

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ciencia de la Vida

**Diseño de un sistema de crianza de *Hermetia illucens*
(mosca soldado negro) para la producción de pie de
cría.**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniera Agrícola y Biológica

Presentado por:

Andrea Narciza Holalla Yáñez

GUAYAQUIL - ECUADOR

2021

DEDICATORIA

Con mucho cariño dedico este proyecto a mis padres quienes me han apoyado incondicionalmente y me han guiado en el transcurso de esta nueva meta. A mis mamitas Rosita y Carmen porque siempre han estado pendientes de mí. Y a mi papito Julio por su ayuda cuando inicie este viaje, sé que desde el cielo está feliz por mí.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a mis padres Eduardo Holalla, Narciza Yáñez y hermanitos Erika, Noralba y Jefferson por siempre animarme e impulsarme a seguir.

A mis tíos Holger Yáñez y Gretty Vergara por haberme recibido en su casa y hacerme sentir como una hija más.

A mi tutora Malena Torres MSc, quien me brindó sus conocimientos y su guía para poder realizar este proyecto.

Y a la Dra. Maria Isabel Jiménez, gracias por todo Miss.

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Andrea Narciza Holalla Yáñez* 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”



Andrea Holalla Yáñez

EVALUADORES

Ma. Isabel Jiménez Feijoo PhD

PROFESOR DE LA MATERIA

Malena Torres Ulloa MSc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Cada año la población nivel mundial crece y los recursos naturales se reducen, por ende; con el tiempo la demanda de alimentos se incrementará al punto de poner en riesgo la seguridad alimentaria. Ante tal demanda, la alternativa para obtener alimentos con alto contenido de proteína en periodos más cortos y en áreas más pequeñas, es la producción de insectos sobre todo de *Hermetia illucens* (mosca soldado negro) que; además de ser un biotransformador, el contenido de proteína que proviene de las larvas permite reemplazar a los ingredientes tradicionales utilizados para la elaboración de balanceados.

En el Ecuador son escasos los productores dedicados a este nuevo sistema, a pesar de tener las condiciones necesarias para la producción de mosca soldado negro. El objetivo del proyecto es diseñar un sistema de reproducción y crianza de *Hermetia illucens* (mosca soldado negro) bajo condiciones naturales, para una producción constante de pie de cría.

El sistema se dividió en cinco etapas que están relacionadas con el ciclo de vida de la mosca soldado negro, considerando como criterio importante a la dieta; por lo que se aplicó 3 tratamientos de balanceado inicial de pollo fermentados a 0, 12 y 24 horas, para verificar su eficiencia. Cada tratamiento tuvo un mismo costo, pero hubo mayor producción en el tratamiento 2 con un fermentado de balanceado inicial de pollos al 60% de humedad de 12 horas.

Palabras Clave: Recursos no renovables, biotransformador, ingredientes tradicionales y pie de cría

ABSTRACT

*Every year the world's population grows, and natural resources are reduced, therefore; over time the demand for food will increase. Faced with such demand, the alternative to obtain food with a high protein content in shorter periods and in smaller areas is the production of insects, especially *Hermetia Illucens* (black soldier fly) that; In addition to being a biotransformer, the protein content that comes from the larvae allows it to replace the traditional ingredients used to make balanced meals.*

*In Ecuador there are few producers dedicated to this new system, despite having the necessary conditions to produce black soldier flies. The objective of the project is to design a system of reproduction and breeding of *Hermetia illucens* (black soldier fly) under natural conditions, for a constant production of brood foot.*

The system was divided into five stages that are related to the life cycle of the black soldier fly, considering as an important criterion the diet; so, 3 initial balanced treatments of fermented chicken were applied at 0, 12 and 24 hours, to verify their efficiency. Each treatment had the same cost, but there was higher production in treatment 2 with an initial balanced fermentation of chickens at 60% humidity of 12 hours.

Keywords: Non-renewable resources, biotransformer, traditional ingredients and breeding foot

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Descripción del problema.....	2
1.2	Justificación del problema.....	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo General.....	3
1.3.2	Objetivos específicos.....	3
1.4	MARCO TEÓRICO.....	4
1.4.1	Taxonomía.....	4
1.4.2	Ciclo de vida de la mosca soldado negro	4
1.4.2.1	Etapa Huevo.....	5
1.4.2.2	Etapa larval	5
1.4.2.3	Etapa prepupa y pupa	7
1.4.2.4	Etapa adulta	8
1.4.3	Condiciones ambientales.....	8
1.4.3.1	Temperatura.....	8
1.4.3.2	Humedad.....	8
1.4.3.3	Luminosidad	9
1.4.3.4	Alimentación.....	9
1.5	Importancia nutricional.....	9
1.6	Producción de larvas y prepupas.....	10
1.7	Producción de moscas y huevos	11
	CAPÍTULO 2.....	13
2.	METODOLOGÍA.....	13
2.1	Descripción del método.....	14
2.1.1	Establecimiento de larvas por grupo.....	14
2.1.2	Preparación y dosificación del sustrato	14

2.1.3	Descripción y registro del desarrollo de las prepupas	15
2.1.3.1	Agrupación de prepupas	15
2.1.3.2	Elaboración del pupario.	16
2.1.4	Elaboración de jaula para moscas soldado negro.	16
2.1.5	Recolección de huevos de mosca soldado negro.....	17
2.1.6	Comparación de información.....	18
CAPÍTULO 3		19
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....		19
3.1	Peso de larvas y prepupas para cada tratamiento.	19
3.2	Cantidad de prepupas para cada tratamiento.	21
3.3.	Densidad promedio de machos y hembras por tratamiento.	22
3.4	Cantidad de huevos recolectados por tratamiento.	23
3.5	Análisis de correlación entre el peso y el número de prepupas	23
3.5	Costos por tratamiento de mosca soldado negro.....	24
CAPÍTULO 4		25
4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		25
Bibliografía		27

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FCV	Facultad Ciencias de la Vida (FCV).
PC	Proteína Cruda
PB	Proteína bruta

SIMBOLOGÍA

cm	Centímetro
mg	Miligramo
g	Gramos
m	Metro
m^2	Metro cuadrado
m^3	Metro cubico

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación taxonómica de la mosca negra soldado	4
Figura 2. Masas de huevos de mosca soldado negro.....	5
Figura 3. Separación de larvas de mosca soldado negro del sustrato.....	6
Figura 4. Larvas de mosca soldado negro en balanceado inicial con humedad al 70%.....	7
Figura 5. Prepupas de mosca soldado negro.....	7
Figura 6. Mosca soldado negro.....	8
Figura 7. Jaula de reproducción de mosca soldado negro.....	12
Figura 8. Metodología de un sistema de crianza de larvas de mosca soldado negro para la comercialización como pie de cría.....	13
Figura 9. Diagrama de barras del peso promedio de prepupas por cada tratamiento.....	21
Figura 10. Diagrama de barras del promedio de la cantidad de prepupas por cada tratamiento.....	22
Figura 11. Coeficientes de correlación entre las variables número y peso de prepupas.....	23
Figura 12. Lista de materiales y costo total de un tratamiento.....	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido de proteínas y grasas (% del peso seco) de diferentes fuentes de alimentación (Diener, 2010).	10
Tabla 2. Información nutricional del balanceado inicial WAYNE.	15
Tabla 3. Peso promedio por tratamiento de una larva de mosca soldado negro de 6 días.....	19
Tabla 4. Peso promedio de una prepupa de mosca soldado negro ñ-. cosechada a los 13 días.	19
Tabla 5. Total, del peso de las prepupas por cada tratamiento, cosechadas a los 13 días.	20
Tabla 6. Cantidad de prepupas por cada tratamiento obtenidas a los 13 días.	21
Tabla 7. Promedio de moscas hembra y machos por tratamiento.	23
Tabla 8. Cantidad en gramos de huevos por cada tratamiento.	23

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

Para el 2030 se estima que la población será de 8300 millones de personas y más de mil millones de animales estos datos ponen en alerta a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), ya que aumentará la demanda de alimentos a nivel mundial poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y los recursos naturales, contribuyendo con el impacto ambiental. Por tal razón es necesario nuevas estrategias de producción que requieran de menor uso de recursos para la obtención de alimentos saludables y seguros.

La producción de insectos como fuente de proteína es considerada una alternativa alimenticia natural no convencional usada para la alimentación humana y animal. Con el uso de la tecnología países asiáticos han tecnificado granjas de insectos y han realizado investigaciones sobre dietas para los insectos y el contenido nutricional de este ingrediente para el desarrollo de productos novedosos como pastas, polvos, piensos y alimentos preparados que actualmente son vendidos en Estados Unidos y Europa (Food and Agricultural Organization (FAO), 2013).

En la elaboración de piensos han utilizado harina proveniente de diferentes insectos, en este caso de larvas de *Hermetia illucens* (mosca soldado negro) que es considerada una fuente alternativa de proteína por su contenido (40%) de proteína cruda, reemplazando a la harina de pescado y a otros ingredientes que por sus elevados precios obliga a la industria de alimentos a buscar otras fuentes de proteína más económicas y que se desarrollan en periodos cortos (J. Reátegui, 2020). Este insecto también es utilizado para el control de desechos orgánicos y la elaboración de compostaje.

1.1 Descripción del problema

En el Ecuador no hay empresas dedicadas a la producción de insectos para la obtención de proteína, la mosca soldado negro es usada como bio transformador de desechos no tratadas de las zonas urbanas; cuyo producto es usado como compost para parques (Morales Quintana, 2021). Según la FAO países como China, Sudáfrica, España y los Estados Unidos, tiene productores de insectos a gran escala de mosca negra soldado, mosca doméstica y gusano de la harina, que están destinados para la elaboración de balanceados para aves y peces, esta proteína reemplaza a los ingredientes tradicionales como la soja, harina de pescado y otros cereales cuyos precios varían constantemente.

La producción de larvas no pone en riesgo a otros insectos, pero se requiere que esta actividad sea sostenible para que genere oportunidades y ganancias a pequeños y grandes productores. La falta de información sobre la crianza en condiciones naturales y el manejo de las larvas como fuentes de proteínas para la alimentación animal, obstaculiza la producción de una alternativa proteica de calidad en un país que necesita innovar en los suplementos alimenticios para la producción animal.

1.2 Justificación del problema

El uso de productos derivados de insectos que provienen de un método de crianza inapropiada puede provocar daños al bienestar de los animales. En la crianza de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), el uso de residuos de material orgánico implica un control de calidad; ya que pueden presentar contaminantes peligrosos que pueden afectar a todo ser vivo.

Por ende, es necesario establecer protocolos que permitan describir los procedimientos de crianza para mantener la producción y evitar la contaminación de las dietas con sustancias peligrosas o metales pesados, asegurando la calidad de la materia prima.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de reproducción y crianza de *Hermetia illucens* (mosca soldado negro) que permita la producción periódica de larvas para su comercialización como pie de cría.

1.3.2 Objetivos específicos

- Implementar una metodología de crianza y producción de larvas para la obtención periódica de larvas de pie de cría.
- Determinar el sustrato adecuado mediante la aplicación de tres tratamientos alimenticios en la producción de larvas bajo condiciones naturales para el análisis del peso, número de individuos, cantidad de huevos y sobrevivencia.
- Calcular los costos de producción de larvas de pie de cría en pequeña escala por cada tratamiento para la selección del tratamiento más eficiente mediante el análisis de variables seleccionadas.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 Taxonomía

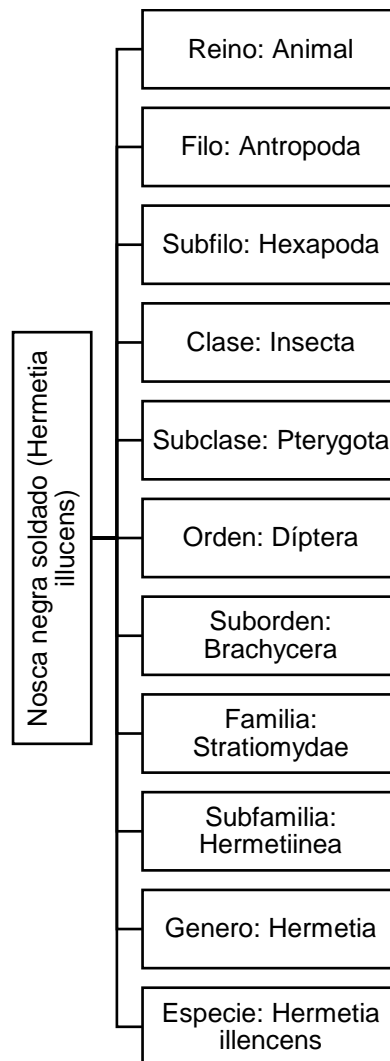


Figura 1. Clasificación taxonómica de la mosca negra soldado

1.4.2 Ciclo de vida de la mosca soldado negro

Este insecto tiene una metamorfosis completa; dividida en 5 etapas: huevo, larva, prepupa, pupa y adulto. El ciclo puede durar entre 44 a 60 días, dependiendo las condiciones ambientales sobre todo la temperatura, durante el apareamiento el macho se vuelve territorial con las hembras por dos días, después de esto días las hembras ponen huevos en lugares secos y cerca de alguna fuente de alimento para las futuras larvas (Bertrand, Noel, Carpetier, Francis, & Caparros, 2019).

Después de 3 a 5 días ocurre la eclosión y las larvas pasan por un proceso que constan de 5 estadios larvarias cuya duración es de 14 días aproximadamente, en el quinto estadio se realiza la recolección de la larva; ya que es ese estadio la larva está completamente desarrollada. Una vez que está en la etapa prepupa deben pasar 15 días para que de la pupa salga la mosca y continuar con el ciclo, el tiempo de vida de la mosca que es de 5 días (Soetemans, Uyttebroek, & Bastiaens, 2020).

1.4.2.1 Etapa Huevo

La hembra puede poner más de 500 huevos, cada huevo mide aproximadamente 1 mm de largo y su color es blanco, estos eclosionan después de 3 a 5 días (Park, 2015).



Figura 2. Masas de huevos de mosca soldado negro.

1.4.2.2 Etapa larval

Una vez que los huevos eclosionan, las larvas necesitan de materia orgánica como fuente de alimento, esta etapa puede durar aproximadamente 15 días dependiendo de la disponibilidad de alimento y la temperatura, estos factores son claves para el desarrollo y supervivencia. Durante el crecimiento de las larvas existe un desprendimiento de su exoesqueleto que le permite crecer; en este caso separar los cinco estadios larvarios; tal proceso se lo conoce como muda o ecdisis (Caruso & Devic, 2013).

Los cuatro estadios solo se pueden diferenciar por el tamaño del cuerpo, pero en el quinto estadio larvario, también conocido como pre pupal presenta un cambio de color de beige a marrón oscuro debido a que la cutícula es rica en sales de calcio y la modificación de la parte bucal de la larva; ya que antes de convertirse en pupa dejan de alimentarse (Caruso & Devic, 2013).



Figura 3. Separación de larvas de mosca soldado negro del sustrato.

Las larvas de mosca negra soldado son saprófagas y fotofobias, es decir descomponen la materia orgánica para alimentarse y son sensibles a la luz. Su cuerpo está constituido por 11 segmentos que puede alcanzar hasta 20 mm de largo y 6 de ancho, están cubiertos por cerdas y pelos, los cuales se encuentra separada por una caja dura y compacta llamada capsula cefálica en la que se encuentra las partes bucales que no solo son usadas para alimentarse; sino también para movilizarse. Su apariencia es de color beige o marrón claro cuando se convierte en pupa el color cambia a marrón oscuro (Chelsea, Cammack, & Tomberlin, 2019).



Figura 4. Larvas de mosca soldado negro en balanceado inicial con humedad al 70%.

1.4.2.3 Etapa prepupa y pupa

En el último estadio larvario, las larvas presentan una modificación en las mandíbulas y se alejan del alimento; tienen su máximo tamaño y el contenido proteico varía entre 36% a 48% y la grasa de 33% (Cabrera & Lopez, 2021). La envoltura o capullo de la pupa.



Figura 5. Prepupas de mosca soldado negro.

1.4.2.4 Etapa adulta

Después de 12 a 15 días se rompe la pupa, la mosca se sale y camina por unos minutos para luego volar, la vida de esta mosca es tan corta que una vez que ponen huevos mueren.



Figura 6. Mosca soldado negro.

1.4.3 Condiciones ambientales

1.4.3.1 Temperatura

Según un experimento realizado en 2009 por Jeffrey Tomberlin sobre el efecto de la temperatura en mosca soldado, manifiesta que a temperaturas mayores a 30 grados el desarrollo de la mosca desciende y que a 27 grados el desarrollo de la mosca tanto para machos y hembras era optima; ya que pesaban más, vivían un 10% más de tiempo, pero en la etapa larvaria necesitaban 4 días para desarrollarse (Park, 2015).

1.4.3.2 Humedad

La humedad puede inferir en la eclosión de huevos de la mosca soldado negro; según un estudio publicado por Holmes, concluye que a un 25% de humedad relativa el proceso de secado para los huevos de mosca es muy alta aumentando la mortandad, pero al 70% de humedad los adultos viven más tiempo, promueve el apareamiento, la oviposición y el desarrollo de larvas. Además, mencionan que el alimento debe mantener un nivel de humedad ni tan seco como para

endurecer el alimento de las larvas, ni tan húmedo como para que obstruya los poros del exoesqueleto (Bullock, y otros, 2015).

1.4.3.3 Luminosidad

Las larvas de mosca soldado negro son sensibles a la luz por lo que siempre buscaran un lugar sombreado; por ende; si el alimento se encuentra expuesto al sol estas se adentraran en las capas del alimento para protegerse de la luz (Dormans, Diener, Verstappen, & Zurbrugg, 2017).

1.4.3.4 Alimentación

Las larvas durante los 12 a 17 días después de la eclosión tienen un apetito insaciable, a tal punto que pueden reducir el volumen de la materia orgánica en un 40% a 80%. Se puede utilizar para la cría estiércol, residuos orgánicos, pulpas y alimento de pollos. Hay estudios en las que determinan que en un metro cuadrado de producción de larvas se puede producir 145 g de biomasa seca por día de prepupas y que su ingesta por larva es de 100 mg de balanceado para aves con un 60% de humedad (Mohamed, Manal, Wed, Samed, & Ragni, 2020).

1.5 Importancia nutricional

Las larvas de mosca soldado negro contienen un alto contenido de proteínas y grasas, los cuales pueden ser usados como ingrediente principal para la elaboración de alimento para animales (Diener, 2010).

	Proteína (%)	Grasa cruda (%)
Harina de insectos		
Mosca soldado negro		
Prepupa	44	33
Larva	42 -45	31 – 35
Mosca domestica		
Pupa	63	15
Larva	38	20
Harina de gusano	48 - 58	29 - 38
Harina de pescado	62 - 70	8.9 – 9.3
Harina de soya	43 - 47	1.5 – 1.9

Tabla 1. Contenido de proteínas y grasas (% del peso seco) de diferentes fuentes de alimentación (Diener, 2010).

La alimentación se puede realizar cada 3 o 5 días dependiendo el objetivo, esto se debe realizar hasta que las larvas se hayan desarrollado lo suficiente para ser cosechadas. Algunos autores sugieren que la alimentación debe ser durante un periodo de 12 días en porciones adecuadas para evitar que se formen capas de residuos que puedan fermentarse y crear un ambiente desfavorable para las larvas, además de atraer a otros insectos (Dormans, Diener, Verstappen, & Zurbrugg, 2017).

1.6 Producción de larvas y prepupas

Para la producción es necesario separar los huevos de las moscas adultas, para evitar que pongan huevos de forma desordenada y facilitar la recolección de huevos, mejorando la producción. Cuando la hembra pone sus huevos, deposita cerca de 500 huevos en sitios secos y cerca de alimento, para que a los 3 a 5 días que eclosionen las pequeñas larvas puedan alimentarse. El alimento debe tener un 60% de humedad para facilitar la ingesta en las larvas (Bullock, y otros, 2015).

Las larvas son separadas en grupos, la cantidad de larvas se determina calculando el área de la bandeja; ya que por cada centímetro cuadrado se puede colocar 2.5 larvas. Una vez realizada el cálculo son colocadas en bandejas o

recipientes con una cantidad de alimento de 100 mg por larva al día, los cálculos del alimento se realizan según la cantidad de larvas y los tratamientos que se realicen (Dormans, Diener, Verstappen, & Zurbrugg, 2017).

La estructura de un larvario debe garantizar ventilación, esto puede ser mediante mallas; cuyo fin es evitar que se eleve la temperatura debido a la fermentación de los sustratos y que afecte al tamaño como a la cantidad de larvas vivas (Caruso & Devic, 2013). Después de 12 días las larvas pasan a una etapa de prepupas, en esa etapa intentarán escapar del larvario, ya que necesitarán de un lugar seco y oscuro para pasar a la etapa de pupa. Por ende, se realiza recolección de prepupas y se las pesa, colocándolas en una bandeja con arena para que la humedad de las prepupas sea eliminada y después de 15 días de las pupas emergen las moscas (Bullock, y otros, 2015).

1.7 Producción de moscas y huevos

Las moscas recién nacidas estarán en una jaula oscura y para que estas se reproduzcan necesitaran de luz, por ende; se utiliza otra jaula con malla transparente que se conectaran mediante una manga para que sean atraídas por la luz y puedan reproducirse, dentro de la jaula se colocara un líquido azucarado como alimento para las moscas y los restos de las pupas (Dormans, Diener, Verstappen, & Zurbrugg, 2017).

Además, dentro de la jaula se colocarán unas pequeñas maderas rectangulares agrupadas entre sí, los cuales serán usados para que las moscas pongan sus huevos, los huevos serán recolectados diariamente y colocados en bandejas. Una vez que se reproduzcan las moscas vivirán alrededor de 5 días, después se recolectaran los restos para ser pesados y registrados, cuyos datos permiten conocer si los tratamientos utilizados benefician la producción (Dormans, Diener, Verstappen, & Zurbrugg, 2017).



Figura 7. Jaula de reproducción de mosca soldado negro.

La jaula de reproducción debe ser colocada en un lugar que haya luz y en su interior se debe colocar alimento y pequeños trozos de madera acumulados entre sí, para que puedan las moscas poner sus huevos (Diener, 2010).

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

A continuación, se presentará un esquema de la metodología.

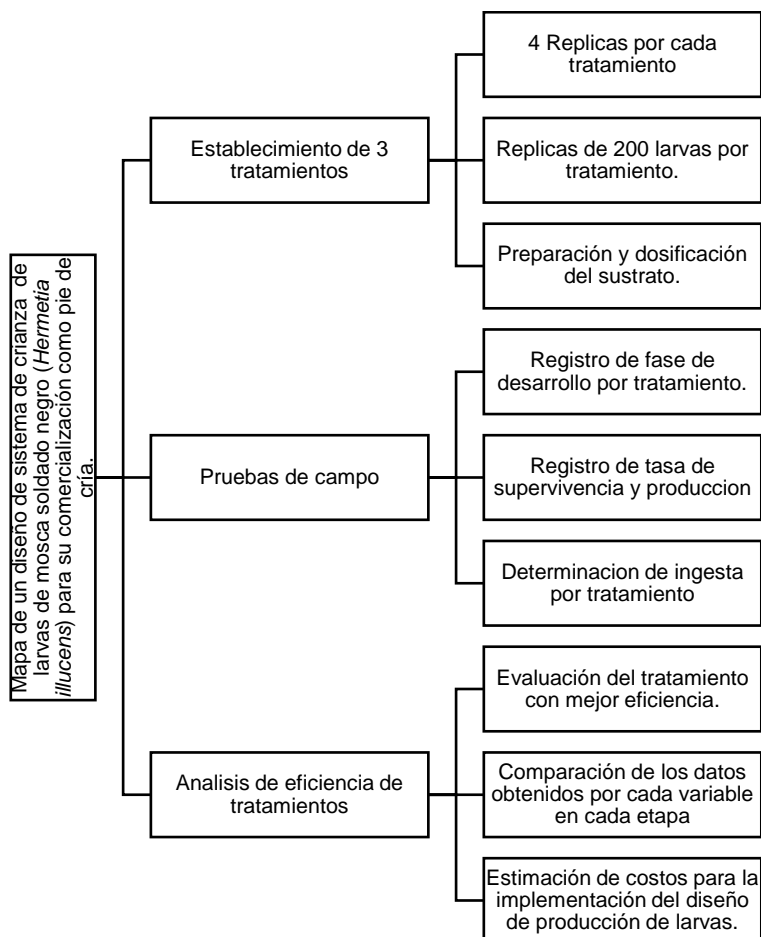


Figura 8. Metodología de un sistema de crianza de larvas de mosca soldado negro para la comercialización como pie de cría.

Existen muchas metodologías sobre la crianza de larvas de mosca soldado negro en diferentes condiciones y lugares, por ende; se realizó un sistema de crianza y reproducción en la ciudad de Guayaquil a una temperatura de 27 grados en los laboratorios de ESPOL edificio 45 de la Facultad Ciencias de la Vida (FCV). En este trabajo se aplicó diferentes tratamientos en la dieta para conocer los factores que influyen en el sistema propuesto. Además, se instaló a las afueras del edificio 45, 3 jaulas para la reproducción de las moscas en su

etapa adulta por cada tratamiento. En la ilustración 9 se describió de manera general, el proceso que se realizó para cumplir con los objetivos planteados y conocer el impacto del experimento.

2.1 Descripción del método.

2.1.1 Establecimiento de larvas por grupo

Una vez recolectados los huevos fueron colocados en tarinas cuyas tapas estaban modificadas de la siguiente manera, primero se retiró con una tijera la parte central, dejando un agujero y con silicona líquida se pegó una tela tipo malla que permitió el flujo del aire para evitar que se desarrollarán microorganismos. A los 3 días los huevos eclosionan, por lo que se colocó alimento (balanceado inicial para pollos) al 60 % de humedad dentro de la tarina para las larvas neonatas y a los 6 días se realizó la separación de las larvas del sustrato.

Para la separación del sustrato y las larvas, se utilizó un tamiz y un pincel, luego se colocaron las larvas en bandejas para que se secan. Con la ayuda del pincel se separó las larvas en grupos de 200 unidades y fueron colocadas en tarinas, al final se obtuvo 12 muestras, las cuales fueron divididas para 3 tratamientos, cada tratamiento tuvo 4 réplicas. Para establecer el número de tratamientos y replicas, se basó en el trabajo de estandarización de estudios cuantitativos de conversión de recursos con larvas de mosca soldado negro (G, y otros, 2019).

Para calcular la cantidad de larvas por área se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\# \text{ larvas} = \frac{\text{Área del recipiente} * 2.5 \text{ larvas}}{\text{cm}^2} \quad (1)$$

2.1.2 Preparación y dosificación del sustrato

Para el sustrato se trabajó con balanceado inicial para pollos de la marca WAYNE que contiene los siguientes ingredientes maíz, trigo, subproductos de arroz y trigo, aceite de palma, fosfato, carbonato de calcio, metionina, treonina L – triptófano, lisina, anticoccidiales, enzimas, antifúngicos, vitaminas y minerales.

Tabla 2. Información nutricional del balanceado inicial WAYNE.

Ingrediente	Porcentaje
Proteína cruda	21%
Grasa cruda	3%
Fibra cruda	4%
antifúngicos	
vitaminas y minerales	

Los tratamientos que se usaron fueron fermentación del alimento a 0 horas, 12 horas y 24 horas. Para cada tratamiento se consideró 4 réplicas de 200 larvas cada una, estas fueron alimentadas cada 3 días y por larva se procedió a dar 100 mg, se utilizó la siguiente ecuación para el cálculo de alimento a aplicar:

$$\text{Cantidad de comida } \left(\frac{\text{larvas}}{\text{día}} \right) = 100 \text{ mg} * \# \text{ de larvas} * \# \text{ de días} * \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \quad (2)$$

Aplicando esta ecuación se colocó cada 3 días 60 g de alimento durante 6 días semana y los siguientes 6 días se redujo a la mitad el alimento, además; cada día se revisaba que el alimento no se endureciera; ya que dificultaba la ingesta de las larvas, pero en el caso que se presentará se aplicaba con un rociador agua en pequeñas cantidades para evitar que se estresarán las larvas y mantener húmeda la comida. La aplicación de alimento se lo realizó durante 10 días, hasta que aparecieron las primeras prepupas, también se pesó cada bandeja antes de colocar el alimento para conocer la cantidad de gramos ingeridos por las larvas, todas las actividades fueron registradas.

2.1.3 Descripción y registro del desarrollo de las prepupas

2.1.3.1 Agrupación de prepupas

Después de 10 días de haberlas alimentado inició la recolección de prepupas, esto se realizó con la ayuda de un tamiz o cedazo para separarlas del alimento y de las larvas que aún no estaban en etapa prepupal. Una vez separadas del alimento fueron pesadas las prepupas y la comida sobrante de la tarina por tratamiento, además se contó la cantidad total de individuos vivos por cada replica y tratamiento.

Ya pesadas y registradas, las prepupas fueron colocadas en otras tarinas con 50 gramos de arena cernida, para que puedan reducir la humedad de sus cuerpos y pasar a la etapa pupal. Las larvas que aún no están en estado prepupal fueron colocadas en tarinas con alimento, cantidad de alimento agregada se la obtuvo con la ecuación antes mencionada. Durante tres días se realizó la recolección de las prepupas que fueron separadas en la primera cosecha y fueron colocadas en los recipientes (tarinas) asignadas para cada replica.

2.1.3.2 Elaboración del pupario.

Una vez que todas las prepupas han sido colocadas en bandejas con arena, las prepupas se van a enterrar para eliminar la humedad de su cuerpo y que la mosca pueda emerger fácilmente, la emergencia inicia a los 10 días. Las bandejas (tarinas) son colocadas en tarinas y se las cubre con una malla negra que les protege durante su metamorfosis, brindando el ambiente adecuado para su desarrollo.

Para una producción en gran escala se construye una jaula que consta de una estructura de madera cubierta totalmente por una malla negra (sarán), dejando espacio para poder ingresar a la jaula. La cantidad de pupas por metro cuadrado es de 3.8 kilogramos, por ende; el exceso de pupas puede dificultar la emergencia de la mosca soldado negro (Caruso & Devic, 2013).

$$\text{Cantidad de Pupas (kilogramos)} = \frac{\text{Área de bandeja} * 3.8 \text{ kilogramos}}{m^2} \quad (3)$$

2.1.4 Elaboración de jaula para moscas soldado negro.

Una vez que las moscas emergen son colocadas en pequeñas jaulas de 50 cm * 50cm * 50cm; la estructura está formado por 12 palitos de madera de 2 cm de grosor en forma de un cubo, a esta estructura se le coloca una malla fina de color blanca con la misma dimensión de la jaula en forma de cubo. A los extremos de la malla se encuentran tiras para amararlas en la estructura, esta jaula alojara a 200 moscas.

La jaula para producción de moscas a gran escala estará construida a lado de la jaula de las pupas, esto se debe a que una vez que emergen estas volarán hacia la jaula de luz o moscario que está conformada por una malla fina transparente bien sellada, para evitar que las moscas se salgan. Según el estudio Optimización de la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) reproducción artificial, la densidad por metro cubico es de 6500 moscas para mantener un sistema de cría eficiente (Hocl, Noell, Carpentier, Francis, & Caparros, 2019).

Además, dentro de la jaula se colocó un recipiente con una esponja humedecida para que las moscas puedan hidratarse, también se colocó un recipiente con un fermentado de fruta y moscas muertas (atrayente), el cual fue tapada con una malla para atraer a la mosca hembra y estimular la deposición de huevos. (Dormans, Diener, Verstappen, & Zurbrugg, 2017). Todos los días se revisó que la esponja este humedecida y se cambió el jugo fermentado cada 10 días.

2.1.5 Recolección de huevos de mosca soldado negro.

Dentro de cada jaula, se colocó un recolector de huevos que consta de pequeñas tablitas de madera de 12 centímetros de largo y 1 centímetro de grosor, los cuales serán agrupados uno encima de otro (3 tablitas), separados por una abrazadera plástica y amarados con un elástico en los extremos. Este recolector fue colocado encima del recipiente con fermentado y colocados en un lugar con sombra y que este protegido del agua (Dormans, Diener, Verstappen, & Zurbrugg, 2017).

La recolección de los huevos se lo realizo cada día, los recolectores son llevados al laboratorio y se separa cada tablita con mucho cuidado para que los huevos no se desprendan, el retiro de las masas de huevos se lo hace con un pincel seco, después fueron pesados, registrados, colocados en recipientes pequeños y etiquetados con la fecha y gramos obtenidos.

Una vez se retire los recolectores, se deben colocar unos nuevos y limpios, para que las moscas no pongan sus huevos a los filos de la malla que forma la jaula.

La recolección duro los 18 días que vivieron las moscas, recolectado entre 0.1 y 0.2 gramos, cada masa de huevos tienen un aproximado de 500 huevos.

A los 3 días inicia la eclosión de los huevos, por tal motivo se colocó alimento humedecido al 60% para las larvas neonatas, además a los 6 días las larvas tendrán el tamaño suficiente para separarlo en grupos y colocarlos en bandejas, el número de larvas recomendable es de 1.5 larvas por centímetro cuadrado (Caruso & Devic, 2013).

2.1.6 Comparación de información.

Se realizo un registro en un documento en EXCEL de todas las actividades antes mencionadas y se mediante un programa estadístico InfoStat, se verifico cuál de los tratamientos fue el más eficiente, con respecto a la supervivencia, producción y días de desarrollo.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Peso de larvas y prepupas para cada tratamiento.

En este proyecto se pesó 200 larvas de 6 días después de haber eclosionado por cada tratamiento, lo cual permitió conocer el peso promedio de la larva en esa etapa.

Tabla 3. Peso promedio por tratamiento de una larva de mosca soldado negro de 6 días.

Tratamientos	Peso de larvas	Peso promedio (g)
T1 -R1	0,8	0,004
T1 -R2	0,7	0,004
T1 -R3	0,8	0,004
T1 -R4	0,4	0,002
T2 -R1	0,5	0,003
T2 - R2	0,9	0,005
T2 - R3	0,9	0,005
T2 - R4	0,9	0,005
T3 - R1	0,7	0,004
T3 - R2	0,7	0,004
T3 - R3	0,7	0,004

Una larva de 6 días puede tener un peso promedio de 0.004 g e ingerir 0.015 gramos de alimento en el primer día. Después de 13 días se realizó la cosecha de las prepupas, se contó y se pesó cada replica para conocer su peso promedio.

Tabla 4. Peso promedio de una prepupa de mosca soldado negro cosechada a los 13 días.

Tratamientos	# Prepupas	Peso prepupas	Peso promedio prepupa (g)
T1 -R1	187	27,6	0,15
T1 -R2	174	26,4	0,15
T1 -R3	198	30,3	0,15
T1 -R4	159	23,6	0,15
T2 -R1	183	29,2	0,16
T2 - R2	200	30,4	0,15

T2 - R3	200	29,7	0,15
T2 - R4	188	29,9	0,16
T3 - R1	185	28,5	0,15
T3 - R2	181	29,5	0,16
T3 - R3	196	31,8	0,16
T3 - R4	175	27,9	0,16

Tabla 5. Total, del peso de las prepupas por cada tratamiento, cosechadas a los 13 días.

Tratamiento	Peso prepupas
0 H	107,9
12 H	119,2
24 H	117,7

Con el uso del programa estadístico InfoStat, se obtuvo el promedio de cada tratamiento, por cada tratamiento se aplicó cuatro replicas y el mayor promedio en el peso de prepupas fue en el tratamiento 2; con 12 horas de fermentacion de balanceado inicial de pollos al 60% de humedad seguido del tratamiento 3 con 24 horas de fermentación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso prepupas	12	0,37	0,22	6,64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,83	2	9,42	2,59	0,1294
Tratamiento	18,83	2	9,42	2,59	0,1294
Error	32,74	9	3,64		
Total	51,57	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,76518
 Error: 3,6372 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2	29,80	4	0,95 A
T3	29,43	4	0,95 A
T1	26,98	4	0,95 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

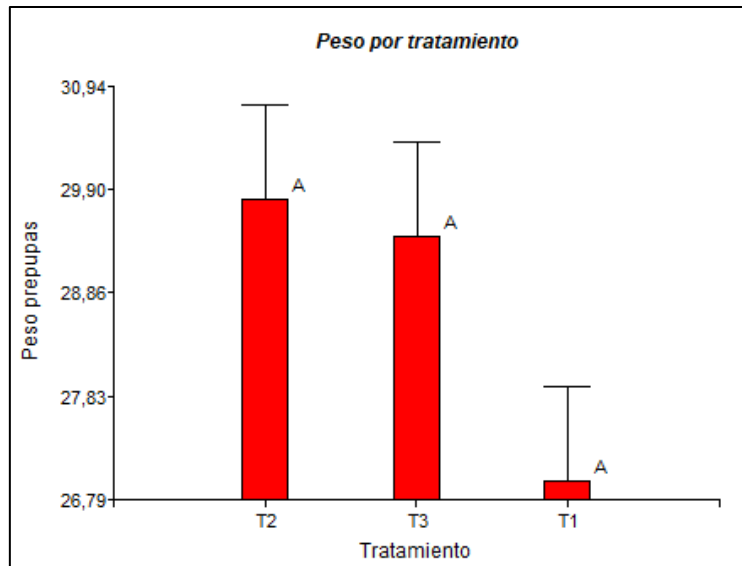


Figura 9. Diagrama de barras del peso promedio de prepupas por cada tratamiento.

3.2 Cantidad de prepupas para cada tratamiento.

Durante 13 días se realizó 4 aplicaciones de tratamientos, las primeras 2 aplicaciones fueron de 60 gramos y las 2 siguientes de 30 gramos; ya que en esa fase el consumo de alimento disminuye.

Tabla 6. Cantidad de prepupas por cada tratamiento obtenidas a los 13 días.

Tratamiento	# prepupas
0 H	718
12 H	771
24 H	737

Mediante el programa estadístico InfoStat se obtuvo el promedio de cada tratamiento, por cada tratamiento se aplicó cuatro replicas y el mayor promedio en la cantidad de prepupas fue en el tratamiento 2 con 12 horas de fermentacion de balanceado inicial de pollos al 60% de humedad seguido del tratamiento 3 con 24 horas de fermentación y al final el tratamiento 1 con 0 horas de fermentación.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
# Prepupas	12	0,22	0,04	6,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	360,50	2	180,25	1,24	0,3340
Tratamiento	360,50	2	180,25	1,24	0,3340
Error	1306,50	9	145,17		
Total	1667,00	11			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=23,78673

Error: 145,1667 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
T2	192,75	4	6,02 A
T3	184,25	4	6,02 A
T1	179,50	4	6,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

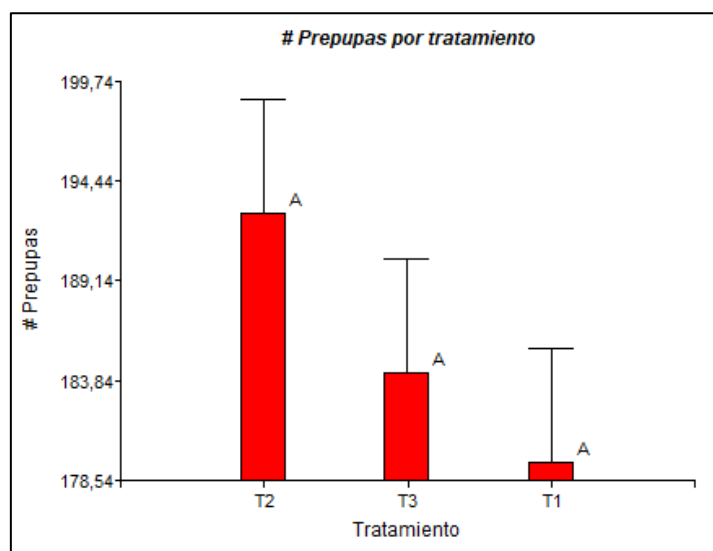


Figura 10. Diagrama de barras del promedio de la cantidad de prepupas por cada tratamiento.

3.3. Densidad promedio de machos y hembras por tratamiento.

Después de los 13 días fue separado las prepupa y colocadas en bandejas con arena para que eliminen la humedad de sus cuerpos y facilite el nacimiento de la mosca, a los 8 días se observó el nacimiento de las moscas y se realizó el registro de la cantidad de hembras y machos por cada tratamiento, además se procedió a obtener el promedio de estas.

Tabla 7. Promedio de moscas hembra y machos por tratamiento.

Tratamiento	HEMBRA	MACHO
T1	84	116
T2	93	107
T3	81	119

3.4 Cantidad de huevos recolectados por tratamiento.

Se realizó recolección diaria de huevos y se llevó un registro de estos durante 8 días. Los huevos recolectados fueron colocados en recipientes limpios y colocados en un lugar seco, protegiéndolo de la lluvia y sol.

Tabla 8. Cantidad en gramos de huevos por cada tratamiento.

Tratamiento	Huevos (g)
0 H	0,1
12 H	0,2
24 H	0,1

3.5 Análisis de correlación entre el peso y el número de prepupas

Según el coeficiente de Pearson las variables número de prepupas y peso de prepupas están estrechamente relaciones ya que esta próxima a 1. Es decir que el número entre más prepupas haya más será su peso, pero si lo analizamos viceversa, no existe relación alguna ya que el peso de las prepupas no define una mayor cantidad de individuos.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	# Prepupas	Peso prepupas
# Prepupas	1,00	1,5E-04
Peso prepupas	0,88	1,00

Figura 11. Coeficientes de correlación entre las variables número y peso de prepupas.

3.5 Costos por tratamiento de mosca soldado negro.

Para cada tratamiento se utilizó los mismos materiales como tarrinas, esponja, silicona entre otras, pero el tiempo de fermentación del balanceado inicial de pollo humedecido al 60% fue diferente; ya que se fermentó a 12 horas y 24 horas. La cantidad total de balanceado aplicado fue de 180 gramos por cada tratamiento, las dimensiones de cada jaula y malla utilizada por tratamiento fue de 50 cm por cada lado, todos los materiales utilizados en cada tratamiento implicó un costo, el cual fue de \$52.41 dólares por los 3 tratamientos.

Figura 12. Lista de materiales y costo total de un tratamiento.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio	Precio
Jaulas	1	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Malla	m	1	\$ 1,60	\$ 1,60
Tarrinas	1	12	\$ 0,06	\$ 0,72
Esponja	1	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Balanceado	Kg	0,288	\$ 0,20	\$ 0,20
Tablitas	1	3	\$ 0,60	\$ 1,80
Malla Tarina	1	1	\$ 2,57	\$ 2,57
Barras de silicón	1	2	\$ 0,15	\$ 0,30
Malla para tamiz	1	1	\$ 2,68	\$ 2,68
Pistola de silicón	1	1	\$ 3,50	\$ 3,50
Elástico	m	1,5	\$ 0,60	\$ 0,60
Total				\$ 17,47

Estos costos pueden variar según la cantidad de larvas usadas para reproducir, por lo tanto, se debe utilizar las ecuaciones (1) y (3) para conocer el área necesaria para cierta cantidad de larvas, prepupas y moscas.

CAPÍTULO 4

4.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Como resultado del diseño se obtuvo que el tratamiento más eficiente con respecto a producción de huevos, peso de prepupas, cantidad de prepupas y cantidad de hembras fue el Tratamiento 2 con la fermentación de 12 horas del balanceado inicial de pollo al 60% de humedad.
- Con el Tratamiento 2 se obtuvo 0.1 gramos de huevos más en comparación con el Tratamiento 1 y 3. Es decir que solo 12 horas de fermentación son suficientes para obtener un 50% más de producción de huevos.
- Los costos de producción por cada tratamiento fueron de \$17.47 dólares, sin embargo; se obtuvo mayor producción de huevos, prepupas y hembras en el Tratamiento 2. Es decir que aplicando el tratamiento 2 se puede obtener mayor producción a un mismo costo.

RECOMENDACIONES

- Se debe considerar que el área utilizada para la reproducción de la mosca soldado negro debe estar cubierta de malla y tener la estructura necesaria para protegerla de la lluvia, otros insectos y exceso de sol, sobre todo en las etapas huevos, larvas, prepupas y pupas.
- Es importante proporcionar alimento; ya que a falta de esto se puede reducir la supervivencia de las larvas, además el alimento debe estar humedecido hasta un 70% de humedad; ya que el exceso de agua estresa a las larvas y provoca que quieran salir de los recipientes moviéndose hacia zonas oscuras y a la falta de alimento las larvas mueren.

- En estado larval, prepupas y pupas es necesario colocarlas en una zona oscura o cubrirlas con mallas, hojas de plátano, entre otros para evitar que se estresen y que se escapen de los recipientes.

Bibliografía

- Aliaga Campos, L. M. (Marzo de 2019). *Estudio de la prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de larvas de mosca*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2021, de http://repositorio.uarm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12833/2032/Aliaga%20Campos%2c%20Luis%20Miguel_Trabajo%20de%20investigaci%20n_Bachillerato_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bertrand, H., Noel, G., Carpetier, J., Francis, F., & Caparros, R. (2019). Optimization of black soldier fly (*Hermetia illucens*) artificial reproduction. *Functional and Evolutionary Entomology–Gembloux Agro-Bio Tech*, 2-6.
- Bullock, N., Chapin, E., Evans, A., Elders, B., Givens, M., & Jeffay, N. (2015). *The Black Soldier Fly How to Guide*. Fayetteville : UNC-Chapel Hill.
- Cabrera, D., & Lopez, A. (2021). *Evaluación de la larva mosaca soldado negro (Hermetia illucens) como alternativa para degradacion de residuos*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2021, de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8329/1/6152687-2021-1-IQ.pdf>
- Caruso, D., & Devic, E. (2013). *Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) Hermetia illucens, Stratiomyidae*. IRD y IBP Press.
- Chelsea, M., Cammack, J., & Tomberlin, J. (25 de Mayo de 2019). *Life-History Traits of the Black Soldier Fly, Hermetia illucens (L.)*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2021, de <https://www.mdpi.com/2076-2615/9/5/281/htm>
- Čičková, H. N. (Enero de 2015). *“The use of fly larvae for organic waste treatment*. Recuperado el 2 de Diciembre de 2021, de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Diclaro II, Joseph W, & Phillip E. (s.f.). *Black Soldier Fly Hermetia illucens Linnaeus (Insecta: Stratiomyidae)*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2021, de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf%5CIN%5CIN830%5CIN830-Dtvpixxu0h.pdf>
- Diener, S. (2010). *Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag)*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2021, de

- https://www.eawag.ch/fileadmin/Domain1/Abteilungen/sandec/publikationen/SWM/BSF/Valorisation_of_organic_solid_waste.pdf
- Dormans, B., Diener, S., Verstappen, B., & Zurbrugg, C. (2017). Black Soldier Fly Biowaste Processing. *eawag aqua research*, 29-30.
- Food and Agricultural Organization (FAO). (2013). *La contribución de los insectos en la seguridad alimentaria, los medios de vida y el ambiente*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2021, de <https://www.fao.org/3/i3264s/i3264s00.pdf>
- G, B., Oonincx, D., Jordan, H., Zhang, J., Loon, J. v., Huis, A. v., & Tomberlin, J. (2019). *Standardisation of quantitative resource conversion studies with black soldier fly larvae*. USA. Recuperado el 6 de Noviembre de 2021
- Gomez Garcia, W. (2018). *Evaluación de un sistema de vermicultura utilizando larvas de Hermetia Illucens y Tenebrio Molitor para el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la plaza de mercado la Rosita*. Recuperado el 6 de Noviembre de 2021, de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5180/digital_36266.pdf?seque
- Hocl, B., Noell, G., Carpentier, J., Francis, F., & Caparros, R. (2019). Optimization of black soldier fly (*Hermetia illucens*) artificial reproduction. *PLOS ONE*, 10-11. Recuperado el 1 de Diciembre de 2021
- J. Reátegui. (2020). Harina de larva de *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de *Cavia porcellus* (Cuy): efecto en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. *Scientia Agropecuaria*, 2-4. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2077-99172020000400513#B20
- Mohamed, A., Manal, S., Wed, A., Samed, A., & Ragni, M. (6 de Agosto de 2020). *Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry*. Recuperado el 22 de Noviembre de 2021, de <https://www.mdpi.com/2077-0472/10/8/339/htm#B87-agriculture-10-00339>
- Morales Quintana, J. (2021). *Biotransformación de residuos orgánicos a partir del manejo ex situ de Hermetia illucens (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae) como una alternativa para la gestión sostenible de los desechos sólidos*

en el Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado el 6 de Diciembre de 2021, de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23015/1/UCF-MORALES%20JONNATHAN.pdf>

Park, H. (2015). The Black Soldier Fly Larvae Manual. *University of Massachusetts - Amherst*, 5 - 9.

Salas, A., & Milagros, J. (2019). *Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de larvas de Hermetia illucens*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2021, de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/10141/AGsaaljm.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Soetemans, L., Uyttbroek, M., & Bastiaens, L. (2020). Characteristics of chitin extracted from black soldier fly in different life stages. *ELSEVIER*, 3-5.