



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencias de la Vida

“Diseño de un sistema de crianza de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) para la producción de harina como ingrediente proteico en la elaboración de balanceados”

INFORME DE PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERA AGRÍCOLA Y BIOLÓGICA

Presentado por:
Martha Beatriz Sumba Zhongor

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi supremo creador por ayudarme a culminar con éxito esta etapa de mi formación profesional.

A mis padres, por ser mi mayor ejemplo de valores y constante deseo de superación, todo lo que he logrado es gracias a su amor y apoyo incondicional.

A mis tutores, en especial al Dr. Eduardo Álava por la confianza, apoyo y todo el soporte académico brindado en el desarrollo de éste y otros trabajos enfocados en mi vocación profesional.

A mis profesores: MSc. Edwin Jiménez, Dra. Maria Isabel Jiménez y MSc. Malena Torres, por su valioso apoyo en esta última etapa de mi formación universitaria.

A Jaime Naranjo y familia, por su cuantiosa colaboración en la colecta de individuos para el establecimiento de la colonia.

A mis tíos: Gladis y Gerardo, por proveerme de la gallinaza necesaria para mis ensayos.

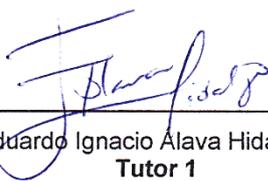
A mis hermanos y amigos, a quienes aprecio mucho y agradezco por todo el apoyo y los buenos momentos compartidos a lo largo de la vida.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Martha Beatriz Sumba Zhongor
Autor



Ing. Eduardo Ignacio Alava Hidalgo, Ph.D.
Tutor 1



Ing. Myriam Juanita Arias Zambrano, MSc.
Tutor 2

RESUMEN

Las harinas de soya y de pescado, son los ingredientes proteicos que se emplean de forma tradicional en la elaboración de balanceados; sin embargo, su sobreexplotación está generando graves repercusiones en el ambiente. En este sentido varias entidades entre ellas la FAO, están promoviendo el uso de alternativas eficientes con el fin de contribuir hacia una producción de alimentos más sostenible. Una de las alternativas biológicas de mayor importancia para la alimentación animal es la especie *Hermetia illucens* comúnmente conocida como mosca soldado negra, debido a su alto contenido de proteína (35-62%); relativa facilidad de producción; y alta eficiencia en la conversión alimenticia.

El objetivo de este trabajo fue diseñar un sistema manual para la crianza de la mosca soldado negra y producción de harina a partir de sus larvas. El presente estudio consistió en el desarrollo y ejecución de revisiones bibliográficas, trabajo de campo, ensayos de prueba y el diseño final del sistema de producción. Mediante este sistema, el ciclo de producción de la harina tarda alrededor de 50 días. Utilizando gallinaza como alimento de larvas, con una tasa de alimentación de 150 mg/larva/día a una densidad de siembra de 1.4 larvas/cm² la cosecha de larvas se redujo a un periodo de cuatro semanas con un rendimiento promedio de 0,72 kg de MS/m²/ciclo.

Palabras clave: Insectos, mosca soldado negra, *Hermetia illucens*, proteína animal.

ABSTRACT

*Soybean and fish meals are traditionally common protein ingredients used in animal feed; however, its overexploitation brings serious impact on the environment. In this sense, several entities including FAO, are promoting the use of efficient and sustainable alternatives, in order to contribute towards a more sustainable food production. One of the most important alternatives for animal feed is the species *Hermetia illucens* commonly known as black soldier fly. This fly has a high protein content (35-62%); production and high feed conversion efficiency. The aim of this work was to design a system for raising the black soldier fly to produce dried larvae meal. The present study included: development of literature reviews, field work, testing and test the final design of the production system. Production cycle took about 50 days from egg hatching until larvae meal stage. Hen manure was fed at a rate of 150 mg/larva/day with a seeding density of 1.4 larva/cm². Thus, harvest larvae period was reduced four weeks compare to the literature, yielding 0.72 kg DM/m²/cycle of larvae meal.*

Keywords: *Insects, black soldier fly, *Hermetia illucens*, animal protein.*

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DECLARACIÓN EXPRESA.....	iii
RESUMEN.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
ÍNDICE GENERAL	vi
ABREVIATURA	viii
SIMBOLOGÍA.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	2
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	2
1.1. Objetivos.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos	2
1.2. Marco Teórico.....	3
CAPITULO 2.....	6
2. METODOLOGÍA DE DISEÑO	6
2.1 Establecimiento de la colonia.....	6
2.2 Parámetros ambientales para la crianza de <i>H. illucens</i>	7
2.3 Diseño del insectario.....	8
2.4 Protocolo para la crianza y producción de larvas	9

CAPITULO 3.....	10
3. RESULTADOS	10
3.1 Condiciones óptimas para el desarrollo de <i>Hermetia illucens</i>	10
3.2 Protocolo para la crianza de mosca soldado negra.....	10
3.3 Sistema de crianza de la mosca soldado negra	13
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	15
BIBLIOGRAFÍA.....	16
ANEXOS	19

ABREVIATURA

MF	Materia fresca
MS	Materia seca
PC	Proteína cruda
T	Temperatura
HR	Humedad relativa
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
UTM	Universal Transverse Mercator (Sistema de coordenadas)

SIMBOLOGÍA

<i>mm</i>	Milímetro
<i>cm</i>	Centímetro
<i>cm²</i>	Centímetro cuadrado
<i>cm³</i>	Centímetro cúbico
<i>m</i>	Metro
<i>m²</i>	Metro cuadrado
<i>mg</i>	Miligramo
<i>g</i>	Gramo
<i>kg</i>	Kilogramo
<i>d</i>	Días
%	Porcentaje
°C	Grados Celsius
ϕ	Humedad

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ciclo biológico de <i>Hermetia illucens</i> .	3
Figura 2. Ejemplares adultos de <i>Hermetia illucens</i> : macho (izquierda) y hembra (derecha).	3
Figura 3. Harina de <i>Hermetia illucens</i> , ingrediente proteico para la elaboración de balanceados.	5
Figura 4. Ubicación geográfica del sitio de colecta.	6
Figura 5. Estructura externa del insectario.	9
Figura 6. Componentes internos del insectario.	9
Figura 7. Suministro de agua a moscas adultas de <i>H. illucens</i> .	11
Figura 8. Sustratos para la oviposición.	11
Figura 9. Colecta de huevos en piezas de cartón como sustrato de oviposición.	11
Figura 10. Alimentación de larvas neonatas con plátano maduro.	11
Figura 11. Crianza de larvas en bandejas plásticas.	12
Figura 12. Larvas en estado de prepupas.	12
Figura 13. Pupas de <i>H. illucens</i> .	12
Figura 14. Sustrato para la pupación de <i>H. illucens</i> .	12
Figura 15. Larvas deshidratadas de <i>H. illucens</i> .	13
Figura 16. Harina de larvas de la especie <i>H. illucens</i> .	13
Figura 17. Sistema de crianza de la mosca soldado negra para la producción de harina.	14

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Valor nutritivo (%) de la harina de mosca soldado negra.	5
Tabla 2. Contenido porcentual de aminoácidos de: harina de mosca soldado negra, harina de soya y harina de pescado.	5
Tabla 3. Temperatura y humedad ambiental durante la etapa de crianza de <i>Hermetia illucens</i> .	7
Tabla 4. Condiciones ambientales y tiempo de desarrollo para el ciclo biológico de <i>Hermetia illucens</i> .	10

INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, la búsqueda de alternativas proteicas para la alimentación animal ha cobrado mayor importancia en el mundo. Uno de los desafíos más grandes del sector pecuario para el 2050 es duplicar la producción actual de carne [1]. Sin embargo, problemas como el cambio climático y la capacidad limitada de los recursos naturales del planeta frenan el cumplimiento de este objetivo [2]. Hasta el momento las fuentes proteicas que más se utilizan en la elaboración de balanceados son la harina de soya y harina de pescado [3]; sin embargo, su sobreexplotación está generando graves repercusiones en el ambiente.

Entre los organismos que presentan alto contenido de proteína están los insectos, entre ellos la que más se destaca es la especie *Hermetia illucens* (mosca soldado negra) [3], las larvas de este insecto son de gran importancia económica por su capacidad para digerir desechos orgánicos y transformarlos en biomasa de alto valor nutricional: proteína (35-62%), grasa (35%), calcio (5%) y fósforo (1,5%) [4]. A su vez, las larvas de *H. illucens* son de gran interés para el manejo de los desechos agroindustriales, por su capacidad para reducir entre un 40 a 60% del volumen inicial y reciclar los nutrientes de la materia orgánica evitando o disminuyendo la emisión de malos olores [5]; [4]. Otra cualidad relevante de esta especie es que restringe el desarrollo de organismos patógenos como *Escherichia coli* [6] y *Salmonella enterica* presentes en el estiércol de pollos [7]. A su vez la especie funciona como controlador biológico de la mosca común (*Musca domestica*) por su acción repelente frente a la oviposición [8]; [9].

La mosca soldado negra es una de las especies de mayor interés comercial, cabe mencionar que en la actualidad se está produciendo a gran escala en varios países como: Estados Unidos, Canadá, Chile y España. De esta especie se obtienen varios productos uno de ellos es la harina que al ser incorporada en el balanceado favorece el buen crecimiento de pollos, cerdos y algunas especies comerciales de peces [3]

CAPÍTULO 1

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial el consumo de alimentos de origen animal ha experimentado un rápido crecimiento; debido principalmente al crecimiento demográfico. Es así que para el 2050, la producción actual deberá aumentar en más de 200 millones de toneladas para satisfacer la demanda creciente de carne [10]. Sin embargo, el desafío de incrementar la producción de carne no se logra tan solo con expandir la superficie de cultivo, ya que en la actualidad un tercio del área agrícola de todo el mundo se está utilizando para la producción de pastos. Es por ello que surge la necesidad de producir alternativas que eficientes con el fin de contribuir hacia una producción de alimentos sostenible.

Por otro parte, la industria agrícola dentro de sus procesos productivos genera varios subproductos de costo bajo o nulo, a los cuales se puede dar otro uso e incluso darles un valor agregado. Como es el caso del estiércol de gallinas (gallinaza) que puede emplearse como alimento de larvas de la especie bajo estudio. Este trabajo tiene por objetivo diseñar un sistema de crianza de la mosca soldado negra para la producción de harina. Cabe recalcar que la crianza de esta especie se está desarrollando a escala comercial en varios países alrededor del mundo, no obstante, en Ecuador no existen hasta el momento sistemas de este tipo.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Diseñar un sistema de crianza de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) para la producción de harina como ingrediente proteico en la elaboración de balanceados.

1.1.2. Objetivos específicos

- Definir los parámetros ambientales favorables para la crianza de *H. illucens* en función de su ciclo biológico.
- Diseñar un insectario para el mantenimiento de la colonia de *H. illucens*.
- Establecer un protocolo para la crianza de individuos de mosca soldado negra.

1.2. Marco Teórico

Mosca soldado negra

La especie *Hermetia illucens* mejor conocida como mosca soldado negra, es un insecto del orden Díptera; posiblemente originario de América, sin embargo, en la actualidad se encuentra ampliamente distribuido a nivel mundial en regiones tropicales y subtropicales entre los 45°N y 40°S [11].

Biología de la especie

Hermetia illucens es una especie de metamorfosis completa. Su ciclo de vida está conformado por las etapas de: huevo, larva, pupa y adulto; empieza cuando la hembra deposita alrededor de 500 huevecillos sobre sitios secos, como grietas o hendiduras cerca de la fuente de alimentación [12]. Los huevos son de color blanco cremoso, miden 1mm de longitud, y tardan alrededor de cuatro días en eclosionar con temperaturas entre 20 y 30°C. Las larvas se alimentan de materia orgánica en descomposición como: frutas, vegetales, carroña y estiércol; pasan por seis estadios larvales durante un periodo de 15 días o más [13]; [11]. Larvas del último estadio también conocidas como prepupas detienen el proceso de alimentación para trasladarse a un sitio seco y seguro para pupar. Posteriormente a los 15 días emergen los adultos y uno o dos días después ocurre el apareamiento [14]; [15]. Cabe recalcar que la duración del ciclo biológico depende de factores ambientales como: temperatura y humedad relativa, así como de la calidad de alimento disponible para las larvas [14]; [16].



Figura 1. Ciclo biológico de *Hermetia illucens*.



Figura 2. Ejemplares adultos de *Hermetia illucens*: macho (izquierda) y hembra (derecha).

Parámetros ambientales y condiciones de crianza

La temperatura es el principal factor ambiental que afecta de forma directa en el desarrollo y crecimiento de las etapas preimaginales (larvas y pupas) de *H. illucens*. La temperatura y la humedad del ambiente también ejercen influencia en la oviposición [15]. Varios autores indican que las temperaturas óptimas para el ciclo biológico de la especie se encuentran entre 24 y 29,3°C. [17].

La humedad ambiental es otro factor de gran importancia que influye en el desarrollo y longevidad de *H. illucens*. Estudios de laboratorio han reportado que el rango óptimo para el desarrollo de la especie va desde 50 a 99% de humedad relativa del aire [17].

La intensidad luminosa en especial la luz proveniente del sol desempeña un papel importante en el apareamiento [18].

Las larvas son las únicas que se alimentan, pueden tolerar una amplia variedad de alimentos como: desechos vegetales, residuos de cocina, desechos municipales, carne y diferentes tipos de estiércol.

Características nutricionales de la harina de larvas

El valor nutricional de la harina de mosca soldado negra es comparable o superior al de pescado o soya, a diferencia de la harina de sangre ésta no tiene límites de inclusión en la dieta, por lo que este producto tiene gran potencial como alternativa a las fuentes proteicas tradicionales. Por otra parte, una cualidad de este producto es que el perfil de aminoácidos varía según el alimento que hayan recibido las larvas, sirva de ejemplo, la harina comercializada por la empresa Enterra la cual utiliza como alimento desechos vegetales a diferencia de la harina obtenida por Newton [19], quien utilizó estiércol de ganado vacuno. El contenido de aminoácidos de cada producto se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 1. Valor nutritivo (%) de la harina de mosca soldado negra.

Contenido, %	Valor
Proteína	35 - 62
Grasa	35
Calcio	0,6 - 5
Fósforo	0,4 - 1,5

Fuente: Elaboración propia. Valores referenciales tomados de: www.enterrafeed.com/ y Newton G. L., 1977.

Tabla 2. Contenido porcentual de aminoácidos de: harina de mosca soldado negra, harina de soya y harina de pescado.

Contenido, %	Fuente alternativa		Fuentes comunes de proteína		
	Harina de larvas ¹	Harina de larvas ²	Harina de soya*	Harina de sangre*	Harina de pescado*
PC	62	42	46	83,5	61
Arginina	3,7	2,2	3,38	3,44	3,81
Histidina	5,2	1,9	1,22	5,04	1,32
Isoleucina	2,2	2,0	2,14	0,69	2,49
Leucina	4,4	3,5	3,55	10,97	4,40
Lisina	4,1	3,4	2,83	7,55	2,32
Metionina	0,8	0,9	0,61	1,04	1,61
Fenilalanina	2,4	2,2	2,39	6,16	2,38
Treonina	2,2	0,6	1,81	4,17	2,55
Triptófano	0,6	0,2	0,64	1,46	0,59
Valina	3,6	3,4	2,24	7,35	3,04

Fuente: Elaboración propia. ¹Producto comercial de Enterra Feed Corporation, grasa 10%. ²Producto obtenido por Newton, 1977, grasa:35%. * Valores tomados de las Tablas brasileñas.

Usos de la harina en alimentación animal

La harina de larvas ha sido evaluada como ingrediente proteico en remplazo de la harina de soya y harina de pescado en dietas de animales monogástricos como aves y cerdos, también ha sido probado con algunas especies comerciales de peces como la trucha arcoíris, tilapia y bagre [20].



Figura 3. Harina de *Hermetia illucens*, ingrediente proteico para la elaboración de balanceados.

CAPITULO 2

2. METODOLOGÍA DE DISEÑO

2.1 Establecimiento de la colonia

Una colonia de mosca soldado negra fue establecida a partir de larvas colectadas en la Hacienda San José, ubicada en el cantón Milagro de la provincia del Guayas, con coordenadas UTM: 668,586.05 Este y 9'764,216.42 Sur. Los individuos que se encontraron creciendo sobre estiércol de pollos, fueron colectados manualmente y colocados en envases plásticos para luego ser transferidos al Campus Prosperina (ESPOL) para continuar con la crianza.

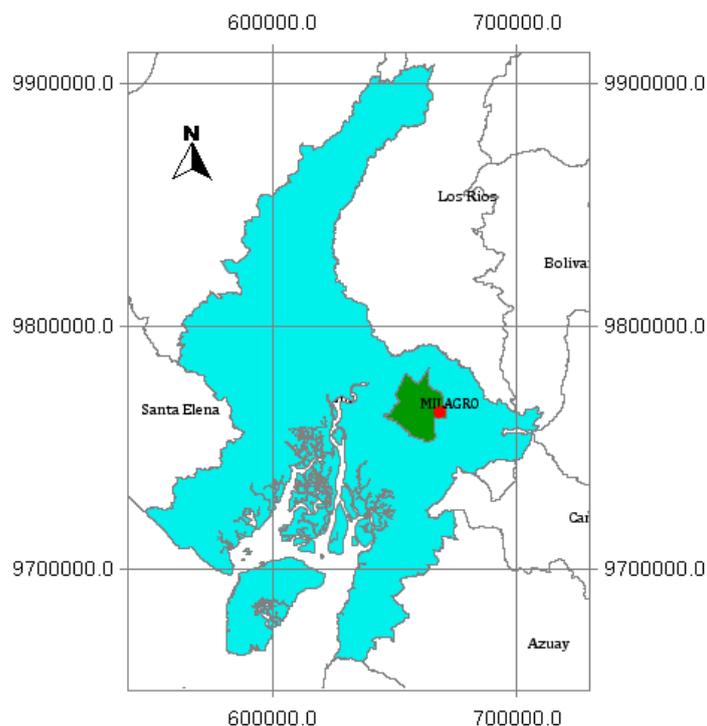


Figura 4. Ubicación geográfica del sitio de colecta.

El proceso de crianza se llevó a cabo en una de las instalaciones de la facultad, en donde se registró a diario, valores de temperatura y humedad relativa (8-10:00; 12:14:00; 16-18:00) para el efecto se utilizó un termo higrómetro digital como instrumento de medición.

Tabla 3. Condiciones de temperatura y humedad ambiental durante la crianza de *Hermetia illucens*.

Parámetro	Valor Promedio	Valor Mínimo	Valor Máximo
Temperatura, °C	29	26	34
HR, %	56	38	73

2.2 Parámetros ambientales para la crianza de *H. illucens*

Para determinar los parámetros ambientales adecuados para la crianza de la especie se realizó una revisión bibliográfica de los requerimientos de la especie de donde se obtuvo lo siguiente:

Huevo: El autor [21] indica que la incubación tarda alrededor de cuatro días cuando la temperatura está entre 20-30°C. La empresa española *Bioflytech* propone un rango de 27-29°C de temperatura y 50-70% de humedad relativa [22]. Por otra parte, otros autores, [23] reportaron en un estudio que el periodo de incubación tarda un poco más de cuatro días a una temperatura constante de 24°C y humedad relativa entre 90 y 99%. Adicionalmente, [24] en un estudio se encontró que manteniendo la temperatura constante a 27°, al aumentar la humedad relativa, el tiempo de eclosión disminuye de seis a tres días aproximadamente. De lo anterior se puede determinar que los parámetros adecuados para la incubación de huevos son: temperatura: 20-30 °C, humedad relativa: 50-70% con un tiempo de eclosión de 3-4 días.

Larva: En un trabajo desarrollado por Givens y colaboradores [25], se indica que la temperatura óptima para el consumo de alimento es de 35°C, también menciona que con valores extremos de 0 y 45°C la sobrevivencia de larvas disminuye drásticamente. La empresa *Bioflytech*, ha establecido para sus procesos de reproducción rangos de temperatura de 25-30°C y humedad relativa de 40-80%. En otro estudio, el autor [26] encontró que al aumentar la temperatura de 27 a 36°C el ciclo biológico de la especie se reduce, sin embargo, esto afecta el peso de las prepupas. Adicionalmente, el mismo autor indica que el rango más usual de temperatura es de 27 a 30°C, con lo que se obtienen prepupas en un tiempo de 18 a 20 días. A partir de esta información se puede definir que: las temperaturas adecuadas se encuentran entre 27-30 °C y la humedad relativa entre 40-80%.

Pupa: El rango óptimo para pupamiento va de 25 a 30°C [25]. *Bioflytech* establece temperaturas de 27- 29°C y 50-80% de humedad relativa. En relación a los sustratos para el pupamiento el autor Holmes [27] obtuvo buenos resultados utilizando: arena, aserrín,

tierra de sembrado y suelo superficial (topsoil); con los que obtuvo entre 95 y 98% de éxito en la emergencia de adultos, sin diferencias significativas en el tiempo de desarrollo de pupas (7-9 días). En resumen, los parámetros adecuados para la pupación son: temperatura: 25-30°C y humedad relativa 50-80% utilizando como sustrato de pupación arena de río.

Adulto: El autor Givens [25] cita que la temperatura óptima para el apareamiento esta alrededor de 27,8°C. Para la producción de huevos *Bioflytech* mantiene la temperatura entre 21-30°C y la humedad relativa entre 40-70%. En cuanto a luminosidad, la luz solar desempeña un papel importante estimulando el apareamiento [18]. El autor [14] reportó que los procesos de apareamiento y oviposición ocurren principalmente entre las 10:00 y 16:00 h.

2.3 Diseño del insectario

El diseño de la estructura para la crianza de esta especie se realizó mediante el programa AUTOCAD 3D versión 2015. El insectario es una estructura construida a base de madera y forrada con malla blanca de tela. La cara frontal consta de un cierre pegado en forma de arco y una manga circular, estos dos elementos son clave para realizar el mantenimiento de la unidad y cuidado de los adultos. Figura 5. Adicionalmente, dentro de la jaula se colocan plantas naturales para refugio de las moscas, y los envases con los medios para la oviposición. Figura 6.

El tamaño de la caja es un factor que influye en la oviposición y colecta de huevos, en base a los estudios realizados por Gobbi [17], la caja que presentamos en la figura 4 tiene una capacidad máxima para 5000 moscas lo cual equivale a 192cm³/mosca con una producción teórica promedio de 24,5 huevos por mosca.

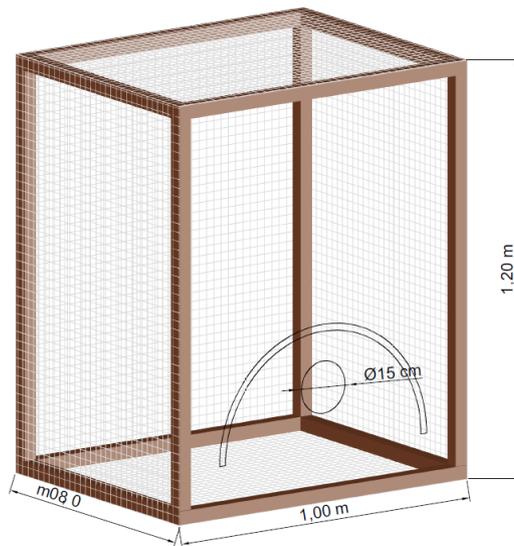


Figura 5. Estructura externa del insectario.



Figura 6. Componentes internos del insectario.

2.4 Protocolo para la crianza y producción de larvas

El protocolo fue establecido en base a información recopilada de trabajos anteriores principalmente de la investigación realizada por [28]; junto con datos obtenidos de mi experiencia propia en la crianza de esta especie. Este protocolo fue diseñado para la crianza de larvas a pequeña escala y la cosecha de forma manual.

CAPITULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Condiciones favorables para el desarrollo de *Hermetia illucens*.

A partir de información recopilada de revisiones bibliográficas se determinó que las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de la especie se encuentran en rangos específicos para cada fase del ciclo. Tabla 4. La duración de cada fase es variable, depende de las condiciones ambientales, y el valor nutricional del sustrato de cría. Por ello se realizó un ensayo experimental para evaluar los efectos del estiércol de gallina en el desarrollo (tiempo) de *H. illucens*.

Tabla 4. Condiciones ambientales y tiempo de desarrollo para el ciclo biológico de *Hermetia illucens*.

Fase del ciclo biológico	Temperatura, °C	Humedad ambiental, %	Tiempo de desarrollo, días
Huevo	20-30	50-70	3-4
Larva	27-30	40-80	18-20
Pupa	25-30	50-80	7-9
Adulto	21-30	40-70	≈10

3.2 Protocolo para la crianza de mosca soldado negra

Producción de huevos

- Una forma de suministrar agua a las moscas es rociando las plantas que se encuentran en el insectario utilizando para ello un atomizador. (Figura7).
- Para atraer la oviposición, se colocan en un balde plástico de cuatro litros de capacidad, residuos de frutas y vegetales. Los desechos deben estar húmedos para evitar la oviposición directa. (Figura 8).
- Como sustrato de oviposición, se utilizan bloques de cartón corrugado formados por cuatro capas de 2,5x5 cm adheridas con cinta adhesiva o goma escolar. Los bloques se colocan dentro del balde, sujetándolos a una altura de 5 cm. por encima del sustrato. (Figura 8).
- Para asegurarse de que los huevos sean del mismo día, estos se colectan a diario de preferencia muy temprano en la mañana (8:00) o en la tarde (16:00).



Figura 7. Suministro de agua a moscas adultas de *H. illucens*.



Figura 8. Sustratos para la oviposición.

Eclosión de huevos

- Las piezas de cartón que contengan posturas, se transfieren a envases plásticos de medio litro de capacidad, en el mismo sentido que estaban en el balde, sujetándolas con alfileres o cinta adhesiva a una altura de cinco centímetros. (Figura 9).
- Cada uno de los envases deben ser etiquetados con la fecha de colecta y el número de masas colectadas. En seguida se cubren los recipientes con sus respectivas tapas, previamente perforadas con varios agujeros de 1,5 mm de diámetro.
- A las larvas neonatas se las alimenta con banano o plátano maduro ad libitum durante un periodo de 6 días. (Figura 10).

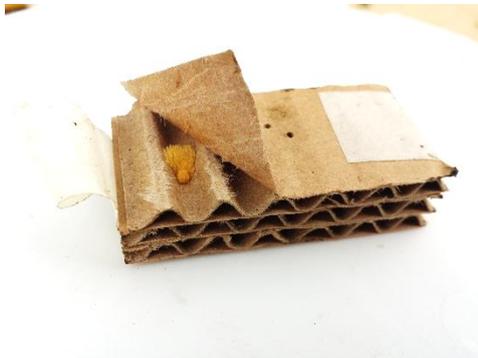


Figura 9. Colecta de huevos en piezas de cartón como sustrato de oviposición.



Figura 10. Alimentación de larvas neonatas con plátano maduro.

Crianza de larvas

- A los seis días, las larvas se transfieren al sustrato de cría (gallinaza) en bandejas plásticas a una densidad de 5 larvas/cm², cubriendo con malla blanca de tela para evitar la deshidratación acelerada del sustrato y la introducción de otros organismos. (Figura 11).
- La dosis de alimento se calcula en base a la densidad y tasa óptima de alimentación determinada en los ensayos de prueba (150 mg gallinaza /larva/día).

- Cuando el 50% de larvas alcancen el estadio de prepupas (piel oscura), se realiza la cosecha manual.



Figura 11. Crianza de larvas en bandejas plásticas.



Figura 12. Larvas en estado de prepupas.

Pupación

- Para el mantenimiento de la colonia una parte de las prepupas (tamaño mayor a 2cm) se seleccionan para que continúen su desarrollo hasta el estado de pupas (Figura 13).
- Para la obtención de adultos, las prepupas se colocan sobre arena húmeda (humedad 60%) en un recipiente plástico cubierto con malla de tela. (Figura 14).
- A medida que las moscas adultas van emergiendo, éstas se colocan en el insectario.



Figura 13. Pupas de *H. illucens*.



Figura 14. Sustrato para la pupación de *H. illucens*.

Producción de harina

- Las prepupas cosechadas se lavan con agua potable, y se procede a sacrificarlas congelándolas durante cuatro horas y luego secándolas en la estufa a 55°C por siete días (Figura 14).



Figura 15. Larvas deshidratadas de *H. illucens*.



Figura 16. Harina de larvas de la especie *H. illucens*.

3.3 Sistema de crianza de la mosca soldado negra

El sistema que se propone en este trabajo está compuesto por tres fases descritas a continuación

- Fase A, diseñada para la producción de larvas a pequeña escala. Esta fase involucra tres subprocesos importantes; 1) la producción de huevos que es llevada a cabo por los insectos adultos dentro del insectario ante la exposición directa de la luz solar; 2) La eclosión de huevos que se realiza bajo cubierta manteniendo condiciones de temperatura y humedad favorables para evitar la deshidratación de los huevos.; 3) La crianza de larvas, es el núcleo del sistema e implica el cultivo de larvas en el estiércol de gallina que es el sustrato propuesto en este trabajo. Los insumos que ingresan al proceso son básicamente desechos orgánicos de producción local y de costo bajo o nulo
- Fase B consiste en el procesamiento de las larvas para la producción de harina, comprende actividades de limpieza, congelamiento, deshidratación y molienda de las larvas.
- Fase C, corresponde al mantenimiento de la colonia para asegurar la producción permanente de larvas. Incluye procedimientos de selección de prepupas y su acondicionamiento para la pupación.
- El principal producto que se obtiene es la harina de larvas, pero adicionalmente los residuos del sustrato se podrían comercializar como abono.



Figura 17. Sistema de crianza de la mosca soldado negra para la producción de harina.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se elaboró un protocolo con todos los procedimientos para la crianza de larvas y producción de la harina.
2. Se determinó que bajo condiciones ambientales adecuadas de crianza; con una densidad de siembra de 1,4 larvas/cm² y una tasa de alimentación de 150 mg gallinaza/larva/día, la cosecha de larvas se realiza en un periodo de cuatro semanas con un rendimiento promedio de 0,72 kg MS/ m².
3. Se diseñó un sistema para la crianza de la mosca soldado negra y producción de harina a partir de sus larvas. El sistema consta de tres fases cada una de ellas bajo condiciones ambientales específicas.

Recomendaciones

1. Incrementar la densidad de siembra a (máximo) 5 larvas/cm² para mejorar el rendimiento de la harina.
2. Evaluar otros desechos orgánicos como sustratos de crianza, que se produzcan a nivel local y en gran volumen.
3. Automatizar el proceso de cosecha de las larvas.
4. Analizar el perfil nutricional de la harina de *H. illucens*.
5. Adaptar el sistema de producción de acuerdo a los sustratos de crianza.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FAO, «Como alimentar al mundo 2050,» de *La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*, Roma, 2009.
- [2] FAO, «Ganado y Producción animal,» 2014. [En línea]. Available: www.fao.org/ag/againfo/themes/es/animal_production.html.
- [3] T. Veldkamp, G. van Duinkerken y A. van Huis, «Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets - a feasibility study,» *food chemistry*, pp. 50, 192-195, 2012.
- [4] L. Newton, C. Sheppard, D. W. Watson, G. Burtle y R. Dove, «Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure,» *Animal and Poultry Waste Management Center, North Carolina State University, Raleigh, NC, 17.*, 2005.
- [5] H. M. Myers, J. K. Tomberlin, B. D. Lambert y D. Kattes, «Development of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae fed dairy manure,» *Environmental Entomology*, pp. 37(1), 11-15, 2008.
- [6] Q. Liu, J. K. Tomberlin, J. A. Brady, M. R. Sanford y Z. Yu, «Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure,» *Environmental entomology*, pp. 37(6), 1525-1530, 2008.
- [7] M. C. Erickson, M. S. C. Islam, J. Liao y M. P. Doyle, «Reduction of *Escherichia coli* O157: H7 and *Salmonella enterica* serovar enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly.,» *Journal of Food Protection*, pp. 67(4), 685-690, 2004.
- [8] D. C. Sheppard, G. L. Newton y S. A. Thompson, «A value added manure management system using the black soldier fly.,» *Bioresource Technology*, pp. 50(3), 275-279., 1994.
- [9] D. P. Furman, R. D. Young y P. E. Catts, «*Hermetia illucens* (Linnaeus) as a factor in the natural control of *Musca domestica* Linnaeus,» *Journal of Economic Entomology*, pp. 52(5), 917-921., 1959.
- [10] FAO, «La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050,» 2009.
- [11] S. Diener, C. Zurbrügg, F. R. Gutiérrez, D. H. Nguyen, A. Morel, T. Koottatep y K. Tockner, «Black soldier fly larvae for organic waste treatment - prospects and constraints.,» *In Proceedings of the WasteSafe—2nd International Conferen*, 2011.
- [12] NCIPMI, «Insect and related pests of man and animals.,» 1998. [En línea]. Available: http://ipm.ncsu.edu/AG369/notes/black_soldier_fly.html. [Último acceso: 22 03 2016].

- [13] R. Rozkošný, «A biosystematic study of the European Stratiomyidae (Diptera). Vol. 2. Clitellariinae, Hermetiinae, Pachygasterinae and Bibliography. Series Entomologica 21, Dr. W. Jung, The Hague-Boston-London, 401 pp.,» 1983.
- [14] J. Kim, Y. Choi, J. Choi, W. Kim, G. Jeong, K. Park y S. Hwang, «Ecology of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera; Stratiomyidae) in Korea,» *Korean Journal of Applied Entomology*, pp. 47, 337–343, 2008.
- [15] J. K. Tomberlin y D. C. Sheppard, «Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony,» *Journal of Entomological Science*, pp. 37(4), 345-352., 2002.
- [16] F. Gobbi, A. Martínez-Sánchez y S. Rojo, «The effects of larval diet on adult life-history traits of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae).,» *European Journal of Entomology*, pp. 110(3), 461., 2013.
- [17] F. Gobbi, «Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de *Hermetia illucens* (L., 1758)(Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa,» 2012.
- [18] J. Zhang, L. H. J. Huang, J. K. Tomberlin, J. Li, C. Lei y Z. Yu, «An artificial light source influences mating and oviposition of black soldier flies, *Hermetia illucens*,» *Journal of Insect Science*, pp. 10(1), 202, 2010.
- [19] G. L. Newton, C. V. Booram, R. W. Barker y O. M. Hale, «Dried Larvae Meal as a Supplement for Swine,» *Journal of Animal Science*, pp. 44(3), 395-400, 1977.
- [20] G. Burtle, G. L. Newton, D. C. Sheppard y T. Campus, «Mass Production of Black Soldier Fly Pre pupae for Aquaculture Diets,» *A Manuscript for Aquaculture International. University of Georgia, Tifton Campus, Tifton, GA*, 2012.
- [21] G. Newton, «Process manual for the establishment of a Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) production system».
- [22] KU LEUVEN, «Generic Life Cycle Assessment of proteins from insects,» de *Insects to feed the world*, Bélgica, 2014.
- [23] D. C. Booth y D. C. Sheppard, «Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing, and site characteristics.,» *Environmental entomology*, pp. 13(2), 421-423, 1984.
- [24] L. A. Holmes, S. L. Vanlaerhoven y J. K. Tomberlin, «Relative humidity effects on the life history of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae),» *Environmental entomology*, pp. 41(4), 971-978, 2012.

- [25] M. Givens, N. Jeffay, B. Pierce, W. Robinson y J. Mattox, «The Black Soldier Fly How-to-Guide,» 2013.
- [26] J. K. Tomberlin, P. H. Adler y H. M. Myers, «Development of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) in relation to temperature,» *Environmental entomology*, pp. 38(3), 930-934, 2009.
- [27] L. A. Holmes, S. L. Vanlaerhoven y J. K. Tomberlin, «Substrate effects on pupation and adult emergence of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae),» *Environmental entomology*, pp. 42(2), 370-374., 2013.
- [28] D. C. Sheppard, J. K. Tomberlin, J. A. Joyce, B. C. Kiser y S. M. Sumner, «Rearing methods for the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae),» *Journal of Medical Entomology*, pp. 39(4), 695-698, 2002.

ANEXOS

Anexo 1. Rendimiento de harina bajo el sistema propuesto.

Peso promedio larva (g MF)	Densidad de siembra (larvas/cm²)	Tasa de alimentación (mg sustrato/larva/día)	Rendimiento (kg MF/ciclo)	Contenido MS de larvas (%)	Rendimiento (Kg MS /m²/ciclo)
0.1465	1.4	150	2.07	35%	0.72