

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación

Uso de larvas de *Hermetia illucens* (L.) en degradación de gallinaza

Estudiantes:

Josue Alejandro Fiallos Acosta

Saul Armando Martinez Menendez

Asesores:

Jesús Orozco, PhD.

Katerin Aguilar Veroy, Lcda.

Honduras, octubre 2024

Autoridades

SERGIO ANDRÉS RODRÍGUEZ ROYO

Rector

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento Ciencia y Producción Agropecuaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	6
Índice de Anexos.....	7
Resumen	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos.....	13
Ubicación del Experimento.....	13
Tratamiento de los Residuos Suministrados.....	13
Montaje del Experimento	13
Variables Evaluadas	15
Peso de Larvas.....	15
Longitud del Adulto.....	15
Ciclo de Vida.....	15
Porcentaje de Reducción de Residuos.....	15
Porcentaje de Bioconversión de Masa.....	16
Diseño Experimental.....	16
Análisis Estadístico	17
Resultados y Discusión.....	18
Peso de las Larvas al Día de Cosecha	18
Duración Total del Ciclo	20
Porcentaje de Reducción de Residuos.....	24
Porcentaje de Bioconversión de Masa.....	26
Tamaño del Adulto.....	29

	4
Conclusiones	30
Recomendaciones	31
Referencias.....	32
Anexos.....	34

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Tratamientos utilizados en alimentación de H. illucens. Zamorano, Honduras 2024.	16
Cuadro 2 Peso promedio de larvas de H. illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.....	18
Cuadro 3 Duración de las distintas etapas del ciclo de vida de H. illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.....	20
Cuadro 4 Índice de reducción de residuos por parte de larvas H.illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.....	25
Cuadro 5 Índice de bioconversión de residuos por parte de larvas H. illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.	27
Cuadro 6 Tamaño del adulto de H. illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones (cm).....	29

Índice de Figuras

Figura 1 A: Huevos de <i>H. illucens</i> pesados en grupos de 2g, B: Huevos de <i>H. illucens</i> en grupos de 2g colocados en bandejas con 1kg de sustrato - tratamiento 1 , C: Huevos de <i>H. illucens</i> en grupos de 2g colocados en bandejas con 1kg de sustrato - tratamiento 5, D: tratamientos en área de eclosión.....	14
Figura 2 <i>Peso promedio de larvas de H. illucens desde el día 1 hasta el día de cosecha, alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones</i>	19
Figura 3 Comparación de días a aparición de primera larva migratoria de <i>H. illucens</i> entre larvas alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones	21
Figura 4 <i>Comparación de días en formación de pupa de H. illucens entre larvas alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones</i>).	22
Figura 5 Comparación de días a emergencia del adulto de <i>H. illucens</i> entre larvas alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.	23
Figura 6 Comparación de porcentaje de reducción por parte de larvas <i>H. illucens</i> alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.	26
Figura 7 Comparación de porcentaje de reducción por parte de larvas <i>H. illucens</i> alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.	28

Índice de Anexos

Anexo A Imagen de pupas obtenidas del experimento.....	34
Anexo B <i>Imagen de frass luego de cosecha</i>	35
Anexo C Larvas colocadas en bandejas de crianza 1	36
Anexo D <i>Proceso de pesado de alimentos</i>	37
Anexo E <i>Proceso de mezclado de residuos</i>	38
Anexo F Pesado de larvas.....	39
Anexo G <i>Separación de frass al día de cosecha</i>	40

Resumen

El aumento de producción de la industria avícola ha traído consigo un aumento de los desechos provenientes de este rubro. Se ha propuesto el uso de larvas de *Hermetia illucens* (L.) como alternativa para manejar estos desechos, por su alta capacidad de alimentarse de residuos orgánicos. Este estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de sustratos compuestos por residuos del comedor estudiantil Doris Stone (C) y gallinaza (G) sobre: peso, capacidad de bioconversión, reducción, duración del ciclo y longitud del adulto de *H. illucens*. Se establecieron cinco tratamientos con tres repeticiones para un total de 15 unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en distintas mezclas con proporciones de: 100%G, G75%; D25%, G50%; D50%, G75%; D25% y 100%D. Se usó un Diseño Completo al Azar y se realizó un análisis de varianza y separación de medias por el método Duncan con significancia de probabilidad ≤ 0.05 . Las larvas alimentadas con la relación 100%D obtuvieron el mayor peso promedio por larva al día de cosecha (0.161 g) y mayor índice de bioconversión (11.6%). Las larvas alimentadas con las relaciones G50%; D50%, G75%; D25% y 100%D no presentaron diferencias significativas en cuanto al porcentaje de reducción. Las larvas alimentadas con la relación G75%; D25% obtuvieron la mayor longitud del adulto (1.64 cm) y la menor duración del ciclo (36 días). Este estudio sugiere que a medida que aumenta la proporción de gallinaza en la dieta de *H. illucens*, disminuye el rendimiento de las variables productivas debido a su pobre capacidad de aprovechar fibra en comparación a su habilidad de aprovechar carbohidratos, lípidos y proteínas.

Palabras clave: bioconversión, duración del ciclo, *H. illucens*, peso, reducción

Abstract

The increase in production in the poultry industry has brought with it an increase in poultry waste. The use of *Hermetia illucens* (L.) larvae has been proposed as an alternative to manage these wastes, due to their high capacity to feed on organic wastes. The objective of this study was to evaluate the effect of substrates composed of waste from the Doris Stone Student Dining Hall (C) and poultry manure (G) on weight, bioconversion capacity, reduction, cycle length and adult length of *H. illucens*. Five treatments were established with three replicates for a total of 15 experimental units. The treatments consisted of different mixtures with proportions of 100%G, G75%; D25%, G50%; D50%, G75%; D25%, G75%; D25% and 100%D. A Complete Randomized Design was used, and an analysis of variance and separation of means was performed by the Duncan method with probability significance ≤ 0.05 . Larvae fed with the 100%D ratio obtained the highest average weight per larva on the day of harvest (0.161 g) and the highest bioconversion index (11.6%). Larvae fed with the ratios G50%; D50%, G75%; D25% and 100%D did not show significant differences in terms of percentage reduction. Larvae fed with the G75%; D25% ratio obtained the longest adult length (1.64 cm) and the shortest cycle length (36 days). This study suggests that, as the proportion of hen manure in the diet of *H. illucens* increases, the performance of the productive variables decreases due to its poor capacity to use fiber compared to its ability to use carbohydrates, lipids and proteins.

Keywords: bioconversion, duration cycle, *Hermetia illucens*, reduction, weight

Introducción

El crecimiento poblacional acelerado ha generado que los sistemas de producción globales se vean en la obligación de maximizar sus actividades productivas. Las ciudades y centros urbanos principales se han visto en la tarea de encontrar soluciones viables a problemas de contaminación atmosférica, escases de recursos naturales y sobre todo el manejo excesivo de residuos (Rodríguez Deza, 2018). Las grandes industrias han sido actores clave en el desarrollo tecnológico, sin embargo, el aumento en las producciones industriales y agropecuarias ha ocasionado un uso excesivo de recursos y, sobre todo, la producción masiva de desechos de todo tipo. Si bien ya se han establecido mecanismos de control y vigilancia para el uso de recursos, el enfoque actual dirige el esfuerzo a encontrar soluciones asociadas al tratamiento y disposición de los residuos provenientes de actividades agropecuarias e industriales, para de esta manera, asegurar un mejor aprovechamiento de los recursos y una reducción en los niveles de contaminación (Gamboa y Orozco, 2008).

La industria agropecuaria es el sector determinante para la producción de comida a nivel mundial, a su vez, las actividades agrícolas y pecuarias producen grandes cantidades de residuos que sin el manejo adecuado resultan ser una fuente de contaminación. Sin embargo, con el proceso óptimo de manejo de residuos, estos se pueden convertir en materia prima aprovechable para la optimización de otros procesos agrícolas o agroindustriales (Rosas-Calleja et al., 2016). Los residuos que se presentan en mayor proporción pueden ser provenientes de explotaciones avícolas, ganaderas, frutales, entre otros. Con la ayuda de diferentes biotecnologías y procesos metabólicos naturales, estos desechos pueden ser fuentes de subproductos como biogás, aceites esenciales y alimentación animal y humana. Por esto, el estudio de nuevas tecnologías debe estar enfocado en la evaluación de rendimientos, eficiencia y riesgos asociados con el manejo de residuos para obtener subproductos de calidad e inoivos (Yepes et al., 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, el uso de organismos con habilidades biotransformadoras resulta ser una opción viable para el manejo de algunos residuos provenientes de industrias productoras de alimentos, por ejemplo, la avicultura.

En el rubro avícola se producen desechos como el material de cama, agua contaminada, viseras y excrementos (gallinaza o pollinaza). Se denomina gallinaza a los desechos sólidos de la producción de gallina ponedora, compuesta por la cama de producción o sin esta, las excretas y otros residuos como huevos rotos, plumas y restos de alimento (Arroyave Sierra y Chamorro Rengifo, J., y Ochoa Muñoz, A. F., 2019). Sin el manejo adecuado, la gallinaza es un contaminante potencial de agua, aire y suelo, esto debido a que presenta niveles elevados de nutrientes como nitrógeno y fósforo, además, este desecho es un potencial productor de amoníaco, sulfuro de hidrogeno y compuestos orgánicos volátiles (Food and Agriculture Organization [FAO], 2013). De acuerdo con lo anterior, esta misma riqueza de nutrientes y compuestos, convierte a la gallinaza como un desecho atractivo para el procesamiento y conversión en subproductos para la nutrición vegetal y animal.

El orden Díptera está constituido por más de 150,000 especies, dentro del cual se ha estudiado un número considerable de especies para buscar asociaciones directas entre insecto y materia orgánica. Por otro lado, la mosca soldado-negra, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera, Stratiomyidae) es un insecto nativo de neotrópico que se encuentra distribuida en todas las áreas cálidas a nivel global. las larvas de esta especie son polífagas y pueden alimentarse de gran variedad de fuentes. La utilización de larvas de *H. illucens* se ha planteado como una alternativa para el control de desechos orgánicos, procesamiento de compostaje y como suplemento alimenticio en dietas animales (Arroyave Sierra y Chamorro Rengifo, J., y Ochoa Muñoz, A. F., 2019).

Las larvas de *H. illucens* utilizadas como alimento representan un alto valor nutricional, aun así, el perfil nutricional varía de acuerdo con el sustrato de crianza (Heredia y Villalba, 2020). Los rangos de proteína bruta varían entre 28 – 48% (Maquart PO et al., 2019). En la etapa prepupal la larva

contiene alrededor de 31-35% de grasa. Estos valores indican que la crianza de larvas de mosca soldado puede producir un producto final benéfico para su uso en alimentación animal.

La versatilidad alimenticia de las larvas con respecto al sustrato está asociada a la composición biológica de la flora intestinal, ya que se ha encontrado presencia de comunidades bacterianas de cuatro filos (bacteroidetes, firmicutes, protobacterias y gammaproteobacterias), esto genera que la actividad enzimática sea extremadamente variada y permita la degradación efectiva y eficiente de amplia variedad de residuos. La producción de enzimas básicas (proteasa, amilasa, lipasa y celulasa) está ligada a bacterias como *Bacillus amyloliquefaciens*, *B. stratosphericus* y *Proteus mirabilis* (Jeon et al., 2011).

En estudios previos realizados en la Escuela Agrícola Panamericana – Zamorano, se obtuvo que las larvas con mejor eficiencia en la degradación de residuos fueron las alimentadas con desechos del comedor estudiantil Doris Stone, con una ración diaria de 100mg/larva/día (Alonzo y Hernandez-Carías MG, 2019) . Sin embargo, el uso de gallinaza como sustrato para la crianza y producción de *H. illucens* puede ser una opción viable para la producción de alimento animal y degradación y manejo de residuos avícolas, reduciendo el impacto de los desechos generados en dicha actividad. De acuerdo con (Oonincx DG et al., 2015) las larvas de *H. illucens* alimentadas con gallinaza puede alcanzar un valor de proteína cruda de 31.08%.

El objetivo de este estudio fue: evaluar el efecto de distintas inclusiones de gallinaza en la alimentación de larvas de *Hermetia illucens* y como influyen en el peso, capacidad de bioconversión y reducción, duración del ciclo y longitud de adultos.

Materiales y Métodos

Ubicación del Experimento

El estudio se realizó en el Laboratorio de Entomología de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yeguaré, kilómetro 30 al este de Tegucigalpa, departamento de Francisco Morazán, Honduras. El sitio donde se realizó el estudio se encuentra a una elevación de 800 m.s.n.m, con una precipitación durante los meses del estudio (junio-agosto) de 90 mm y una temperatura promedio de 26.6 °C.

Tratamiento de los Residuos Suministrados

Los residuos de comida utilizados en este experimento son provenientes del comedor estudiantil Doris Stone, los cuales fueron recolectados cada dos días en botes con capacidad de 40 kg. Para el acondicionamiento de estos residuos se hizo una selección in situ entre residuos orgánicos e inorgánicos; antes de su utilización, se colocaron en un escurridor por un tiempo de 24 horas con el fin de retirar el exceso de humedad presente.

La gallinaza utilizada para el experimento fue colectada cada 2 días proveniente de la Unidad y Centro de Aprendizaje Avícola de Zamorano en botes de 40 kg. Debido a la baja humedad de la gallinaza, esta se humedeció con 60 litros de agua para que obtenga la consistencia necesaria para realizar la mezcla. Luego, se expuso el contenedor al sol y se dejó reposando por un tiempo de 3 días. Con este procedimiento logramos eliminar los insectos presentes en la gallinaza, garantizando así un sustrato libre de contaminación.

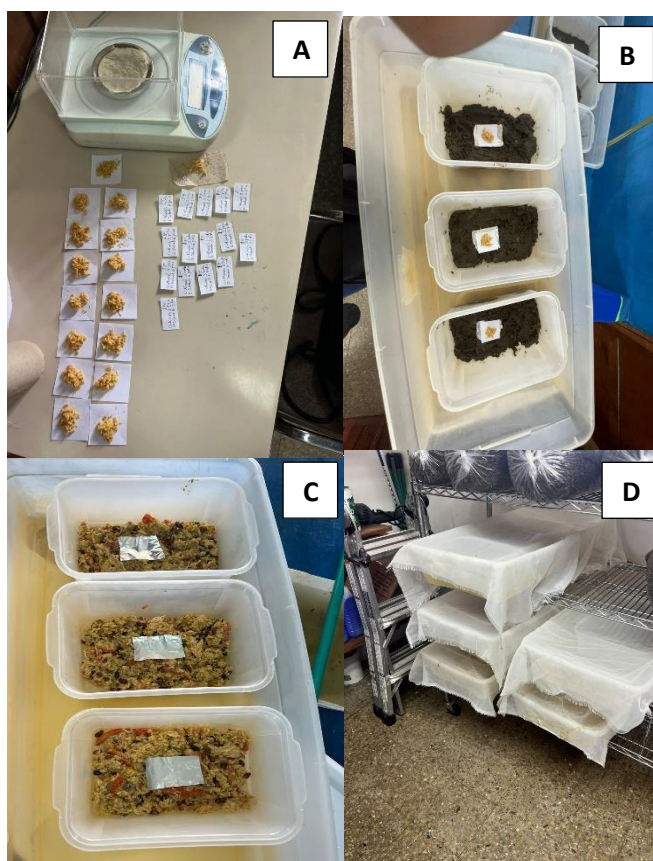
Montaje del Experimento

El montaje del experimento se realizó en bandejas de diferentes capacidades acorde al crecimiento de las larvas, iniciando con la recolecta de huevos a partir de la colonia de *Hermetia illucens* establecida en el laboratorio de Entomología; estos huevos fueron pesados en grupos de 2g (Figura 1) que posteriormente se colocaron en bandejas de crianza 1 (capacidad de 4 L) con 1 kg de sustrato según el tratamiento correspondiente. Al séptimo día, las larvas se trasladaron a las bandejas

de crianza 2 (capacidad de 9 L) en las cuales se les suministró 2kg de alimento cada dos días hasta el día 11. Al día 11, se trasladaron las larvas a las bandejas de crianza 3 (capacidad de 39 L) en las que se les suministro 4 kg de alimento cada dos días hasta el día 23 del experimento. La frecuencia de alimentación se basó en el protocolo establecido por el laboratorio de Entomología de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano.

Figura 1

A: Huevos de H. illucens pesados en grupos de 2g, B: Huevos de H. illucens en grupos de 2g colocados en bandejas con 1kg de sustrato - tratamiento 1, C: Huevos de H. illucens en grupos de 2g colocados en bandejas con 1kg de sustrato - tratamiento 5, D: tratamientos en área de eclosión.



Variables Evaluadas

En conjunto con la toma de datos, se realizaron observaciones cualitativas acerca del desempeño de las unidades experimentales, entre las cuales se anotó la consistencia y color del sustrato y el comportamiento de las larvas en estos.

Peso de Larvas

Desde la aparición de las primeras larvas hasta que las unidades experimentales presentaron el 50% de larvas migratorias, se tomaron veinte larvas por repetición que luego fueron devueltas a las bandejas de las cuales se extrajeron. Esta actividad se realizó diariamente entre las 8:00 A.M. – 12:00 P.M. con ayuda de una balanza US. Solid con una precisión de 0.001 g.

Longitud del Adulto

Luego de la emergencia de los adultos, se recolectaron y congelaron 5 adultos por cada unidad experimental, para luego medir el tamaño de cada mosca en cm con un pie de rey, tomando en cuenta que no estuviera doblada o encorvada.

Ciclo de Vida

Para la estimación de la duración del ciclo de vida, se realizaron observaciones diarias, en las que se tomaron en cuenta cambios visibles como ser: eclosión de los huevos, cambio de coloración de las larvas, formación de pupas y emergencia de adultos. Estas observaciones ayudaron a determinar el inicio o final de los distintos estadios por los que pasaron las larvas.

Porcentaje de Reducción de Residuos

Una vez alcanzado el 50% de larvas migratorias en la bandeja, las larvas fueron cosechadas y se separaron del sustrato. El sustrato sobrante se pesó y resto del total de residuos proporcionados y se procedió a utilizar la Ecuación 1.

$$PR = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad [1]$$

Donde;

PR= Porcentaje de reducción.

W1= Peso inicial del sustrato.

W2= Peso final del sustrato.

Porcentaje de Bioconversión de Masa

La bioconversión es un proceso mediante el cual los residuos orgánicos se convierten en productos biológicos.

Para el cálculo del porcentaje de bioconversión de masa, se procedió a utilizar la Ecuación 2.

$$PBC = \frac{W2}{W1} \times 100 \quad [2]$$

Donde;

PBC= porcentaje de bioconversión.

W2= peso final de las larvas.

W1= peso inicial del sustrato

Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño Completo al Azar (DCA), compuesto por cinco tratamientos, de los cuales uno fue el tratamiento control (100% Doris); los demás tratamientos fueron combinaciones entre residuos del Comedor Doris Stone (RCDS) y estiércol de gallina (EG) (Cuadro 1). Para efectos de este estudio se realizaron tres repeticiones por tratamiento para un total de 15 unidades experimentales.

Cuadro 1

Tratamientos utilizados en alimentación de H. illucens. Zamorano, Honduras 2024.

Composición de los tratamientos		
Tratamientos	Gallinaza	Residuos del comedor
G100:D0	100%	0%
G75:D25	75%	25%
G50:D50	50%	50%
G25:D75	25%	75%
G0:D100	0%	100%

Nota. G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

Análisis Estadístico

Se realizó un análisis de varianza y separación de medias por el método Duncan a una significancia de probabilidad ≤ 0.05 a las variables peso de larvas, duración total del ciclo, porcentaje de reducción, porcentaje de bioconversión y longitud de los adultos. Los datos se analizaron utilizando el programa "Statistical Analysis Systems" (SAS® en línea).

Resultados y Discusión

Peso de las Larvas al Día de Cosecha

El peso de las larvas se tomó a partir del cuarto día de haber montado el experimento dado que los huevos tardan entre 3 y 4 días para eclosionar. Las larvas alimentadas con la relación G0:D100 mostraron un peso promedio por larva al día de cosecha de 0.161 g. Las larvas alimentadas con la relación G25:D75 obtuvieron la media más alta entre los tratamientos con inclusión de gallinaza, con un valor de 0.1364 g/larva al día de cosecha, mostrando diferencias significativas con el tratamiento control (G0:D100) y siendo superior estadísticamente al resto de los tratamientos.

Las larvas alimentadas con la relación G50:D50 obtuvieron un valor de 0.1316 g/larva, siendo diferente estadísticamente al valor obtenido por las larvas alimentadas con la relación G75:D25 con un valor de 0.1042 g/larva. La relación G100:D0 obtuvo el peor rendimiento de peso de larvas al día de cosecha con un valor de 0.05948 g/larva, siendo así estadísticamente diferente al resto de los tratamientos. (Cuadro 2)

Según los resultados, la utilización de la relación G25:D75 es viable si la producción de *H. illucens* se realiza con el propósito de la inclusión de esta en dietas animales, ya que un mayor peso por larva representaría una mayor oferta de nutrientes.

Cuadro 2

Peso promedio de larvas de H. illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.

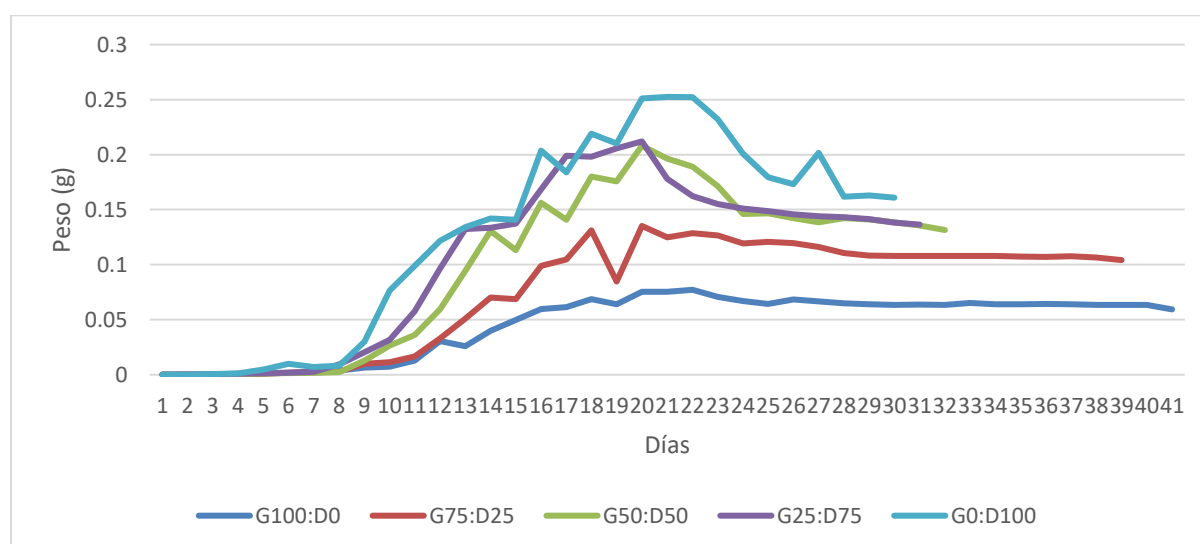
Tratamientos	Peso a cosecha (g)
G100:D0	0.05948 e
G75:D25	0.1042 d
G50:D50	0.1316 c
G25:D75	0.1364 b
G0:D100	0.161 a
%C. V	10.84592
P	0.0003
R ²	0.931771

Nota. G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

En la figura 2 se observa el desempeño del crecimiento de las larvas a lo largo del experimento, se evidencia una tendencia continua de crecimiento en todos los tratamientos hasta el día 19, día en el cual se cumplió con el protocolo de alimentación establecido por el Laboratorio de Entomología de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Cabe destacar que la relación que obtuvo un mayor crecimiento fue G0:D100. Esto se puede explicar gracias a que este tratamiento, tiene un contenido nutricional balanceado tanto en grasas, lípidos y proteína, en contraste con el resto de los tratamientos.

Figura 2

*Peso promedio de larvas de *H. illucens* desde el día 1 hasta el día de cosecha, alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones*



Nota. ^G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

Lalander et al. (2019) sostienen que el valor nutricional de los sustratos de alimentación juegan un papel importante en el desarrollo larval de *H. illucens*. Los datos reportados por esta investigación contrastan con lo reportado por la investigación Lalander et al. (2019), donde las larvas alimentadas con gallinaza obtuvieron un peso a cosecha de 0.164 g en comparación al reportado en este experimento que fue de 0.05 g. Esta diferencia se atribuye a que las larvas en dicha investigación fueron alimentadas por 10 días con alimento para gallinas (Grann garden Honsfoder Start, energía

metabolizable 11.2MJ/kg, 80% humedad), teniendo un efecto directo en la ganancia de peso de las larvas.

Así también, los resultados de la presente investigación contrastan con la de Rehman et al. (2017), quienes obtuvieron un valor de 0.097 g de peso para las larvas alimentadas con gallinaza. En esta investigación, las larvas fueron alimentadas los primeros 6 días con una dieta estandarizada para la colonia; lo que pudo tener un efecto positivo sobre la ganancia de peso de las larvas. Tomando esto en cuenta, se concuerda con lo expresado por Barragan-Fonseca et al. (2018), quienes indican que el desempeño y composición corporal de las larvas de *H. illucens* dependen de la calidad y cantidad del alimento que se les suministre y de otros factores abióticos como la densidad larval.

Duración Total del Ciclo

Para estimar la duración total del ciclo de vida de *H. illucens*, se consideraron los días transcurridos desde la recolección de los huevos hasta la emergencia del adulto. Dentro de este período, se identificaron diferentes etapas de desarrollo, tales como: días de eclosión, días a aparición de primera larva migratoria, días en formación de pupa y días a emergencia del adulto. Todos los tratamientos tuvieron un tiempo de eclosión de 4 días (Cuadro 3).

Cuadro 3

Duración de las distintas etapas del ciclo de vida de H. illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones

Tratamientos	DLM	Días a cosecha	FP	Días a emergencia
G100:D0%	34 a	41 a	8 b	49 a
G75:D25	32 b	39 b	5 c	44 b
G50:D50	25 c	32 c	9 a	41 c
G25:D75	24 d	31 d	5 c	36 e
G0:D100	23 e	30 e	8 b	38 d
%C.V	0	0	0	0
P	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
R ²	1	1	1	1

Nota. DLM: Días a aparición de primera larva migratoria; FP: Días en formación de pupa

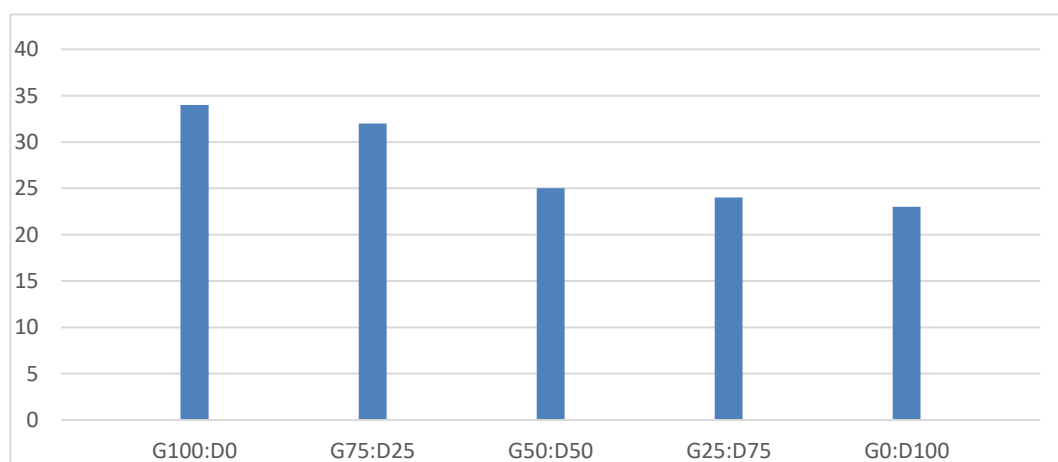
G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

Las larvas alimentadas con la relación G0:D100 tuvieron un total de 23 días a aparición de primera larva migratoria. Las larvas alimentadas con la relación G25:D75 presentaron la aparición de primera larva migratoria a los 24 días, mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) con los demás tratamientos, seguido por la relación G50:D50 que obtuvo un total de 25 días a aparición de primera larva migratoria. Las larvas alimentadas con la relación G75:D25 obtuvieron un total de 32 días, mostrando diferencias significativas con la relación G100:D0 que obtuvo la mayor duración del período a aparición de primera larva migratoria con 34 días, lo que indica el peor rendimiento.

Estos últimos dos tratamientos mostraron ser estadísticamente inferiores a los tratamientos mencionados anteriormente. Podemos observar una mayor duración del periodo larval en los tratamientos con mayor proporción de gallinaza, esto debido a la baja capacidad de *H. illucens* de digerir la gallinaza por lo que se reduce la absorción de nutrientes y como resultado se alarga la duración del periodo larval. Esto quiere decir que la relación G25:D75 fue mejor en comparación con los demás tratamientos con inclusión de gallinaza, ya que, obtuvo una reducción estadísticamente significativa en cuanto a los días a aparición de primera larva migratoria. (Figura 3)

Figura 3

Comparación de días a aparición de primera larva migratoria de H. illucens entre larvas alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones



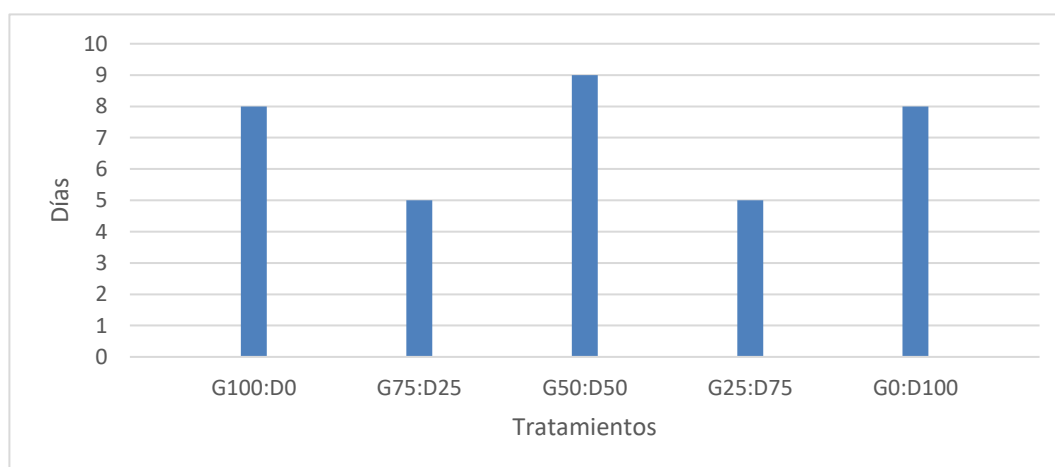
Nota. ^G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

Los datos de este estudio contrastan con los resultados obtenidos por (Rehman et al., 2019), quienes utilizando estiércol de gallina como sustrato de alimentación de *H. illucens* obtuvieron una total de 18 días para la aparición de primera larva migratoria. Este fue estadísticamente inferior a los demás tratamientos evaluados que consistían en distintas proporciones entre estiércol de gallina y estiércol de vaca. Este estudio sugiere que a medida que aumenta la cantidad de fibra presente en la alimentación de *H. illucens*, aumenta el período de desarrollo larval debido a la pobre habilidad de *H. illucens* para digerir correctamente las fibras.

Los resultados obtenidos en este estudio contrastan en gran medida con la investigación de Oonincx DG et al. (2015) donde se reportó un total de 144 días a aparición de primera larva migratoria para larvas criadas en gallinaza. Esta diferencia se puede atribuir a que en la investigación de Oonincx DG et al. (2015), la gallinaza suministrada a las larvas de *H. illucens* fue secada antes de ser rehidratada, esto pudo haber disminuido el valor nutricional de la gallinaza debido a la desnaturalización de nutrientes por el proceso térmico al que fueron sometidos, provocando que se alargue el periodo de desarrollo larval.

Figura 4

Comparación de días en formación de pupa de *H. illucens* entre larvas alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones).

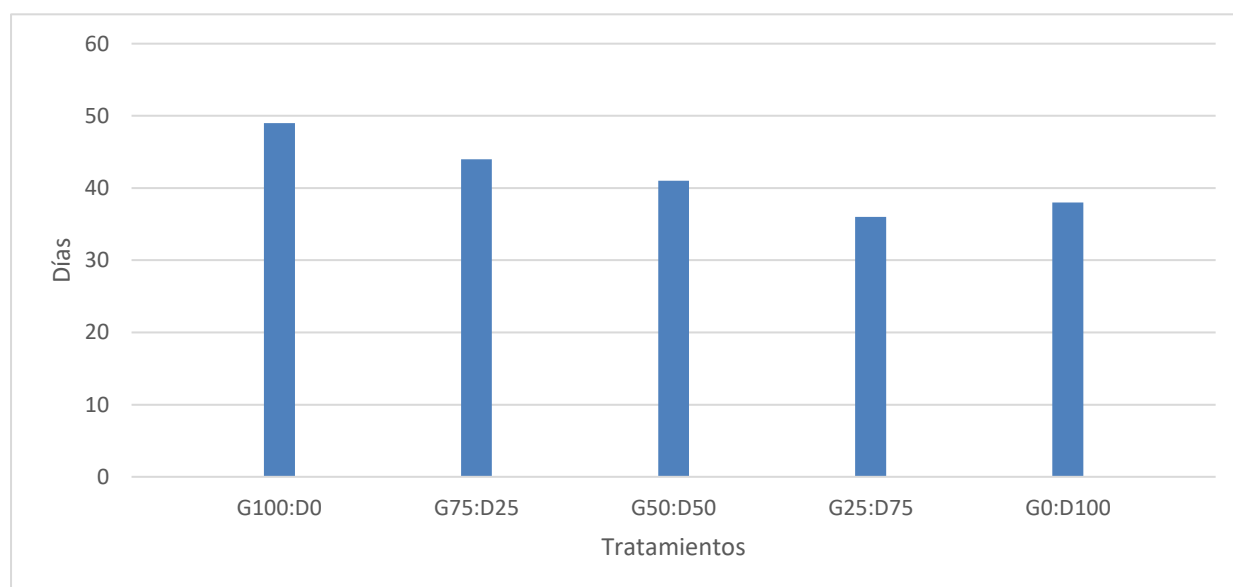


Nota. G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

En cuanto a los días en formación de pupa, las larvas alimentadas con las relaciones G25:D75 y G75:D25 obtuvieron el menor tiempo en formación de pupas con un total de 5 días, siendo así estadísticamente diferentes al resto de proporciones evaluadas. Podemos observar que no existe diferencia significativa entre estas relaciones sobre los días en formación de pupa. Las relaciones G0:D100 y G100:D0 obtuvieron una duración de 8 días y no existió diferencia estadística entre ellas. Sin embargo, las larvas alimentadas con la relación G50:D50 obtuvieron una duración de 9 días en formación de pupa, siendo así la proporción que obtuvo el peor rendimiento en cuánto a días en formación de pupa (Figura 4).

Figura 5

*Comparación de días a emergencia del adulto de *H. illucens* entre larvas alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.*



Nota. G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

En cuanto a los días a emergencia del adulto, las larvas alimentadas con la relación G0:D100 obtuvieron un total de 38 días. Las larvas alimentadas con la relación G25:D75 obtuvieron el mejor desempeño con un total de 36 días a emergencia del adulto, mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$) con las demás proporciones evaluadas. Esto quiere decir que la relación G25:D75 fue estadísticamente mejor al resto de tratamientos, ya que, obtuvo el menor valor en cuanto a la

duración de días a emergencia del adulto. Las larvas alimentadas con la relación G50:D50 obtuvieron un total de 41 días a emergencia del adulto, mostrando diferencias significativas con los demás tratamientos. Las larvas alimentadas con la relación G75:D25 obtuvieron una duración de 44 días, mostrando diferencias significativas con la relación G100:D0 que obtuvo la mayor duración de días a emergencia del adulto con 49 días. En base a los resultados, se observa una mayor duración del ciclo en las relaciones G100:D0, G75:D25 y G50:D50. Sin embargo, la relación G25:D75 que obtuvo la menor duración total del ciclo; demostrando la viabilidad de esta proporción como sustrato para la cría de *H. illucens*. (Figura 5)

Porcentaje de Reducción de Residuos

La relación G0:D100 obtuvo un porcentaje de reducción de 93.50%, seguido por las relaciones G25:D75 y G50:D50 que obtuvieron valores de 92.25% y 90.65%, respectivamente. Estos últimos dos tratamientos no presentaron diferencias significativas entre ellos. De manera que, si se utiliza la relación G25:D75 o si se utiliza la relación G50:D50 obtendremos los mismos resultados en cuanto al índice de reducción. Por lo que, se sugiere utilizar la relación G50:D50 para mayor aprovechamiento de la gallinaza.

La relación G75:D25 obtuvo un valor de 85.54%, mostrando así diferencias significativas con los tratamientos mencionados anteriormente. Esto quiere decir que al alimentar las larvas con la relación G75:D25, se obtendrán resultados estadísticamente inferiores en cuanto al porcentaje de reducción de residuos en comparación con las proporciones ya mencionadas. La relación G100:D0 obtuvo el menor rendimiento con un porcentaje de reducción de 81.66%, mostrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Cuadro 4 y Figura 6). Con estos datos se puede inferir que a medida que se incrementa la inclusión de gallinaza en el alimento de *H. illucens*, esta pierde la capacidad de reducir el sustrato, esto se atribuye al contenido de fibra presente en la gallinaza.

Cuadro 4

*Índice de reducción de residuos por parte de larvas *H.illucens* alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.*

Tratamientos	Índice de reducción
G100:D0*	81.66 e
G75:D25	85.5433 d
G50:D50	90.65 bc
G25:D75	92.25 bc
G0:D100	93.5033 ab
%C.V	1.122604
P	<0.0001
R ²	0.974262

Nota. ^G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

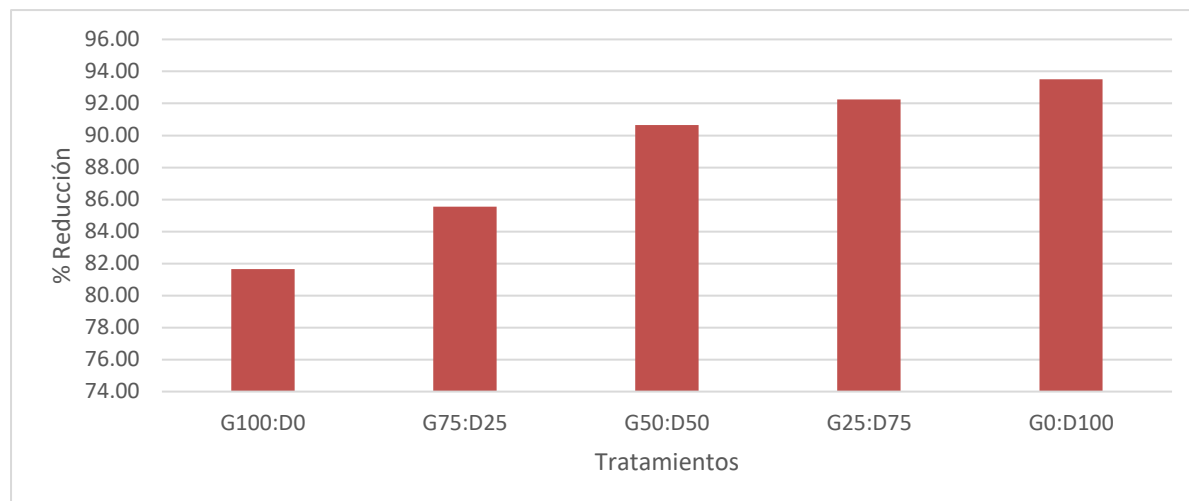
Rehman et al. (2017) alimentaron 1000 larvas de 6 días de edad con diferentes proporciones de mezclas entre estiércol de vaca y gallinaza (100/0, 80/20, 60/40, 40/60, 20/80, 0/100). El porcentaje de reducción de dicha investigación para larvas alimentadas con gallinaza fue de 55.04% contrastando con los resultados obtenidos en este estudio.

Los resultados obtenidos por Mazza et al. (2020) también contrastan con los datos reportados en este estudio, quienes obtuvieron un valor de 49.23% de porcentaje de reducción de gallinaza. Esta diferencia se puede atribuir a que en la investigación de Mazza et al. (2020), las larvas fueron alimentadas durante 5 días con salvado de trigo lo que pudo repercutir en el desarrollo de la microbiota intestinal de *H. illucens*, teniendo un efecto negativo sobre el índice de reducción de residuos.

Cabe mencionar que los datos porcentaje de reducción en estas investigaciones fueron reportados en base al porcentaje de materia seca de los residuos, y para el cálculo del porcentaje de reducción en este estudio se utilizó el peso fresco de los residuos. Esto explica la diferencia entre los valores obtenidos

Figura 6

*Comparación de porcentaje de reducción por parte de larvas *H. illucens* alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.*



Nota. G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

Porcentaje de Bioconversión de Masa

La relación G0:D100 obtuvo el mayor porcentaje de bioconversión, con un valor de 11.6%; este tratamiento presentó diferencias significativas con los demás tratamientos. Esto nos indica que las larvas alimentadas con la relación G0:D100 fueron más eficientes transformando el alimento en masa, en comparación con las larvas alimentadas con las demás relaciones evaluadas. Las relaciones G25:D75 y G50:D50 obtuvieron valores de 9.5633% y 9.9433%, respectivamente y no presentaron diferencias significativas entre ellas. De manera que, si se utiliza la relación G50:D50 o la relación G0:D100, obtendremos resultados similares estadísticamente en cuanto al índice de bioconversión.

La relación G75:D25 presentó un valor de 7.9433%, mostrando diferencias significativas con los demás tratamientos. Según esto, el uso de la relación G75:D25 tendrá una menor eficiencia de bioconversión con respecto a los tratamientos mencionados anteriormente. La relación G100:D0 obtuvo la menor eficiencia de bioconversión de los residuos con un valor de 6.13%, mostrando diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Cuadro 5 y Figura 7). Según los resultados, se observa que los tratamientos que contienen una mayor proporción de gallinaza obtienen una

disminución en la capacidad de reducción del sustrato, esto puede ser debido a la falta de habilidad por parte de *H. illucens* de degradar el calcio presente en la gallinaza. Esto se pudo comprobar también en los tratamientos que incluyeron distintas proporciones de residuos del comedor estudiantil Doris Stone, en los cuales no degradaron completamente los huesos de pollo presentes en el sustrato.

De acuerdo con Rodríguez (2021) reportó un porcentaje de bioconversión de 15.71% utilizando residuos del comedor Doris Stone, mientras que, en este estudio, la relación G25:D75 alcanzó un porcentaje de bioconversión de 9.56%. Esta disminución podría atribuirse al contenido de fibra presente en la gallinaza, que podría haber afectado la eficiencia de conversión de las larvas

Cuadro 5

Índice de bioconversión de residuos *por parte de larvas H. illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.*

Tratamientos	Índice de bioconversión
G100:D0 [¥]	6.13 e
G75:D25	7.94 d
G50:D50	9.94 bc
G25:D75	9.56 bc
G0:D100	11.6 a
%C. V	8.338394
P	0.0005
R ²	0.921592

Nota. G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

De acuerdo con (Lalander et al., 2019), la viabilidad económica de un sistema de cría de mosca soldado negra depende de, entre otros factores, la biomasa larval producida a partir de cierta cantidad de residuos. Es decir, la tasa de conversión residuo-biomasa. Esta varía de acuerdo con la naturaleza de las materias primas y puede variar entre 3% y 23% dependiendo del sustrato.

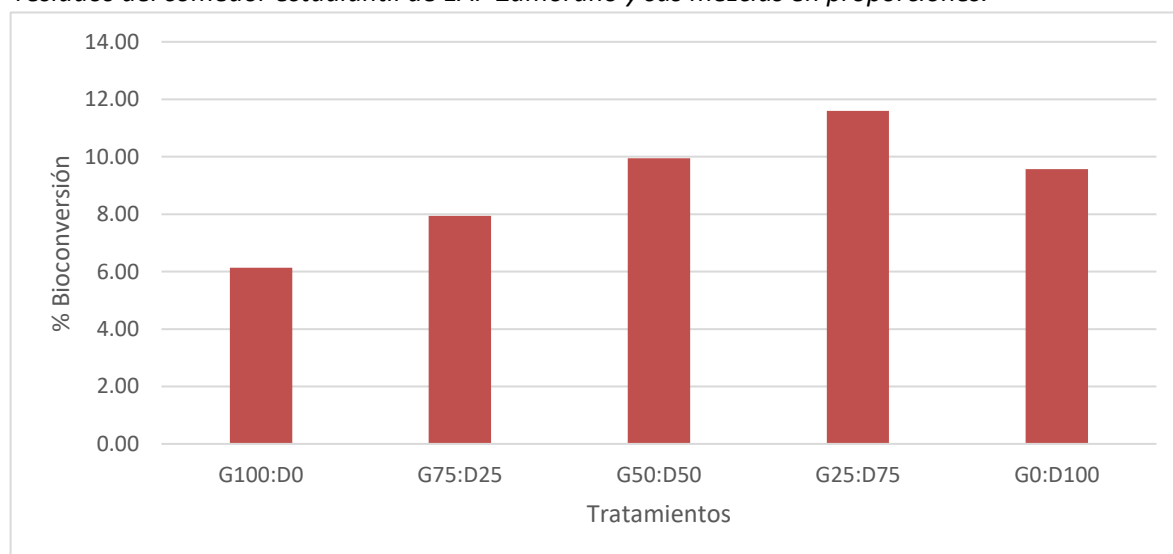
Los resultados obtenidos en este estudio contrastan con los reportados por Rehman et al. (2017) donde el índice de bioconversión de larvas alimentadas con gallinaza fue de 9.88%, siendo mayor al valor reportado en este estudio que fue de 6.13%. La diferencia entre los resultados obtenidos pueden estar dadas por las distintas cantidades de alimento suministradas a las larvas, ya que Rehman et al. (2017) evaluaron la bioconversión a partir de 1 kg de alimento, mientras que en el

presente estudio se les suministró un total de 35 kg de alimento. Esta diferencia puede ser atribuida a la variación en el manejo entre granjas avícolas; así como también a la etapa de producción en la que se encuentren las aves. De acuerdo con (HY-line, 2020) en su guía de manejo de gallinas ponedoras, se recomienda modificar la dieta basándose en el porcentaje de producción, el tamaño del huevo y el peso corporal del ave.

Los resultados de Mazza et al. (2020) reportan valores cercanos a los resultados de esta investigación en cuanto al porcentaje de bioconversión de gallinaza con un valor de 7.42%, siendo el tratamiento que obtuvo el desempeño más bajo con respecto al porcentaje de reducción al igual que en este experimento.

Figura 7

*Comparación de porcentaje de reducción por parte de larvas *H. illucens* alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones.*



Nota. G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

Tamaño del Adulto

Cuadro 6

Tamaño del adulto de H. illucens alimentadas con gallinaza y residuos del comedor estudiantil de EAP Zamorano y sus mezclas en proporciones (cm)

Tamaño del adulto (cm)	
Tratamientos	Tamaño
G100:D0*	1.09 e
G75:D25	1.49 d
G50:D50	1.56 c
G25:D75	1.64 ab
G0:D100	1.62 bc
%C. V	2.267963
P	<.0001
R ²	0.985987

Nota. G: Gallinaza; D: Residuos del comedor estudiantil

Las relaciones G25:D75 y G0:D100 obtuvieron los mayores valores en cuanto al tamaño del adulto con valores 1.64 cm y 1.62 cm, respectivamente; y no presentaron diferencias significativas entre ellas. La relación G50:D50 presentó un valor de 1.56 cm siendo así, estadísticamente igual a la relación G0:D100; sin embargo, fue diferente estadísticamente a la relación G25:D75. Las relaciones G100:D0 y G75:D25 presentaron valores de 1.09 cm y 1.49 cm y presentaron diferencias significativas con el resto de los tratamientos (Cuadro 6). Podemos apreciar que existe una correlación positiva entre las variables peso de la larva y tamaño del adulto, por lo que el valor nutricional del sustrato con el que se alimenten las larvas es de suma importancia para obtener adultos vigorosos y de buen tamaño.

Conclusiones

Se observa que a medida que aumenta el contenido de gallinaza en la dieta de *H. illucens* existe una reducción en el rendimiento de las variables productivas: capacidad de reducción, bioconversión y peso al día de cosecha. Esto se debe a que *H.illucens* tiene una pobre capacidad de aprovechar la fibra en comparación a su habilidad de aprovechar carbohidratos, lípidos y proteínas.

Se observa que el aumento de gallinaza en la dieta tiene un efecto negativo sobre la duración del ciclo y tamaño del adulto de *H. illucens*. Esto se debe a la baja disponibilidad de nutrientes en comparación a los residuos de comida, lo que resulta en un aumento de la duración del ciclo y una disminución en el tamaño del adulto.

Recomendaciones

Se recomienda que el uso de estiércol de gallina como sustrato para alimentación de *H. illucens* debe ser combinado con otros sustratos que suplan las carencias nutricionales que el estiércol de gallina puede presentar para garantizar un correcto desarrollo de las larvas.

Se recomienda realizar pretratamientos con microorganismos descomponedores de fibra para la utilización de gallinaza como sustrato de alimentación de *H. illucens* con el fin de facilitar la disponibilidad de nutrientes y garantizar un buen desarrollo larval.

Se recomienda realizar el estudio con tecnología de ambientes controlados para evaluar el efecto de distintos niveles de inclusión de gallinaza sobre el peso, capacidad de bioconversión y reducción, ciclo de vida y tamaño del adulto de *H. illucens* a diferentes temperaturas.

Se recomienda realizar un análisis de la composición nutricional de los residuos para determinar con mayor precisión las cantidades óptimas de nutrientes requeridas por *H. illucens* para obtener un buen desarrollo larval.

Referencias

- Alonzo, G. y Hernandez-Carías MG. (2019). *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) como una alternativa para la producción de proteína y degradación de desechos en Zamorano [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/items/b291262f-f383-4847-989e-075e4b13a3ec>
- Arroyave Sierra, O. J. y Chamorro Rengifo, J., y Ochoa Muñoz, A. F. (2019). Crecimiento de larvas de mosca soldado alimentadas con gallinaza, porcinoza y alimento para ponedoras. *Revista Colombiana De Ciencia Animal*, 11(2). <https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/Articulo730>
- Barragan-Fonseca, K. B., Dicke, M. y van Loon, J. J. A. (2018). Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 166(9), 761–770. <https://doi.org/10.1111/eea.12716>
- Food and Agriculture Organization. (2013). *Revisión del desarrollo avícola*. <https://www.fao.org/4/i3531s/i3531s.pdf>
- Gamboa, E. y Orozco, N. (2008). *Degradación de residuos de almidón y cárnicos, mediante la producción de larva soldado negra (Hermetia illucens L.)* [Tesis de pregrado]. Universidad de La Salle, Colombia. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1668&context=ing_ambiental_sanitaria
- Heredia, N. y Villalba, R. (2020). *Exploración del uso alternativo de Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) en la dieta de pollos de engorde y peces en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano [Proyecto especial de graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f9de19ce-cb5e-4e38-8da6-cb25af55c635/content>
- HY-line. (2020). *Guía de manejo- Ponedoras comerciales W-36: 36 COM SPN*. <https://www.hyline.com/filesimages/Hy-Line-Products/Hy-Line-Product-PDFs/W-36/36%20COM%20SPN.pdf>
- Jeon, H., Park, S., Choi, J., Jeong, G., Lee, S.-B., Choi, Y. y Lee, S.-J. (2011). The intestinal bacterial community in the food waste-reducing larvae of *Hermetia illucens*. *Current Microbiology*, 62(5), 1390–1399. <https://doi.org/10.1007/s00284-011-9874-8>
- Lalander, C., Diener, S., Zurbrügg, C. y Vinnerås, B. (2019). Effects of feedstock on larval development and process efficiency in waste treatment with black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Journal of Cleaner Production*, 208, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.017>
- Maquart PO, Wallace PA, Nyameasem JK, Adu-Aboagye GA, Affedzie-Obresi S, Nkegbe EK, Karbo N, Murray F y Leschen W (2019). Impact of black soldier fly larval meal on growth performance, apparent digestibility, hematological and blood chemistry indices of guinea fowl starter keets under tropical conditions. *Health Prod.*, 1163–1169. <https://doi.org/1007>
- Mazza, L., Xiao, X., Ur Rehman, K., Cai, M., Zhang, D., Fasulo, S., Tomberlin, J. K., Zheng, L., Soomro, A. A., Yu, Z. y Zhang, J. (2020). Management of chicken manure using black soldier fly

- (Diptera: Stratiomyidae) larvae assisted by companion bacteria. *Waste Management (New York, N.Y.)*, 102, 312–318. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.055>
- Oonincx DG, Van-Huis A y Van-Loon JJ (2015). Nutrient utilization by black soldier flies fed with chicken, pig, or cow manure. *Journal of Insects as Food and Feed*. https://www.researchgate.net/publication/275253048_Nutrient_utilisation_by_black_soldier_flies_fed_with_chicken_pig_or_cow_manure#:~:text=Efficiency%20of%20conversion%20of%20ingested,was%20highest%20on%20cow%20manure.
- Rehman, K. U., Cai, M., Xiao, X., Zheng, L., Wang, H., Soomro, A. A., Zhou, Y., Li, W., Yu, Z. y Zhang, J. (2017). Cellulose decomposition and larval biomass production from the co-digestion of dairy manure and chicken manure by mini-livestock (*Hermetia illucens* L.). *Journal of Environmental Management*, 196, 458–465. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.047>
- Rehman, K. U., Ur Rehman, R., Somroo, A. A., Cai, M., Zheng, L., Xiao, X., Ur Rehman, A., Rehman, A., Tomberlin, J. K., Yu, Z. y Zhang, J. (2019). Enhanced bioconversion of dairy and chicken manure by the interaction of exogenous bacteria and black soldier fly larvae. *Journal of Environmental Management*, 237, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.048>
- Rodríguez, L. (2021). *Bioconversión y biodegradación de diferentes sustratos orgánicos usando Hermetia illucens (Diptera: Stratiomyidae) y descripción del ciclo de vida bajo estas dietas* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/6e8fbd98-b4e1-4a38-91c4-6ee1391855be/content>
- Rodriguez Deza. (2018). *Los residuos sólidos y su incidencia en la contaminación ambiental en la localidad de Lircay, Provincia de Angares - Huancavelica, 2017* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Huancavelica, Perú. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2493fcb3-d2ac-4afb-b6e7-a1f22a9793b3/content>
- Rosas-Calleja, D., Ortiz-Laurel, H., Herrera-Corredor, J. A. y Leyva-Ovalle O. (2016). Revalorización de algunos residuos agroindustriales y su potencial de aplicación a suelos agrícolas. *Agroproductividad*, 9(8), 18–23. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/3110/Agroproductividad%20vol%209%2c%20no%209%2c%20p%2018-23.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Yepes, Sandra Milena, Montoya Naranjo, Lina Johana, Orozco Sánchez y Fernando (2008). Valorización de residuos agroindustriales- frutas- en Medellín y el valle de Aburrá, Colombia. *Revista Facultad Nacional De Agronomía* -, 61(1), 4442- 4431. <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914077018.pdf>

Anexos**Anexo A**

Imagen de pupas obtenidas del experimento.



Anexo B

Imagen de frass luego de cosecha.



Anexo C

Larvas colocadas en bandejas de crianza 1

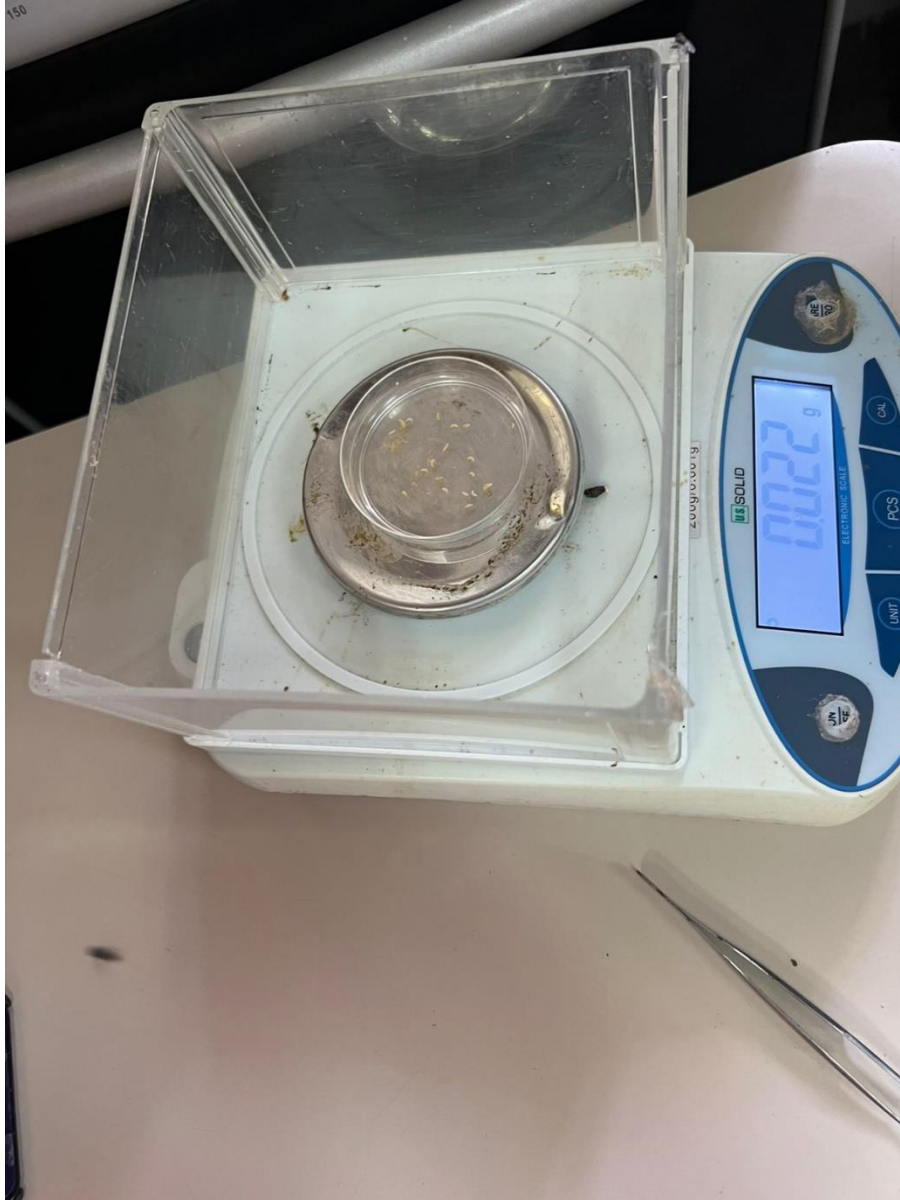


Anexo D*Proceso de pesado de alimentos*

Anexo E*Proceso de mezclado de residuos*

Anexo F

Pesado de larvas



Anexo G

Separación de frass al día de cosecha

