T1 donde el sustrato fue (75 % residuos vegetales con 25 % afrecho), lo que sugiere que la inclusión de lactosuero aporta proteínas de alta digestibilidad y minerales, mientras que el afrecho mejora la textura del sustrato mostrando significativamente el crecimiento larval. En cuanto al tratamiento T3, su desempeño fue cercano al reportado por Acosta & Guzmán (2022) quienes registraron un tamaño promedio de $1,92 \pm 0,137$ utilizando un sustrato compuesto por 25 % residuos frescos, 66 % residuos cocidos, 9 % césped y poda.

4.2. EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD

4.2.1. Bioconversión (%)

Los valores de bioconversión se calcularon en función a la biomasa final de cada tratamiento el cual se detalla en la tabla 15 y al peso del sustrato total empleado (2000 g).

Tabla 15

Peso total (g) de larvas cosechada al final de tratamiento

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
T0	414	415	416
T1	321	324	325
T2	395	397	396
T3	338	339	336

Empleando la ecuación de la bioconversión se registró los siguientes valores:

Tabla 16

Valores de bioconversión (%) para cada tratamiento

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
T0	20,70	20,75	20,80
T1	16,05	16,20	16,25
T2	19,75	19,85	19,80
T3	16,90	16,95	16,80

Para el análisis de varianza se consideró los tratamientos experimentales T1, T2 y T3, previamente se verificó la distribución normal de los datos mediante la gráfica de probabilidad.

4.2.1.1. Análisis de varianza de la bioconversión

Tabla 17

Análisis de varianza para la bioconversión (%)

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	22,2217	11,1108	1739,09	0,000
Error	6	0,0383	0,0064		
Total	8	22,2600			

Realizando el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 %, como se muestra en la tabla 17, resulta el valor de $p \leq 0,05$, el cual indica que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de los valores de la bioconversión, por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, concluyendo que la alimentación con residuos vegetales y lactosuero influyen significativamente en la bioconversión. Debido a que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de los valores de la bioconversión se realizó el análisis post hoc (Tukey).

Tabla 18

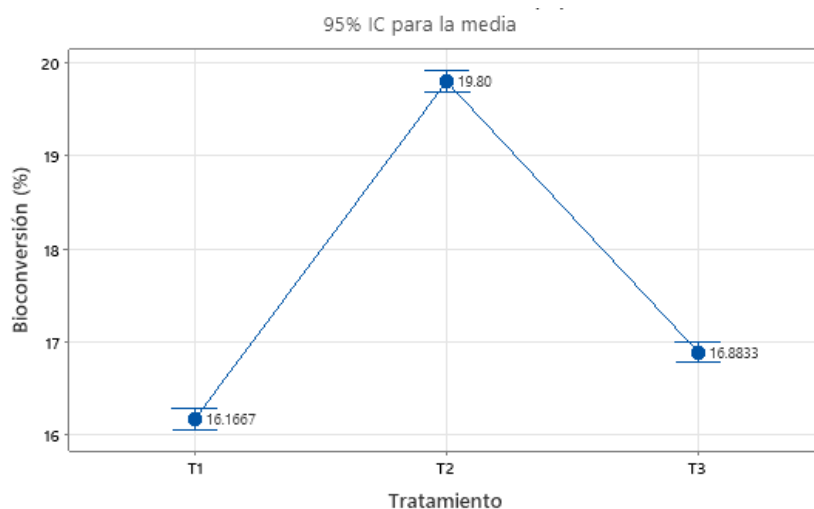
Tabla de comparaciones múltiples Tukey para la bioconversión (%)

Tratamiento	N	Media	Desviación Estándar	Agrupación
T2	3	19,8000	0,0500	A
T3	3	16,8833	0,0764	B
T1	3	16,1667	0,1041	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 18

Grafica de intervalos de la bioconversión (%) vs tratamiento



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

En la figura 18, se observa que el tratamiento T2 presentó el mayor valor promedio de bioconversión, con 19,80 %, seguido por el tratamiento T3 con 16,88 %, y finalmente el tratamiento T1 con 16,17 %, estos resultados validados mediante la prueba de comparación múltiple de Tukey, indican que en el tratamiento T2 se logró una bioconversión significativamente superior, mostrando mayor eficiencia en el aprovechamiento del sustrato por parte de las larvas de *Hermetia illucens*.

Los valores obtenidos en la investigación se encuentran dentro del rango reportado en estudios previos, Dortmans et al. (2021), señala que el valor de la bioconversión varía de 10 a 20 %. En particular el tratamiento T2, cuyo sustrato consistió en una mezcla de 44 % residuos vegetales, 26 % afrecho y 30 % lactosuero, alcanzó una bioconversión de 19,80 %, este resultado es comparable a lo reportado por Broeckx et al. (2021), quienes obtuvieron valores de 20,71 % \pm 2,71 empleando como sustrato residuos alimentarios industriales, asimismo los autores indicaron valores de 15,61 % \pm 2,24 al usar harina de maíz y 9,32 % \pm 0,56 con puré de frutas, valores cercanos a las obtenidas en los tratamientos T3 y T1, respectivamente. Ello reafirma que la combinación de residuos vegetales de frutas, afrecho de cebada y el lactosuero proporcionan una fuente nutricional favorable para la bioconversión.

Por su parte el tratamiento T3 mostró valores cercanos a los obtenidos por Rodríguez (2021), quien determinó una bioconversión de 15,71 % \pm 0,00 utilizando residuos del comedor Doris Stone. En contraste Acosta & Guzmán (2022) reportaron un valor mayor de 32,02 % \pm 1,67 al emplear una mezcla de residuos frescos, cocidos y cárnicos; esta diferencia se atribuye al sustrato empleado y al cálculo en base seca, que tiende a elevar el porcentaje calculado.

4.2.2. Índice de conversión alimenticia (FCR)

Se determinaron los valores del FCR considerando la cantidad total de alimento suministrado a las larvas de 2000 g por tratamiento y el peso fresco de las larvas cosechadas.

Tabla 19

Valores del FCR calculado

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
T0	4,87	4,86	4,85
T1	6,30	6,24	6,22
T2	5,11	5,08	5,09
T3	5,98	5,96	6,01

El análisis de varianza se realizó a los tratamientos experimentales T1, T2 y T3, previamente se verificó la distribución normal de los datos mediante la gráfica de probabilidad.

4.2.2.1. Análisis de varianza del FCR

Tabla 20

Análisis de varianza para FCR

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	2,19900	1,09950	1279,07	0,000
Error	6	0,00516	0,00086		
Total	8	2,20416			

Luego de realizar el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 % como se muestra en la tabla 20 el valor de $p \leq 0,05$, por lo que indica que estadísticamente existe una diferencia significativa de los valores de índice de conversión alimenticia por ello se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, concluyendo de que la alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero influyen significativamente en el FCR.

Debido a que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de los valores del FCR se realizó el análisis post hoc (Tukey).

Tabla 21

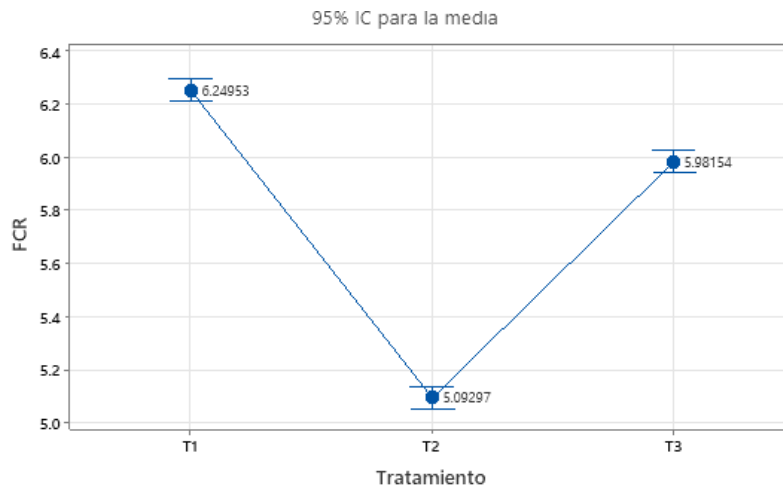
Tabla de comparaciones múltiples Tukey para FCR

Tratamiento	N	Media	Desviación Estándar	Agrupación
T1	3	6,2495	0,0408	A
T3	3	5,9815	0,0274	B
T2	3	5,09297	0,01297	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 19

Grafica de intervalos de FCR vs tratamiento.



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

En la figura 19, del gráfico intervalos correspondiente al índice de conversión alimenticia, se observa que el tratamiento T1 muestra un valor de 6,9495, seguido por el tratamiento T3 con 5,9815, mientras que el tratamiento T2 registra el promedio más bajo de 5,09297, estos resultados indican que el tratamiento T2 fue el más eficiente en términos de conversión, al requerir menor cantidad de sustrato para generar una unidad de biomasa larval, en comparación con los otros tratamientos evaluados.

Los valores del índice de conversión alimenticia obtenidos en la presente investigación fueron valores mayores a los reportados por Broeckx et al. (2021), quienes registraron un valor de $1,58 \pm 0,19$ con residuos alimentarios industriales, y $3,19 \pm 0,32$ cuando se empleó puré de frutas como sustrato. Sin embargo, el tratamiento T2 presentó un valor menor al observado en el uso de desperdicios de alimentos domésticos ($6,32 \pm 2,44$) y pulpa de manzana ($8,90 \pm 0,19$), según el mismo estudio; es importante señalar que en dicho trabajo los cálculos fueron realizados en función de la cantidad de sustrato seco necesario para producir biomasa fresca, lo que explica las diferencias.

Por su parte Gligorescu et al. (2020) reportaron valores de 1,7 – 3,6 utilizando un sustrato estandarizado de biopulpa triturado, fermentada y corregida en humedad con alimento para pollos, con resultados expresados en base seca, esta metodología también difiere de la presente investigación, donde los cálculos se realizaron considerando el peso húmedo del sustrato.

4.2.3. Reducción del sustrato (%)

Los valores registrados del frass o residuos de las larvas son del día de la cosecha, cabe mencionar que este residuo aún contaba con una humedad siendo en promedio para el T0 (47 %), el T1 (72 %), T2 (74 %) y T3 (71 %), los cálculos de reducción de residuos fueron realizados con los valores del frass sin deshidratar.

Tabla 22

Registro del frass (g) o residuos obtenidos tras la cosecha de larvas

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
T0	823	831	827
T1	762	770	766
T2	745	752	748
T3	749	755	752

Tabla 23

Cálculo de reducción de sustrato (%)

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
T0	58,85	58,45	58,65
T1	61,90	61,50	61,70
T2	62,75	62,40	62,60
T3	62,55	62,25	62,40

4.2.3.1. Análisis de varianza de reducción de sustrato

El análisis de varianza se realizó para los tratamientos T1, T2 y T3, corroborando que los datos tienen una distribución normal mediante la gráfica de probabilidad.

Tabla 24

Análisis de varianza para reducción de sustrato (%)

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	1,304	0,652	20,96	0,002
Error	6	0,187	0,031		
Total	8	1,491			

Realizando el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 % como se muestra en la tabla 24 el valor de p calculado es menor al nivel de significancia 0,05, el cual indica que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de los valores del porcentaje de reducción de sustrato, por ello aceptamos la hipótesis alterna, de que

la alimentación de las larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero influye significativamente la reducción de sustrato.

Conociendo que estadísticamente existe diferencia significativa entre la media de los valores del % de reducción de sustrato realizamos el análisis post hoc (Tukey).

Tabla 25

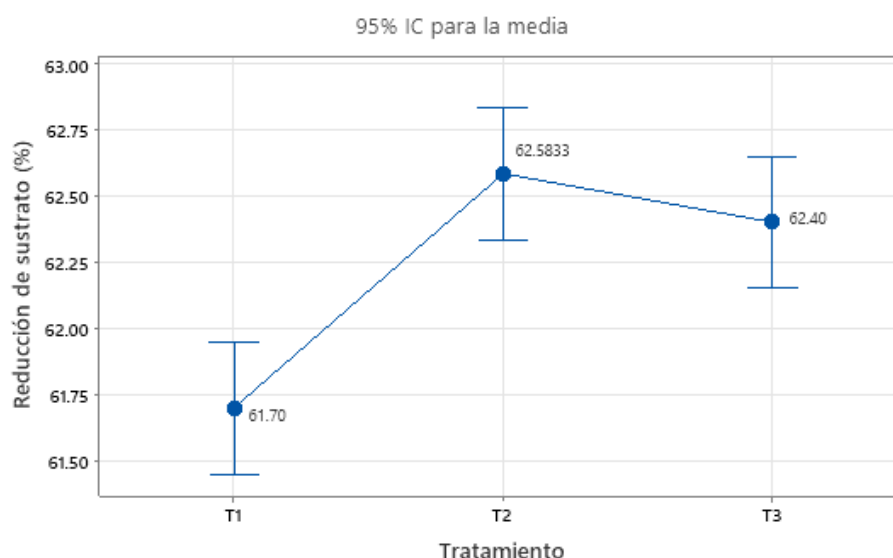
Tabla de comparaciones múltiples Tukey para reducción de sustrato (%)

Tratamiento	N	Media	Desviación Estándar	Agrupación
T2	3	62,583	0,176	A
T3	3	62,400	0,150	A
T1	3	61,700	0,200	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Figura 20

Grafica de intervalos de reducción de sustrato (%) vs tratamiento.



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

Según los resultados presentados en la tabla 25, el tratamiento T2 alcanzó el mayor porcentaje de reducción de sustrato con un valor de 62,583 %, seguido muy cerca por el tratamiento T3 con 62,383 %; dado que ambos tratamientos presentan intervalos de confianza que se superponen, la prueba de comparación múltiple de Tukey los agrupa en una misma categoría, lo que indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Por otro lado, el tratamiento T1 registró la menor reducción de sustrato con 61,683 %, mostrando una diferencia significativa respecto a los tratamientos T2 y T3; estos resultados se visualizan más clara y didáctica en la figura 20, mediante la gráfica de intervalos.

Los valores obtenidos en los tratamientos T2 y T3 superan a los valores reportados en estudios previos, evidenciando una mayor eficiencia en la reducción del sustrato, este comportamiento puede atribuirse tanto al sustrato que se proporcionó a una humedad óptima de 70% y a la incorporación de lactosuero en la dieta larval, ya que este subproducto es rico en nutrientes solubles y de alto valor biológico como refiere Hanna Instruments (2021), lo cual favorecen la actividad microbiana y enzimática durante el proceso de biodegradación. En el estudio de Broeckx et al. (2021), se evaluaron una variedad de sustratos orgánicos, obteniendo reducciones que variaron entre 17,0 % ± 7,5 en pulpa de manzana, un valor de 39,3 % ± 5,3 en puré de frutas y una reducción de 58,9 % ± 4,8 en residuos alimentarios industriales. Por otro lado Rodríguez (2021) alcanzó un porcentaje de reducción significativamente alto (82,86 % ± 0,48) en residuos del comedor Doris Stone, aunque en este caso influyeron factores como el contenido nutricional del sustrato, la densidad larval y el tiempo de alimentación (21 días) los cuales favorecieron para la degradación del sustrato.

4.2.4. Rendimiento de la harina (%)

El rendimiento fue calculado en función a la harina obtenida por cada tratamiento, como se detalla en la tabla 26.

Tabla 26

Registro de larvas deshidratadas (g) y harina de larvas (g)

Repetición	T0		T1		T2		T3	
	m larva seca (g)	m harina (g)	m larva seca (g)	m harina (g)	m larva seca (g)	m harina (g)	m larva seca (g)	m harina (g)
R 1	120,00	119,83	96,20	95,84	119,18	118,98	102,15	101,82
R 2	124,08	123,85	95,20	95,02	124,48	124,23	102,70	102,51
R 3	130,00	129,68	96,63	96,31	119,64	119,39	101,08	100,92

Tabla 27

Cálculo del rendimiento de la harina (%)

Repetición	T0	T1	T2	T3
R 1	28,94	29,86	30,12	30,12
R 2	29,84	29,33	31,29	30,24
R 3	31,17	29,63	30,15	30,04

4.2.4.1. Análisis de varianza del rendimiento de la harina

Se realizó el análisis de varianza para los tratamientos T1, T2 y T3, corroborando que los datos tienen una distribución normal mediante la gráfica de probabilidad.

Tabla 28

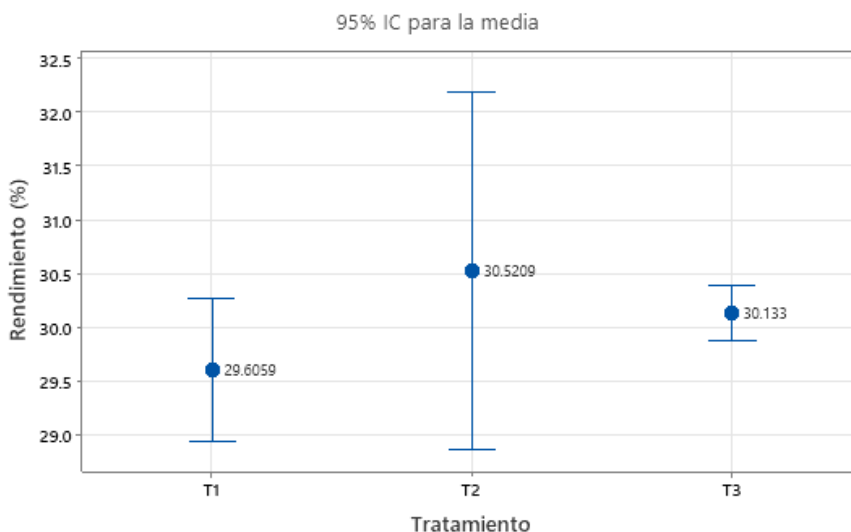
Análisis de varianza para rendimiento de harina (%)

Fuente de variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	2	1,266	0,6328	3,60	0,094
Error	6	1,055	0,1758		
Total	8	2,320			

En la tabla 28 se muestra que al realizar el análisis de varianza con un nivel de confianza del 95 % el valor de p calculado es mayor al nivel de significancia 0,05 determinándose que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en cuanto al rendimiento de harina obtenida, por lo que no se rechaza la hipótesis nula puesto que los tratamientos evaluados pueden considerarse equivalentes respecto a los indicadores medidos, bajo las condiciones del experimento.

Figura 21

Gráfica de intervalos de rendimiento de la harina (%).



Los resultados del rendimiento de harina mostrados en la figura 21, indican valores similares entre los tratamientos, con T2 alcanzando un valor de 30,52 %, seguido del T3 (30,13 %) y T1 (29,61 %), diferencias que de acuerdo a la tabla 28 son estadísticamente no significativas y atribuibles únicamente a variaciones de decimales, siendo para los tres tratamientos rendimientos positivos; esta similitud sugiere que independientemente de la composición específica de los sustratos evaluados, el rendimiento en harina es consistente cuando se emplea un protocolo estandarizado de post cosecha, en este proceso, las larvas fueron sometidas a deshidratación en estufa hasta alcanzar un peso

constante, lo que implicó una pérdida de aproximadamente el 70 % de humedad, valor concordante con lo señalado por Dortmans et al. (2021), quienes mencionan que la relación entre la masa seca y la masa fresca de las larvas cosechadas oscila entre el 25 % y el 35 % para un adecuado procesamiento de la harina.

4.3. ANÁLISIS PROXIMAL

Los resultados del análisis proximal realizado a la harina de larvas de *Hermetia illucens* obtenida de cada tratamiento se muestran en la tabla 29.

Tabla 29

Análisis proximal de la harina de larvas Hermetia illucens

Tratamientos	Humedad %	Materia Seca %	Ceniza %	Grasa %	Fibra %	Proteína %	ELN %	Energía Metabolizable Mcal/Kg
T0	7,00	93,00	7,77	34,42	4,82	35,34	11,46	3,75
T1	7,33	92,67	8,98	36,90	8,83	32,38	6,12	3,77
T2	7,40	92,60	5,16	38,93	7,71	35,44	5,79	4,00
T3	7,07	92,93	5,82	37,06	7,67	33,65	9,30	3,86

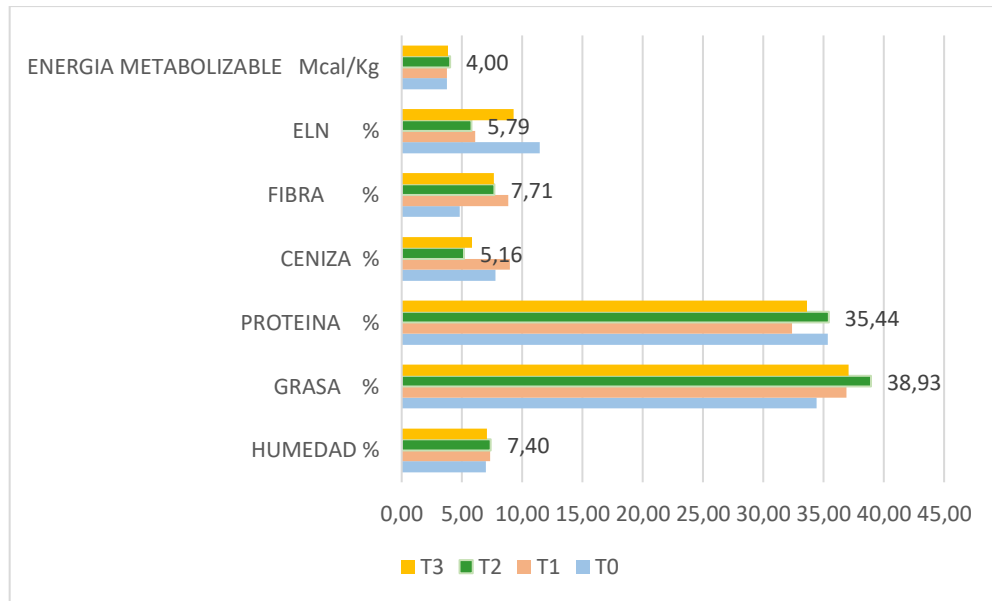
El T0 corresponde al tratamiento control, donde el sustrato fue 33 % de alimento balanceado para pollos mezclado con 67 % agua.

Una vez realizado el análisis proximal, se obtuvieron valores de humedad cercanos al 7 % para todos los tratamientos: T0 (7 %), T1 (7,33 %), T2 (7,07 %) y T3 (7,07 %), lo que traduce en un contenido de materia seca de 93 %, 92,67 %, 92,60 % y 92,93 %, respectivamente. Estos resultados se encuentran dentro el rango óptimo reportado en estudios previos, como el de Cayra (2023) quien reportó un contenido de materia seca de 95,30 % al emplear una mezcla de frutas como sustrato, y un valor de 93,90 % al utilizar una combinación de 77 % brácteas de alcachofa y 23 % lactosuero. Asimismo Acosta & Guzmán (2022) determinaron un contenido de 97,40 % de materia seca en harina de larvas alimentadas con residuos frescos (vegetales y frutas).

Es importante señalar que las discrepancias observadas entre los resultados de la presente investigación y los reportados en los antecedentes pueden estar relacionadas con las particularidades del proceso de obtención de la materia prima (harina de larvas de *Hermetia illucens*), así como con las diferencias en las condiciones experimentales y en los equipos utilizados en los análisis de laboratorio.

Figura 22

Gráfica de barras del análisis proximal de la harina de larvas de *H. illucens*.



Con respecto a los valores obtenidos de proteína y grasa en la harina de larvas como se muestra en la figura 22, todos los tratamientos se ubicaron dentro del intervalo señalado por Dortmans et al. (2021), quienes señalan que el contenido proteico en larvas deshidratadas de *Hermetia illucens* oscila entre 30 % y 40 %, y el contenido lipídico entre 20 % a 40 %. En contenido nutricional determinado en el tratamiento T2, presentó los valores más altos con 35,44 % de proteínas y 38,93 % de grasa, estos valores superaron a los obtenidos en los tratamientos T3 y T2, y se aproximan a los reportados por Acosta & Guzmán (2022), quienes determinaron un contenido de 43,2 % de proteínas y 34,6 % de grasa empleando residuos de frescos de vegetales y frutas. Por otro lado, los resultados también fueron comparables con los hallazgos de Cayra (2023), quien obtuvo 29,57 % de proteínas y 41,37 % de grasa al utilizar una mezcla de frutas, y un contenido de 40,09 % de proteína y 28,82 % de grasa en un sustrato compuesto por 77 % brácteas de alcachofa y 23 % lactosuero. Estas diferencias reflejan como la variabilidad en la composición y proporción de los sustratos influye directamente en la síntesis de biomoléculas por parte de las larvas.

En cuanto a los resultados obtenidos del contenido de ceniza y fibra cruda, presentados en la figura 22, se observó que el contenido de ceniza fue 7,77 % para el tratamiento T0, para T1 (8,98 %), T2 (5,16 %) y T3 (5,82 %), valores cercanos a los reportados por Cayra (2023), quien obtuvo 4,87 % de ceniza en un sustrato compuesto por mezcla de frutas y 12,37 % de ceniza con el sustrato compuesto por brácteas de alcachofa y

lactosuero. El contenido de fibra cruda para los tratamientos T0 (4,82 %), T1 (8,83 %), T2 (7,71 %) y T3 (7,67 %). El tratamiento T1 destacó por presentar los valores más altos tanto en ceniza como en fibra, tendencia podría atribuirse a la composición del sustrato utilizado, el cual estuvo compuesto por 75 % residuos vegetales con 25 % afrecho, ambos insumos ricos en minerales y fracciones no digeribles como la celulosa y hemicelulosa. Estos valores se aproximan a los reportados por Cayra (2023), quien obtuvo un valor de 8,17 % de fibra en sustrato compuesto por mezcla de frutas y un valor de 7,97 % en sustrato compuesto por 77 % brácteas de alcachofa y 23 % lactosuero.

Finalmente, la energía metabolizable osciló entre 3,75 y 4 Mcal/kg, destacando el tratamiento T2 como el tratamiento de mayor aporte energético esto debido al alto aporte de grasas y proteínas.

Los resultados evidencian que la elección del sustrato influye en la calidad nutricional de la harina obtenida. El aprovechamiento de residuos alimentarios, como los provenientes de jugos y la industria láctea, promueve prácticas sostenibles al valorizar insumos subutilizados y de alta disponibilidad. Esta tendencia se refleja en los tratamientos T2 y T3, los cuales presentan un equilibrio favorable entre contenido proteico, energético y de fibra, estos resultados posicionan a dichos tratamientos como una alternativa sostenible y eficiente para la producción de harinas funcionales de larvas *Hermetia illucens*, con potencial de aplicación como insumo en la elaboración de piensos.

CONCLUSIONES

1. La alimentación de larvas de *Hermetia illucens* con residuos vegetales y lactosuero influyeron de manera significativa en su desarrollo, tanto en el peso como en tamaño final, siendo el tratamiento T2 de mejor desempeño con una ganancia de peso promedio de 0,221 g y una talla de 2,11 cm.
2. Se evaluaron los indicadores de productividad en la obtención de harina concluyendo que el tratamiento T2 tuvo un desempeño superior con un rendimiento de la harina en 30,52 %, una bioconversión del 19,80 %, reducción del sustrato del 62,58 % y un índice de conversión alimenticia (FCR) de 5,09, superando significativamente al tratamiento control y al resto de tratamientos.
3. Se obtuvo harina de larvas de *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero con una composición nutricional apropiada, destacando el tratamiento T2 por su mayor contenido de proteína (35,44 %), grasa (38,93 %) y energía metabolizable (4,00 Mcal/kg), el cual puede ser usado como insumo de piensos.

RECOMENDACIONES

1. Efectuar ensayos empleando diferentes proporciones de residuos y subproductos agroindustriales como sustratos alternativos.
2. Formular piensos compuestos incorporando harina de larvas de *Hermetia illucens* y evaluar su digestibilidad en animales de granja.
3. Desarrollar un estudio de prefactibilidad orientado a la instalación de una planta piloto de valorización de residuos y subproductos agroindustriales para la producción de harina de larvas de *Hermetia illucens*, incorporando un análisis de rentabilidad.
4. Desarrollar estudios de posprocesamiento de la harina de larvas de *Hermetia illucens*, orientados a la obtención de fracciones lipídicas y proteicas concentradas, incorporando la caracterización del perfil de ácidos grasos y del aminograma, para la formulación de piensos de mayor valor nutricional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Hernández, M. C., & Guzmán Muñetón, V. (2022). *Evaluación del contenido proteico de las larvas de mosca soldado negro (Hermetia illucens sp.) durante el proceso de degradación de biorresiduos* [Proyecto integral de grado para optar por el título, Fundación Universidad de América Facultad de Ingenierías Programa de Ingeniería Química Bogotá D.C]. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9086/1/6181181-2022-2-IQ.pdf>
- Alvarez Calderón, D. (2017). *Aislamiento y caracterización de péptidos con actividad anti-Helicobacter pylori a partir de la hemolinfa de larvas de mosca* [Universidad peruana Cayetano Heredia]. https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/587/Aislamiento_AlvarezCalderon_Daniela.pdf;jsessionid=C1D39CC62F57A195CB227D1223772843?sequence=4
- Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Mejía Vélez, H. (2004). *Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad proteica de la harina de larvas de Hermetia illucens I (diptera:stratiomyiidae) en Angelópolis - Antioquia Colombia*. Revista Facultad Nacional de Agronomía (Medellín). <https://n9.cl/qcy6p>
- Bermúdez Serrano, I. M., & Sánchez Velázquez, O. A. (2023). Aprovechamiento integral de la Mosca Soldado Negra: Bioconversión, sostenibilidad y desafíos emergentes. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 571-590. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2023.047>
- Broeckx, L., Frooninckx, L., Slegers, L., Berrens, S., Noyens, I., Goossens, S., Verheyen, G., Wuyts, A., & Van Miert, S. (2021). Crecimiento de larvas de mosca soldado negra criadas en arroyos secundarios orgánicos [Growth of black soldier fly larvae reared on organic side streams]. *Sustainability (Switzerland)*, 13(23). <https://doi.org/10.3390/SU132312953>
- Cayra Valencia, K. O. (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* [Universidad Católica de Santa María].

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/af91f386-92f7-40d4-b744-d4306d2efa73/content>

Cerdán Quispesivana, G., & Jaquehua Tarqui, J. A. (2019). Obtención de harina de larvas de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens* L.) y su aplicación en galletas [Escuela Profesional de Ingeniería de Industria Alimentaria, Universidad Católica de Santa María]. En *Universidad Católica de Santa María*. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9703>

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

Chalermliamthong, S., Trail, P., Walle Robert, & Motis, T. (2023). *Producción de larvas de mosca soldado negra*. Notas Técnicas de ECHO No. 99. <https://www.echocommunity.org/es/resources/86a8212a-a048-41c6-ab31-536c111e75ac>

Cisneros Quispe, J. C. (2017). *Desarrollo de una bebida a partir de lactosuero y gel deshidratado de tuna (Opuntia ficus-Indica)* [Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias]. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Codex Alimentarius Piensos. (s. f.). Codexalimentarius FAO-WHO. Recuperado 19 de octubre de 2024, de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/themes/animal-feed/es/>

Cruz Aviña, J. R., Juárez Cortéz, J., Utrera Quintan, F., Francisco Francisco, N., & León De La Rocha, J. (2023). Determinación de los parámetros de producción de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*, Linnaeus, 1758) a nivel de escala en San Pablo Tepetzingo, Puebla, México. En *Revista MEZCLA-TEC* (Vol. 4, pp. 14-27). https://www.researchgate.net/publication/377698777_Determinacion_de_los_parametros_de_produccion_de_la_mosca_soldado_negra_Hermetia_illucens_Linnaeus_1758_a_nivel_de_escal_a_en_San_Pablo_Tepetzingo_Puebla_Mexico

Diario Oficial de la Unión Europea. (2017). *Reglamento (UE) 2017/ 893 de la comisión de 24 de mayo de 2017*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017R0893&rid=1>

- Dortmans Bram, Diener Stefan, Egger Julia, & Zurbrügg Christian. (2021). *Black Soldier Fly Biowaste Processing A Step-by-Step Guide – 2 nd Edition [Procesamiento de biorresiduos de la mosca soldado negra: una guía paso a paso, segunda edición]*. Eawag - Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland. https://www.researchgate.net/publication/353923113_Black_Soldier_Fly_Biowaste_Processing_-_A_Step-by-Step_Guide_2nd_Edition
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *La contribución de los insectos a la seguridad alimentaria, los medios de vida y el medio ambiente*. <https://www.fao.org/fsnforum/es/resources/la-contribucion-de-los-insectos-la-seguridad-alimentaria-los-medios-de-vida-y-el-medio>
- Giannetti, D., Schifani, E., Reggiani, R., Mazzoni, E., Reguzzi, M. C., Castracani, C., Spotti, F. A., Giardina, B., Mori, A., & Grasso, D. A. (2022). Do It by Yourself: Larval Locomotion in the Black Soldier Fly *Hermetia illucens*, with a Novel “Self-Harvesting” Method to Separate Prepupae [locomoción larvaria en la mosca soldado negra *Hermetia illucens* , con un novedoso método de “autocosecha” para separar las prepupas]. *Insects*, 13(2), 127. <https://doi.org/10.3390/INSECTS13020127/S1>
- Gligorescu, A., Fischer, C. H., Larsen, P. F., Nørgaard, J. V., & Heckman, L. H. L. (2020). Production and optimization of *hermetia illucens* (L.) larvae reared on food waste and utilized as feed ingredient [Producción y optimización de larvas de *Hermetia illucens* (L.) criadas a partir de residuos de alimentos y utilizadas como ingrediente de piensos]. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1-14. <https://doi.org/10.3390/SU12239864>
- Glosario de nutrición animal*. (s. f.). Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Recuperado 19 de octubre de 2024, de <https://www.mapa.gob.es/app/nutricionanimal/glosarionutricionanimal.aspx>
- Gobbi, F. P. (2012). *Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de Hermetia illucens (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa* [Universidad de Alicante]. <http://hdl.handle.net/10045/28345>
- Hanna Instruments. (2021). *Aprovechamiento y revalorización del lactosuero*. <https://www.hannainst.es/blog/1793/aprovechamiento-y-revalorizacion-lactosuero>

- Hernández Herrera, M. C., & González de León Gómez, I. M. (2022). *Efecto de la inclusión dietética de la harina de Hermetia illucens (L.) (Diptera: Stratiomyiidae) en indicadores biológicos de gallinas ponedoras Dekalb White* [Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano]. <https://n9.cl/t4phs>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, M. del P., Méndez Valencia, S., & Mendoza Torres, C. P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Huiman, A. (2023). *Situación actual de los residuos sólidos*. El Peruano. <https://www.elperuano.pe/noticia/216136-situacion-actual-de-los-residuos-solidos>
- Ka Salud Integral. (2023). *Insectos como alimento humano y animal*. <https://www.piensoferal.es/insectos-como-alimento-humano-y-animal/>
- Integrated Taxonomic Information System. (s. f.). *Integrated Taxonomic Information System Hermetia illucens (Linnaeus, 1758)*. Recuperado 1 de octubre de 2024, de https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=130298#null
- IPIFF, P. I. de I. para A. y P. (2022). Guía de IPIFF sobre buenas prácticas de higiene para productores de insectos como alimentos y piensos de la Unión Europea. *European Union (EU) producers of insects as food and feed*. <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/12/IPIFF-Guide-on-Good-Hygiene-Practices.pdf>
- Lievens, S., Poma, J., De Smet, J., Van Campenhout, L., Covaci, A., & Van Der Borght, M. (2021). Chemical Safety of Black Soldier Fly Larvae (*Hermetia Illucens*), Knowledge Gaps and Recommendations for Future Research: a Critical Review [Seguridad química de las larvas de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), lagunas de conocimiento y recomendaciones para futuras investigaciones: una revisión crítica]. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(4), 383-396. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0081>
- Luciandres_Agricultura. (2021). *Webinar Sistema de producción de la mosca soldado* [Video recording]. <https://www.youtube.com/watch?v=jF53bAE3nzM>

- Núñez Torres, O. P. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 4(2), 93-94. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000200001
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (Adriana Gutiérrez M, Ed.; Ediciones de la U). http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf
- Oviedo Olvera, M. V., García Trejo, J. F., & Gutiérrez Antonio, C. (2022). Mosca soldado negra: eslabón perdido en la cadena de revalorización de residuos orgánicos. *Ciencia Voluen* 73, 52-59. <https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/index.php/vol-73-numero-3/328-novedades-cientificas/960-mosca-soldado-negra-eslabon-perdido-en-la-cadena-de-revalorizacion-de-residuos-organicos>
- Municipalidad Provincial de Huamanga. (2024). *Participación ciudadana y gestión de residuos sólidos*. <https://munihuamanga.gob.pe/participacion-ciudadana-y-gestion-de-residuos-solidos/>
- Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura. (2021). Insectos como nueva fuente proteica para la acuicultura. *YaKuaTec Boletín de vigilancia tecnológica*, 3-23.
- Proteinsecta. (2020). *Bioconversión de residuos a través de especies de insectos - Proteinsecta*. <https://www.proteinsecta.com/2020/04/16/bioconversion-de-residuos-a-traves-de-algunas-especies-de-insectos/>
- Report Consultant. (2020). *Tasa de crecimiento impresionante del mercado de la mosca soldado negra según pronóstico*. openPR. <https://www.openpr.com/news/2168744/black-soldier-fly-market-impressive-growth-rate-by-forecast>
- Rodríguez Jabalera, L. A. (2021). *Bioconversión y biodegradación de diferentes sustratos orgánicos usando Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) y descripción del ciclo de vida bajo estas dietas* [Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano].

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6e8fbd98-b4e1-4a38-91c4-6ee1391855be/content>

Salas Alfaro, J. M. (2019). *Evaluación de cuatro sustratos orgánicos para la producción de larvas de hermetia illucens (díptera - stratiomyidae) en condiciones controladas de la irrigación Majes – Pedregal, Caylloma Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10141>

Sheppard, D. C., Tomberlin, J. K., Joyce, J. A., Kiser, B. C., & Sumner, S. M. (2002). Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) [Métodos de cría de la mosca soldado negra (Diptera: Stratiomyidae)]. *Journal of medical entomology*, 39(4), 695-698. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>

Quijano Pacheco, W. S. (2024). *Guía de práctica de nutrición y alimentación animal*

ANEXOS

Anexo 1. Panel fotográfico de la construcción y acondicionado del larvero



Anexo 2. Panel fotográfico del acondicionado del sustrato

1. Recolección y caracterización física de residuos vegetales (juguería)



2. Caracterización física de los residuos vegetales (residuos de juguería)



3. Determinación de humedad de residuos vegetales



4. Registro de peso en la determinación de humedad de residuos vegetales

Característica	Muestra	m. placa vacía	mi. muestra	m. placa vacía + mi. muestra	m1 seco en 1 h	m2 seco en 2 h	m3 seco en 4 h	mf	% H
100 % residuos de extractos	1	36,58	10,05	46,62	38,07	37,55	37,54	0,97	90
100 % residuos de extractos	2	37,23	10,03	47,26	39,66	38,28	38,26	1,03	90
mezcla de residuos vegetales	3	38,46	10,02	48,48	40,14	39,55	39,51	1,05	90
mezcla de residuos vegetales	4	36,54	10,06	46,59	38,09	37,80	37,68	1,15	89
Promedio									90

Anexo 3. Cálculos del balance de humedad para la formulación de los sustratos









T0 (Alimento balanceado para pollos de engorde)	
<p>Se tiene los datos:</p> <p>Total de sustrato : $(X1 + X2) = 1000 \text{ g}$</p> <p>Humedad del alimento balanceado = 9 %</p> <p>Humedad del agua = 100 %</p> <p>Humedad requerida = 70 %</p> <p>Alimento balanceado = $X1 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de agua = $X2 \text{ g}$</p>	<p>Se tiene la ecuación (T0)</p> $0,09 * X1 + 1 * X2 = 0,7 * (X1 + X2)$ <p>Reemplazado en ecuación T0</p> $0,09 * X1 + 1 * (1000 - X1) = 0,7 * 1000$ <p>Resultados:</p> <p>Alimento balanceado: $X1 = 330 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de agua: $X2 = 670 \text{ g}$</p>
T1 (Residuos vegetales y afrecho)	
<p>Se tiene los datos:</p> <p>Total de sustrato : $(X1 + X2) = 1000 \text{ g}$</p> <p>Humedad residuos vegetales = 90 %</p> <p>Humedad del afrecho = 10 %</p> <p>Humedad requerida = 70 %</p> <p>Cantidad de residuos vegetales = $X1 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de afrecho = $X2 \text{ g}$</p>	<p>Se tiene la ecuación (T1)</p> $0,90 * X1 + 0,10 * X2 = 0,7 * (X1 + X2)$ <p>Reemplazado en la ecuación T1</p> $0,90 * X1 + 0,10 * (1000 - X1) = 0,7 * 1000$ <p>Resultados:</p> <p>Residuos vegetales: $X1 = 750 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de afrecho: $X2 = 250 \text{ g}$</p>

T2 (Residuos vegetales, 30 % lactosuero y afrecho)	
<p>Se tiene los datos:</p> <p>Total de sustrato: $(X1 + X2 + X3) = 1000 \text{ g}$</p> <p>Humedad residuos vegetales = 90 %</p> <p>Humedad del afrecho = 10 %</p> <p>Humedad del lactosuero = 93 %</p> <p>Humedad requerida = 70 %</p> <p>Cantidad de residuos vegetales = $X1 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de afrecho = $X2 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de lactosuero $X3 = 300 \text{ g}$</p>	<p>Se tiene la ecuación (T2)</p> $0,90 * X1 + 0,10 * X2 + 0,93 * X3$ $= 0,7 * (X1 + X2 + X3)$ <p>Reemplazado en ecuación T2</p> $0,90 * X1 + 0,10 * (700 - X1) + 0,93$ $* 300 = 0,7 * 1000$ <p>Resultados redondeados:</p> <p>Residuos vegetales: $X1 = 440 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de afrecho: $X2 = 260 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de lactosuero: $X3 = 300 \text{ g}$</p>
T3 (Residuos vegetales, afrecho y 10 % lactosuero)	
<p>Se tiene los datos:</p> <p>Total de sustrato: $(X1 + X2 + X3) = 1000 \text{ g}$</p> <p>Humedad residuos vegetales = 90 %</p> <p>Humedad del afrecho = 10 %</p> <p>Humedad del lactosuero = 93 %</p> <p>Humedad requerida = 70 %</p> <p>Cantidad de residuos vegetales = $X1 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de afrecho = $X2 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de lactosuero $X3 = 100 \text{ g}$</p> <p>Se tiene la ecuación (T3)</p> $0,90 * X1 + 0,10 * X2 + 0,93 * X3$ $= 0,7 * (X1 + X2 + X3)$	<p>Se tiene la ecuación (T3)</p> $0,90 * X1 + 0,10 * X2 + 0,93 * X3$ $= 0,7 * (X1 + X2 + X3)$ <p>Reemplazado en ecuación T3</p> $0,90 * X1 + 0,10 * (900 - X1) + 0,93$ $* 100 = 0,7 * 1000$ <p>Resultados redondeados:</p> <p>Residuos vegetales: $X1 = 650 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de afrecho: $X2 = 250 \text{ g}$</p> <p>Cantidad de lactosuero: $X3 = 100 \text{ g}$</p>

Anexo 4. Panel fotográfico de la preparación de los sustratos

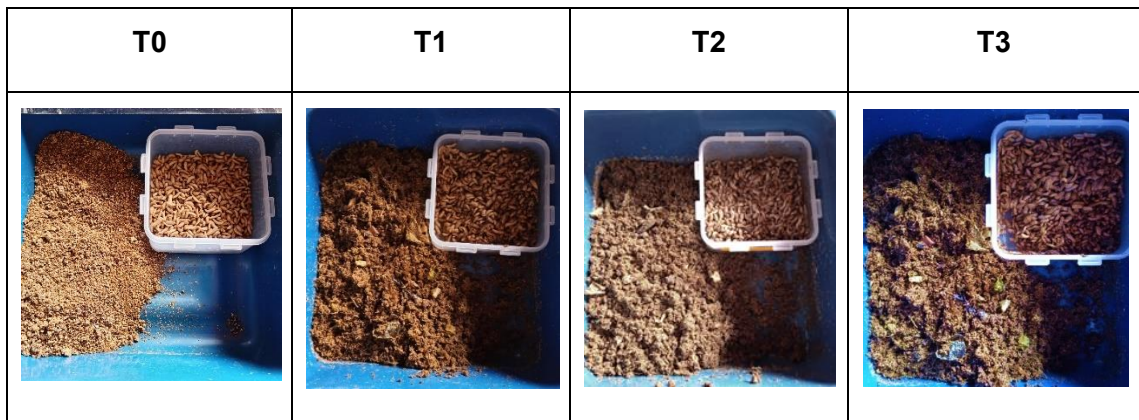


Anexo 5. Panel fotográfico de la evaluación del desarrollo larval al día de la cosecha

T0	T1	T2	T3
			
			

Anexo 6: Panel fotográfico de la cosecha y posprocesamiento de larvas

1. Cosecha y registro de peso final



2. Tamizado del frass y limpieza de las larvas



3. Sacrificio, escurrido y oreado de larvas



4. Deshidratado de larvas



Anexo 7: Panel fotográfico de la elaboración de harina de larvas



Anexo 8: Panel fotográfico del análisis proximal de la harina

1. Determinación de humedad y cenizas



2. *Determinación de grasa cruda (extracto etéreo)*



3. *Determinación de fibra (digestión ácida y digestión alcalina)*



4. *Determinación de proteínas con el método de Kjeldahl*



5. Análisis nutricional emitido por el laboratorio de nutrición animal



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE INVESTIGACION EN PASTOS Y GANADERIA
LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL



FORMATO DE ANALISIS QUIMICO NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

MUESTRA: Análisis de harina de larvas *Hermetia illucens*

NOMBRE Ruth Bautista Salvatierra

FECHA : Ayacucho 24 de abril del 2025

TRATAMIENTOS	HUMEDAD %	MATERIA SECA %	CENIZA %	GRASA %	FIBRA %	PROTEINA %	ELN %	ENERGIA METABOLIZABLE Mcal/Kg
T0	7.00	93.00	7.77	34.42	4.82	35.34	11.46	3.75
T1	7.33	92.67	8.98	36.90	8.83	32.38	6.12	3.77
T2	7.40	92.60	5.16	38.93	7.71	35.44	5.79	4.00
T3	7.07	92.93	5.82	37.06	7.67	33.65	9.30	3.86

Los análisis se realizaron bajo la metodología del AOAC, (1984)

LABORATORIO DE NUTRICION ANIMAL
 RESPONSABLE

Anexo 9: Registro promedio de condiciones ambientales de crianza y estadios

Fechas	Temperatura (°C)	Humedad (%)	Etapa / Estadio
21/ 11/ 2024	24	49	Eclosión
22/ 11/ 2024	25	53	Eclosión
23/ 11/ 2024	23	50	Eclosión
24/ 11/ 2024	22	50	Día 1
25/ 11/ 2024	20	51	Día 2
26/ 11/ 2024	23	48	Día 3
27/ 11/ 2024	22	52	Día 4
28/ 11/ 2024	25	48	Día 5
29/ 11/ 2024	25	51	Larva I
30/ 11/ 2024	26	50	Larva I
1/ 12/ 2024	26	48	Larva I
2/ 12/ 2024	24	57	Larva II
3/ 12/ 2024	26	49	Larva II
4/ 12/ 2024	25	47	Larva III
5/ 12/ 2024	27	45	Larva III
6/ 12/ 2024	28	40	Larva IV
7/ 12/ 2024	26	42	Larva IV
8/ 12/ 2024	29	48	Larva IV
9/ 12/ 2024	21	55	Larva IV
10/ 12/ 2024	29	49	Larva IV
11/ 12/ 2024	25	50	Larva IV
12/ 12/ 2024	28	40	Larva V

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 341-2021-UNSCH-CU)

Obtención de harina de larvas *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, como insumo de piensos**Expositor: Ruth Mirian Bautista Salvatierra****Bachiller en Ingeniería Agroindustrial****Expediente N° 2554229 Resolución Decanal N° 152-2025-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 07-10-2025**

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día viernes diez de octubre del año dos mil veinticinco, se reunieron la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Ruth Mirian Bautista Salvatierra**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ y Mg. Percy Segundo HUAUYA PABLO (Miembros), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ (Docente Asesor de la Tesis), Blgo. Cesar Justo RODOLFO VARGAS como coasesor, el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Obtención de harina de larvas *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, como insumo de piensos**, presentado por la Bachiller **Ruth Mirian Bautista Salvatierra**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 152-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Ruth Mirian Bautista Salvatierra**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición de la Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Percy Segundo HUAUYA PABLO, Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ (Ausente) y Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Miembros), Luego el Presidente invitó al Mg. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ, para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO DIECISIETE (17).**

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENCIÓN DE LA TESIS:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 341-2021-UNSCH-CU)

Obtención de harina de larvas *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, como insumo de piensos

Expositor: Ruth Mirian Bautista Salvatierra

Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2554229

Resolución Decanal N° 152-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 07-10-2025

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, la Bachiller **Ruth Mirian Bautista Salvatierra**, ha resultado **APROBADO POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las doce del medio día con quince minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

.....
Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA
Miembro

.....
Mg. Percy Segundo HUAUYA PABLO
Miembro

.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)



UNSCH

FACULTAD DE
**INGENIERIA QUÍMICA
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis MSc. Eusebio DE LA CRUZ FERNANDEZ, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

Tesis Obtención de harina de larvas *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, como insumo de piensos.

Nombre y Apellido : Bach. Ruth Mirian Bautista Salvatierra
Identificador de entrega : 2805386098
Fecha : 06-nov-2025 08:25a.m. (UTC-0500)
Archivo : TESIS_RUTH_M_BAUTISTA_SALVATIERRA..pdf (3.12M) (2.53M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 10% de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 6 de noviembre del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA
E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Ing. Percy Herminio Velázquez Coosa
DIRECTOR

C.c.
Const. N°009-2025
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

Obtención de harina de larvas Hermetia illucens alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, como insumo de piensos

por Ruth Mirian Bautista Salvatierra

Fecha de entrega: 06-nov-2025 08:25a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2805386098

Nombre del archivo: TESIS_RUTH_M_BAUTISTA_SALVATIERRA..pdf (3.12M)

Total de palabras: 21095

Total de caracteres: 116399

Obtención de harina de larvas *Hermetia illucens* alimentadas con residuos vegetales y lactosuero, como insumo de piensos

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	11%	4%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	1library.co Fuente de Internet	1%
7	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
8	bdigital.zamorano.edu Fuente de Internet	1%
9	piz.san.edu.pl Fuente de Internet	<1%
10	issuu.com Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1%

repositorio.udh.edu.pe

12	Fuente de Internet	<1 %
13	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
14	www.ue.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
16	fcai.uncuyo.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
17	revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	www.oftalmo.com Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo