

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



**Efecto de la inclusión dietética de la harina de *Hermetia illucens* (L.)
(Díptera: Stratiomyidae) en indicadores biológicos de gallinas ponedoras
Dekalb White®**

Estudiantes

María Cecilia Hernández Herrera

Ismael Mario González de León Gómez

Asesores

Yordan Martínez, D.Sc.

Jesus Orozco, Ph.D.

Honduras, agosto 2022

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Decana Académica

CELIA O. TREJO RAMOS

Directora Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Contenido.....	3
Índice de Cuadros.....	4
Resumen	5
Abstract.....	6
Introducción.....	7
Materiales y Métodos.....	10
Preparación de la Harina de <i>Hermetia illucens</i>	10
Composición Química de la Harina	10
Condiciones Experimentales.....	11
Comportamiento Productivo	12
Calidad Externa e Interna del Huevo	12
Caracterización Microbiológica en la Harina de <i>Hermetia illucens</i> en las Heces Fecales.....	13
Humedad, Nitrógeno y Fósforo en Heces Fecales	14
Indicadores Hematológicos.....	14
Resultados y Discusión.....	15
Composición química de la harina de <i>Hermetia illucens</i>	15
Conteo de bacterias en la harina de <i>Hermetia illucens</i>	16
Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en la productividad de gallinas ponedoras.....	16
Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en la calidad del huevo de gallinas ponedoras.....	19
Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en el conteo de bacterias en las heces fecales de gallinas ponedoras.....	20
Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en el hemograma y IgG de gallinas ponedoras.....	21
Conclusiones	22
Recomendaciones.....	23
Referencias.....	24

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Dietas experimentales con harina de <i>Hermetia illucens</i> en gallinas ponedoras.....	12
Cuadro 2. Composición química de la harina de <i>Hermetia illucens</i>	16
Cuadro 3. Conteo de bacterias en la harina de <i>Hermetia illucens</i>	17
Cuadro 4. Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en la productividad de gallinas ponedoras.....	17
Cuadro 5. Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en la calidad del huevo de gallinas ponedoras...	19
Cuadro 6. Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en la humedad, N y P en heces fecales de gallinas ponedoras	20
Cuadro 7. Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en el conteo de bacterias en las heces fecales de gallinas ponedoras	20
Cuadro 8. Efecto de la harina de <i>Hermetia illucens</i> en el hemograma y IgG de gallinas ponedoras .	21

Resumen

La utilización de insectos en la nutrición animal es una práctica común en muchos lugares de Asia. *Hermetia illucens* (L.) es un insecto perteneciente a la familia Stratiomyidae del orden Diptera, originaria de América. La harina de las larvas migratorias tiene una alta concentración de proteínas, lípidos y minerales. El objetivo fue evaluar el efecto de la inclusión de harina de *Hermetia illucens* sobre algunos indicadores biológicos de gallinas ponedoras. Se determinó la bromatología básica, el perfil de ácidos y la microbiológica de la harina de *Hermetia*. Un total de 200 gallinas ponedoras Dekalb White® de 19 semanas de edad se distribuyeron al azar durante 12 semanas, con cuatro tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento, y cinco aves por repetición. Los tratamientos consistieron en una dieta control y tres niveles de inclusión de harina de *Hermetia illucens* (10, 15 y 20%). La inclusión con 15% con *Hermetia* mejoró la intensidad de postura y conversión masal, además, redujo el consumo de alimento y los huevos sucios. Los niveles crecientes de *Hermetia* disminuyeron el color de la yema y grosor de la cáscara, sin afectar la resistencia a la ruptura. Además, estos tratamientos redujeron la excreción de N y P en las heces. También, la inclusión con 20% de *Hermetia* incrementó el conteo de *E. coli* en las heces fecales y mientras que el hemograma y la IgG no cambiaron ($P > 0.05$) por efecto de las dietas. Se recomienda utilizar 15% de inclusión de *Hermetia illucens* para mejorar la productividad en las gallinas ponedoras.

Palabras clave: Aves ponedoras, calidad de huevo, desempeño productivo, sangre.

Abstract

The use of insects in animal nutrition is a common practice in many parts of Asia. *Hermetia illucens* (L.) is an insect belonging to the Stratiomyidae family of the Diptera order, native to America. The meal of the migratory larvae has a high concentration of proteins, lipids, and minerals. The objective was to evaluate the effect of the inclusion of *Hermetia illucens* meal on some biological indicators of laying hens. The basic bromatology, acid profile and the microbiology of the *Hermetia* meal were determined. A total of 200 19-week-old Dekalb White® laying hens were randomized for 12 weeks, with four treatments, 10 replicates per treatment, and five birds per replicate. The treatments consisted of a control diet and three levels of inclusion of *Hermetia illucens* meal (10, 15 and 20%). The inclusion with 15% with *Hermetia* improved the intensity of laying and mass conversion, also, it reduced feed consumption and dirty eggs. Increasing levels of *Hermetia* decreased yolk color and shell thickness, without affecting breaking strength. Furthermore, these treatments reduced the excretion of N and P in the feces. Also, the inclusion with 20% of *Hermetia* increased the count of *E. coli* in the feces and while the blood count and IgG did not change ($P > 0.05$) because of the diets. It is recommended to use 15% inclusion of *Hermetia illucens* to improve productivity in laying hens.

Keywords: Blood, egg quality, laying hens, productive performance.

Introducción

La avicultura es una de las ramas de la zootecnia de positivo impacto a nivel global. Dentro de esta industria, “aves de corral” es un término que designa aquellas especies criadas en cautiverio para reproducirse y producir productos de valor económico para el ser humano (Parkhurst y Mountney 1988). La alimentación es el factor más importante en la producción de aves y ha sido afectado por la creciente demanda de proteína y la baja disponibilidad de recursos (Juarez 2020); este representa más del 70% del costo variable de una producción avícola y el 90% de este costo son las fuentes de energía y los aminoácidos (Mahammad et al. 2019).

En la producción de huevo las dietas tienen el mayor impacto en el porcentaje de postura y la calidad del huevo (Kiarie et al. 2013). La utilización de nuevas fuentes para suplir las necesidades proteicas en la alimentación animal aumentará debido al incremento de la población humana y el crecimiento en la calidad de vida (Barragan-Fonseca et al. 2017). La utilización de insectos es una fuente potencial de ingredientes para la formulación de dietas avícolas, los insectos tienen un alto potencial para convertirse en un alimento común en la formulación de dietas (Marco et al. 2015).

Hermetia illucens (L) es un díptero estratiomido (Diptera, Stratiomyidae) denominada “mosca guarera” (Black Soldier Fly, en inglés) de origen neotropical pero actualmente presente en zonas cálidas de todo el mundo, debido a su transporte accidental o a su introducción deliberada con diferentes usos (Gobbi 2012). Las larvas y larvas migratorias poseen entre 30 a 62% de proteína cruda y hasta 45% de grasa y no almacenan pesticidas o micotoxinas, por lo cual, a pesar de que se requieren más estudios nutricionales; se consideran una opción para alimento de aves de corral, cerdos y peces (Craig-Sheppard et al. 1994; Wang y Shelomi 2017).

Hoy en día, una dieta para aves se formula en base a fuentes de proteínas vegetales. La proteína de los cereales es el componente central de las dietas en todo el mundo (Spranghers et al. 2017). La lisina, metionina, y treonina son los principales aminoácidos esenciales limitantes en las dietas a base de cereales para cerdos y aves (Van-Huis et al. 2014). En general, los insectos tienen altos niveles de estos aminoácidos esenciales (Verkerk et al. 2007) y tienen un mejor perfil de aminoácidos

en comparación con la harina de soya y la mayoría de las fuentes de proteínas convencionales comunes (Tran et al. 2015).

Maurer et al. (2016) expone que el uso de harina de *Hermetia illucens* como fuente de proteína en la dieta para gallinas ponedoras no tiene efectos negativos en la producción de huevos, conversión alimenticia, y el consumo de alimento. Por otra parte, Cutrignelli et al. (2018) encontraron que el desempeño de la harina de *H. illucens* es similar al de las harinas de maíz y soya. Sin embargo, todavía se necesita conocer más sobre la aceptabilidad de los animales en distintos niveles de inclusión, cómo estos afectan la excreción de nutrientes, la rentabilidad económica y el efecto del alto contenido de grasa en la composición final del producto y en el desempeño productivo de las aves (Barragan-Fonseca et al. 2017).

Se ha encontrado que las larvas migratorias de *Hermetia illucens* favorecen un buen crecimiento en pollos y otros animales (Sheppard et al. 2007). Estas larvas tienen propiedades antibióticas naturales que modifican la microflora del estiércol, lo que reduce potencialmente las bacterias nocivas, como *Escherichia coli* y *Salmonella* sp. en el estiércol de gallina (Erickson et al. 2004; Liu et al. 2008).

La mosca guarera, como todos los insectos, contiene quitina, un polisacárido natural considerado uno de los biopolímeros más abundantes en la naturaleza (Waśko et al. 2016). La quitina no se degrada, se absorbe en el intestino delgado y puede ser fermentada por la microbiota del intestino grueso (Borrelli et al. 2017). Estudios en humanos y ratones sugieren que la quitina puede restaurar el equilibrio de composición de la comunidad microbiana (Borrelli et al. 2017). Además, la quitina, o sus derivados, parece exhibir actividades antivirales, antitumorales, antifúngicas, propiedades antimicrobianas, y un efecto bacteriostático sobre bacterias Gram-negativas, *E. coli*, *Vibrio cholerae*, *Shigella dysenteriae* y *Bacteriodes fragilis* (Piccolo et al. 2017). La dieta con insectos, de hecho, puede disminuir el uso de antibióticos en la industria avícola controlando la resistencia a los antimicrobianos y sus efectos adversos sobre la salud humana (van Huis 2013).

La hipótesis de este proyecto es si el uso de la harina de *Hermetia illucens* tiene un impacto en el comportamiento productivo de gallinas ponedoras, la calidad del huevo, salud de las aves y el potencial en la reducción del impacto ambiental. Además, evaluarla como una fuente alternativa de materia prima, para la nutrición de gallinas ponedoras. así como si este nuevo alimento puede reducir los costos en el sistema de producción. Por tal razón, los objetivos de este proyecto son: Evaluar el efecto de niveles de 10, 15 y 20% de harina de mosca guerrera (*H. illucens*) en el desempeño productivo y calidad del huevo de gallinas ponedoras; Determinar el efecto de la harina de *H. illucens* en la humedad y concentración de fósforo y nitrógeno en las heces fecales de gallinas ponedoras; Identificar el efecto de la harina de *H. illucens* en el conteo de bacterias en heces fecales de gallinas ponedoras, y Evaluar el efecto de la harina de *H. illucens* en los indicadores sanguíneos de gallinas ponedoras.

Materiales y Métodos

Preparación de la Harina de *Hermetia illucens*

Para el suministro de la harina se utilizaron larvas frescas provenientes del Laboratorio de Entomología de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. Las larvas se secaron en un secador solar con capacidad de 100 kg de larva fresca durante 4 – 5 días. Las larvas se trituraron en una máquina cortadora de carne, de la marca Hobart, a una granulometría de 1 mm en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Composición Química de la Harina

Para establecer la composición química de la *Hermetia illucens* se analizó su: materia seca, proteína cruda, fibra cruda, cenizas, N, Ca, Mg, K, Cu, Fe, Mn y Zn según AOAC 2001.11 (2006). El fósforo (P) se determinó por el método de colorimetría con azul de molibdeno. La cuantificación de los ácidos grasos se realizó a partir de la grasa extraída en un cromatógrafo de gases en el Laboratorio de Alimentos de la Universidad de Zamorano, según los métodos AOAC 991.36 y AOCS Ce 2-66.

Ubicación Experimental

Este estudio se realizó de noviembre del 2021 hasta enero del 2022 en el Centro de Investigación y Enseñanza Avícola de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicado en el Valle del Yeguaré, municipio de San Antonio de Oriente, departamento de Francisco Morazán, a 32 km de Tegucigalpa, Honduras. El área avícola está a una altura de 800 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.

Animales, Diseño Experimental y Tratamientos

Doscientas gallinas ponedoras Dekalb White[®] de 19 semanas de edad se distribuyeron según un diseño totalmente aleatorizado durante 12 semanas, con cuatro tratamientos, 10 repeticiones por tratamiento, y cinco aves por repetición. Los tratamientos dietéticos consistieron en una dieta control y tres niveles de inclusión de harina de *Hermetia illucens* (10, 15 y 20%).

Análisis Estadísticos

Los datos se procesaron mediante un análisis de varianza de clasificación simple según un diseño completamente al azar en el software estadístico SPSS versión 23.1. En los casos necesarios, se utilizó la dócima de rangos múltiples de medias de Duncan. Las dietas se formularon según los requerimientos nutricionales descritos en el manual de la línea genética utilizada (Cuadro 1).

Cuadro 1

*Dietas experimentales con harina de *Hermetia illucens* en gallinas ponedoras.*

Ingredientes	Tratamientos			
	Control	10%	15%	20%
Harina de maíz	49.051	50.216	45.506	45.079
Harina de soya	31.584	24.186	19.994	16.197
Harina de <i>Hermetia illucens</i>	0.00	10.00	15.00	20.00
Aceite de palma africana	4.467	0.955	1.48	0.207
Salvado de trigo	1.5	1.5	5.00	5.6
Enzimas exógenas	0.05	0.05	0.05	0.05
Premezcla	0.35	0.35	0.35	0.35
Colina	0.05	0.05	0.05	0.05
Atrapador de micotoxinas	0.12	0.12	0.12	0.12
Carbonato de calcio	10.295	10.20	10.169	10.14
Biosfost	1.695	1.53	1.405	1.32
Bicarbonato	0.26	0.28	0.28	0.28
Sal común	0.23	0.23	0.23	0.23
L-lisina	0.032	0.00	0.00	0.00
DL-metionina	0.288	0.263	0.256	0.245
L-treonina	0.028	0.07	0.11	0.132
<i>Aportes nutricionales</i>				
EM, kcal/kg	2800	2800	2800	2800
PC, %	18.00	18.00	18.00	18.00
Lisina, %	0.89	0.89	0.89	0.89
Metionina+cistina, %	0.78	0.78	0.78	0.78
L-treonina, %	0.63	0.63	0.63	0.63
Ca, %	4.11	4.11	4.11	4.11
P, %	0.48	0.48	0.48	0.48

Nota. ¹Premezcla de vitaminas y minerales: vitamina A, 1000 UI/kg; Vitamina D3, 2000 UI/kg; Vitamina E, 30 UI/kg; Vitamina K3, 2.0 mg/kg; Vitamina B1, 1.0 mg/kg; Vitamina B2, 6.0 mg/kg; Vitamina B6, 3.5 mg/kg; Vitamina B12, 18 mg/kg; Niacina, 60 mg/kg; Ácido pantoténico, 10 mg/kg; Biotina, 10 mg/kg; Ácido fólico, 0.75 mg/kg; Colina, 250 mg/kg; Hierro, 50 mg/kg; Cobre, 10 mg/kg; Zinc, 70 mg/kg; Manganeso, 70 mg/kg; Selenio, 0.30 mg/kg; Yodo, 1.0 mg/kg.

Condiciones Experimentales

Las gallinas ponedoras se alojaron en un galpón comercial de 400 m², en jaulas de 61 × 36 cm, con ventiladores de techo y un sistema de iluminación artificial. El agua se ofreció *ad-libitum* en dos bebederos de niple por jaula y el consumo de alimento se restringió a 110 g/día/ave en comederos lineales. Se suministraron 16 horas de luz cada día y no se utilizó atención veterinaria terapéutica

durante la etapa experimental. Para lograr una adaptación adecuada a las nuevas dietas, se utilizó una fase de alimentación preexperimental de siete días.

Comportamiento Productivo

Para determinar la intensidad de puesta se consideró la producción total de huevos/semana/tratamiento; se asumió un huevo/día/ave alojada como 100%. Para determinar el peso del huevo, se recolectaron semanalmente 30 huevos por cada tratamiento, entre las 8:30 am y 9:30 am. Los huevos se pesaron en una balanza técnica digital balanza digital Ohaus® (Nueva Jersey, EE. UU.), con una precisión de ± 0.1 g. La mortalidad se determinó teniendo en cuenta las aves muertas entre los animales que iniciaron el experimento. El consumo de alimentos, nutrientes y energía metabolizable se determinó tres veces por semana según el método de oferta y rechazo. La conversión masal (CM) y los huevos no aptos (HNA) se calcularon a partir de las fórmulas 1 y 2.

$$CM = \frac{\text{Consumo de alimento}}{\text{No. de huevos} \times \text{peso del huevo}} \quad [1]$$

$$HNA = \frac{HNA \times 100}{\text{Huevos aptos}} \quad [2]$$

Calidad Externa e Interna del Huevo

En la semana 31, se recolectaron 40 huevos por cada tratamiento experimental. Todos los huevos se recolectaron al mismo tiempo y se trasladaron al laboratorio de calidad de huevo del Centro de Investigación y Enseñanza de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. La calidad del huevo se analizó el mismo día de la recolección mediante un analizador automático TSS EggQuality (York, Inglaterra) y el software Eggware v4x. La resistencia a la ruptura de la cáscara del huevo (polo medio) se midió con un analizador de resistencia QC-SPA® (York, Inglaterra).

Para el grosor de la cáscara del huevo (polo medio) se utilizó un tornillo micrómetro QC-SPA® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.001 mm. Para la calidad interna del huevo, la altura del albumen se determinó mediante un analizador de altura QHC® (York, Inglaterra) con una precisión de ± 0.01 mm. Las unidades Haugh se calcularon con la fórmula 3:

$$HU = 100 * \log (H + 1.7W^{0.37} + 7.6) \quad [3]$$

Donde: HU = unidad Haugh,

H = altura de la albúmina,

W = peso del huevo.

El color de la yema se evaluó mediante un colorímetro electrónico CCC® (York, Inglaterra), que tiene en cuenta la escala de Roche de 15 colores.

Caracterización Microbiológica en la Harina de *Hermetia illucens* en las Heces Fecales

Los ensayos microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano. Se tomó 1 kg de harina de *Hermetia illucens* y heces fecales por triplicado por cada grupo experimental. Cada muestra se colocó en un tubo estéril; se registró el peso y se diluyó con agua de peptona tamponada (BPW, Liofilchem, Italia) a una proporción 1:9 (p:v). El contenido diluido se homogeneizó y se realizaron diluciones seriadas (1/10) hasta 10⁵. Se extendieron alícuotas de 0.1 mL de cada dilución sobre la superficie de medios selectivos y diferenciales para análisis microbiológico. Se incubaron placas de agar Violet Red Bile Glucose (Liofilchem, Italia) a 35 °C durante 24 h para *Enterocateriaceae*. Los recuentos de coliformes y *E. coli* se determinaron en agar Violet Red Bile Lactose MUG (Liofilchem, Italia), incubado a 35 °C durante 24 h.

La presencia de *Salmonella* en las muestras se determinó mediante el enriquecimiento previo del ciego diluido en BPW a 35 °C durante 24 h, seguido de un enriquecimiento selectivo con caldo tetracionato (Liofilchem, Italia) y caldo Rappaport-Vassiliadis (Neogen Acumedia, Michigan) a 35 y 42 °C, respectivamente. Después del enriquecimiento selectivo, se sembró en estrías un bucle de cada medio selectivo sobre la superficie de agar XLD (Neogen Acumedia, Michigan), agar entérico Hektoen (Neogen Acumedia, Michigan) y agar de sulfito de bismuto (Neogen Acumedia, Michigan). Todas las placas selectivas se incubaron a 35 °C durante 24–48 h. Las colonias típicas se seleccionaron y confirmaron mediante pruebas bioquímicas en Triple Sugar Iron Agar (TSI, Liofilchem, Italia) y Lysine Iron Agar (LIA, Liofilchem, Italia). La confirmación serológica se realizó con *Salmonella O antiserum*

poly A-I & Vi Antiserum (BD Difco, MD). Los ensayos microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano.

Humedad, Nitrógeno y Fósforo en Heces Fecales

Se tomaron 500 g por triplicado por cada tratamiento experimental, seguido se determinó la humedad y N mediante la AOAC 2001.11 y P según colorimetría con azul de molibdeno.

Indicadores Hematológicos

A las 31 semanas de edad, se realizó un examen hematológico en cinco gallinas ponedoras en ayunas por tratamiento. Se extrajo sangre (10 mL) por punción de la vena del ala izquierda y se depositó en tubos con anticoagulantes. En plasma sanguíneo, los eritrocitos y leucocitos se determinaron mediante conteo automático en la cámara de Neubauer modelo 68058-15 Electron, Microscopy, Sciences, Hatfield, PA, EE.UU.) usando violeta de metilo 2B como diluyente. Las plaquetas se cuantificaron en la cámara de Neubauer modelo 68058-15 (Electron, Microscopy, Sciences, Hatfield, PA, EE.UU.) utilizando una solución de oxalato de amonio. La fórmula leucocitaria diferencial se determinó por Frotis de Sangre Periférica (PSF), con tinción de Wright y se observó al microscopio con objetivo 100x para la diferenciación de heterófilos, eosinófilos, linfocitos, monocitos, y basófilos. El hematocrito-PVC se determinó por el proceso de microcentrifugación capilar. La hemoglobina se determinó según el método Hemotest.

Resultados y Discusión

El Cuadro 2 muestra la composición química de la harina de *Hermetia illucens*, la proteína cruda fue de $40.19 \pm 0.97\%$, siendo similar a lo reportado por Reátegui et al. (2020) para este alimento con $42.16 \pm 3.67\%$. También, es similar a la proteína de la harina de torta de soya (41.10%), escarabajos (42.20%) y *Eristalis tenax* (L.) (Diptera Syrphidae), 40.90%, aunque mayor al de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), (38.30%) y grillos (32.60%) (Zielińska et al. 2015; Cashion et al. 2017; Nyakeri et al. 2017; Kuntadi et al. 2018; Nesic y Zagon 2019; Sogari et al. 2019; Hu et al. 2020). Por otro lado, respecto a la grasa cruda el valor obtenido 45.58 ± 0.52 , el cual es mayor de los rangos de contenido de grasa que oscila entre 7 y 39% en base a materia seca (Zheng et al. 2012).

Cuadro 2

Composición química de la harina de Hermetia illucens.

Indicadores	Media	DE	CV
Materia seca (%)	91.20	0.700	0.767
Cenizas (%)	5.13	0.058	1.130
Proteína cruda (%)	40.19	0.97	2.413
Grasa cruda (%)	45.58	0.52	1.140
Fibra cruda (%)	9.39	0.342	3.642
N (%)	6.43	0.160	2.488
P (%)	0.46	0.017	3.696
K (%)	0.79	0.035	4.430
Ca (%)	0.71	0.029	4.084
Mg (%)	0.14	0.012	8.571
Cu (mg/kg)	5.33	0.578	10.844
Fe (mg/kg)	52.67	0.577	1.095
Mn (mg/kg)	14.67	3.056	20.831
Zn (mg/kg)	59.00	7.810	13.237
C16:0 (%)	18.71	0.010	0.053
C18:0 (%)	6.60	0.015	0.227
C16:1n9 (%)	2.20	0.010	0.454
C18:1n9 (%)	18.44	0.015	0.081
Total GS (%)	45.44	0.509	1.120
Total GM (%)	46.65	2.471	5.296
Total GP (%)	7.91	0.073	0.922

Nota. DE: desviación estándar; CV: coeficiente de variación; GS: grasas saturadas; GM: grasa monoinsaturada; GP: grasa poliinsaturada

En el Cuadro 3, se observa la evaluación del conteo de bacterias en la harina de *Hermetia illucens*. En el estudio microbiológico se destaca la ausencia de *Salmonella* spp. (Cuadro 3). En cuanto a contenido de *E. coli*, se encontró presencia siendo menor a un UFC/g, difieren siendo mayores que los del estudio de Arango-Gutiérrez et al. (2004). La limitante del desarrollo de microorganismos

bacterianos está asociada que los insectos poseen a las sustancias antibacteriales de la cutícula (Ramos 2003).

Cuadro 3

Conteo de bacterias en la harina de Hermetia illucens.

Indicadores (UFC/g)	Media	DS	CV
Coliformes totales	1.98	0.303	15.30
<i>Escherichia coli</i>	<1.00		
<i>Salmonella</i> spp.	Ausencia		
<i>Clostridium</i> spp.	3.89	0.204	5.244
Bacterias mesófilas aerobias	5.21	0.074	1.420

Nota. DS: Desviación Estándar; CV: Coeficiente de Variación.

En el experimento se observó que la inclusión de la harina de *Hermetia illucens* en la dieta mostró diferencias significativas para todas las variables productivas (Cuadro 4). Los niveles de inclusión de 10 y 15% mostraron la mayor intensidad de postura con 81.49 y 83.44%, respectivamente, con cambios notables con el control y la inclusión al 20% (78.56 y 77.46%, respectivamente). Estos resultados fueron mejores que el estudio de Kawasaki et al. (2019), donde utilizaron tres dietas reemplazando la harina y el aceite de soya por harina de larvas y larvas migratorias de *Hermetia illucens*, los autores encontraron que el porcentaje de postura fue similar con soya (70.3%), larvas (70.6%) y larvas migratorias 70.70% (Kawasaki et al. 2019).

Cuadro 4

Efecto de la harina de Hermetia illucens en la productividad de gallinas ponedoras.

Indicadores (%)	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	Control	10%	15%	20%		
IP (%)	78.56 ^b	81.49 ^{ab}	83.44 ^a	77.46 ^b	4.603	0.009
CA (ave/g/día)	107.86 ^a	107.81 ^a	106.82 ^b	107.00 ^b	0.251	0.002
PH (g)	52.68 ^c	54.02 ^b	53.55 ^b	56.07 ^a	0.138	0.032
CM (kg/kg)	2.61 ^a	2.45 ^b	2.39 ^c	2.46 ^b	0.006	0.001
HS (%)	6.25 ^a	5.08 ^b	5.02 ^b	5.31 ^{ab}	0.129	0.048

Nota. ^{a,b,c}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$. IP: Intensidad de Postura; CA: Consumo de Alimento; PH: Peso del

Huevo; CM: Conversión Masal; HS: Huevos Sucios.

Por otro lado, el consumo de alimento en los tratamientos control e inclusión 10% obtuvieron 107.86 y 107.81 g/día, respectivamente, siendo diferentes a la inclusión del 15 y 20%, (106.82 y 107.00 g/día). En un estudio donde se evaluó el efecto del reemplazo total de la harina de soya por la harina de larvas desgrasadas de *Hermetia illucens* en gallinas Lohmann Brown Classic se encontró que el

consumo de alimento fue 13.6% menor en las gallinas alimentadas con *Hermetia* en comparación al grupo alimentado con harina de soya (Marono et al. 2017); mostrando la misma tendencia. Como se observó en las gallinas ponedoras el color del alimento también puede afectar su consumo de alimento (Tabeekh 2015). Hay informes contradictorios sobre la preferencia del color del alimento de las aves de corral (Capretta 1969; Cooper 1971) y esto fue explicado por Kennedy (1980), quien concluyó que todos los pollitos mostraron preferencia por las dietas cuyo color era el mismo que el de la dieta alimentada después de la eclosión. Además, Tabeekh (2015) observó que había una tendencia general a disminuir el consumo de las dietas coloreadas.

Se encontró que para peso de huevo (PH), el tratamiento que mostró mayor efecto fue el tratamiento de 20% de inclusión, siendo este 56.07 g, lo que difiere de los tratamientos control, 10% y 15% con 52.68, 54.02 y 53.55 g, respectivamente. Estos resultados concuerdan con Irawan et al. (2019), quienes usando gallinas de 18-26 semanas y con 8% de larvas frescas, 8% de larvas secas y una dieta control, se encontró un peso similar del huevo para el control (54.76 g) y el 8% de larvas secas (54.82 g), aunque el grupo con las larvas frescas mostró un peso del huevo de 53.56 g. El consumo de proteína es el principal factor que afecta el peso del huevo (Leeson et al. 2001): en el grupo alimentado con harina de insectos, el consumo de alimento más bajo afectó, por supuesto, el consumo de proteína. Por lo que la reducción del consumo de la harina podría estar ligada a la calidad nutricional de las larvas, que cumplen con los requerimientos de proteína ideal.

Para la variable conversión masal se observó que el tratamiento control obtuvo un valor de 2.61, el cual difirió de los demás tratamientos de inclusión 10, 15 y 20%, con valores de 2.45, 2.39 y 2.46 respectivamente, siendo el tratamiento 15% el menor. Estos resultados, difieren de los obtenidos por Ruhnke et al. (2018), donde utilizaron gallinas que se encontraban con 47 semanas de edad teniendo como resultado 1.68 para dieta control y 1.73 alimentadas con larvas secas.

Respecto a la variable huevo sucio (HS), los tratamientos control y 20%, presentaron los datos más altos, siendo 6.25 y 5.31% respectivamente, los cuales difieren con los tratamientos de 10 y 15% de inclusión con valores de 5.08 y 5.02%. La limpieza de la cáscara de los huevos depende del consumo

de agua, la estructura de las heces fecales, la capacidad de retención de agua del estiércol y la interacción entre ellos. Las materias primas contienen diferentes perfiles de fibra y tienen un impacto en la capacidad de retención de agua del estiércol (Carré et al. 1995). La capacidad de retención de agua y las propiedades pegajosas del estiércol están relacionadas y tienen un impacto en los huevos sucios (Galea 2011).

Para las unidades Haugh se encontraron diferencias significativas entre el tratamiento control y los demás tratamientos; el tratamiento de 20% de inclusión presentó el mejor resultado con 106.81. Kawasaki et al. (2019) reemplazaron la soya por completo por harina de larvas y prepupas, encontrando que el grupo alimentado con harina de soya (sin *Hermetia illucens*) tuvo la unidad Haugh más baja con 88.59, frente a 91.70 con larvas y 92.66. con larvas migratorias

Para la variable color de la yema en escala de 1–5 (1: amarillo pálido – 5: amarillo intenso) el tratamiento control obtuvo el mayor valor siendo este 3.26, siendo diferente a los tratamientos de 10%, 15% y 20%, con valores de 2.78, 2.78 y 2.25 respectivamente. Ribaya-Mercado y Blumberg (2004) indican que los huevos de aves alimentadas con *Hermetia illucens* son una fuente mayor de carotenoides y luteína. Sin embargo, esto depende de la manera en que las larvas sean suministradas, debido a que en un estudio donde se incluyó larvas sustituyendo la soya en un 8% con larvas frescas, el color de la yema fue 5.43, con larvas secas fue 4.71 y sin larvas fue de 4.86 encontrando una ligera mejora con alimento con larvas frescas (Irawan et al. 2019). Por otro lado Ruhnke et al. (2018) encontraron que el color de la yema era significativamente más pálido en las gallinas con harina de mosca guarera (10.3 en el grupo de tratamiento frente a 11.7 en el grupo de control), lo que sugiere que las larvas de mosca están menos pigmentadas que la dieta de control. Los resultados obtenidos sobre el color de la yema de huevo apoyan la idea de que las gallinas alimentadas con harina de mosca guarera puedan carecer de micronutrientes.

Cuadro 5

Efecto de la harina de *Hermetia illucens* en la calidad del huevo de gallinas ponedoras.

Ítems (%)	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	Control	10%	15%	20%		
PH (g)	56.45 ^b	59.75 ^a	58.75 ^a	58.20 ^{ab}	0.662	0.004
AA (mm)	11.42	11.25	11.29	11.55	0.221	0.728
UH	105.51 ^{ab}	104.21 ^b	104.57 ^b	106.81 ^a	0.717	0.033
GC (mm)	0.41 ^b	0.53 ^a	0.43 ^b	0.37 ^c	0.007	0.001
RRC (kgF)	5600.11	5610.10	5615.78	5619.08	11.370	0.395
CY	3.26 ^a	2.78 ^b	2.78 ^b	2.25 ^c	0.091	0.001

Nota. ^{a,b,c}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$. PH: Peso del Huevo; AA: Altura del Albumen; UH: Unidad Haugh;

GC: Grosor de la Cáscara; RRC: Resistencia de la Ruptura de la Cáscara, CY: Color de la Yema.

El Cuadro 6 muestra que para la humedad los valores más altos corresponden al 15 y 20% de inclusión de harina con valores de 75.4 y 75.10%, respectivamente. Las fibras solubles como el xilano, el β -glucano y las sustancias pecticas, aumentan el consumo de agua, por ende aumentan la viscosidad del intestino (Choct 1997).

Por otro lado, se observa que a medida que aumenta el porcentaje de *Hermetia illucens* se disminuyen los niveles de nitrógeno y fósforo en las heces. Respecto al fósforo, el mayor nivel del mismo se debe que los alimentos vegetales tradicionales tienen dos tercios del fósforo total en forma de fitatos, lo que hace que la mayoría no esté disponible para su utilización por las aves de corral (Liebert et al. 2005). En comparación con los grillos y los gusanos de la harina, la harina de *Hermetia* cuenta con una composición de nitrógeno y fósforo más estable y tiene una tasa de conversión alimenticia más ventajosa, además de su potencial inmediato para la producción a gran escala (Newton et al. 2005). Un ensayo de digestibilidad sugirió que la harina de larvas de *Hermetia illucens*, sobre la base del contenido de aminoácidos, la convierte en una buena fuente de proteínas en las dietas de los cerdos (Newton et al. 1977), los cuales son monogástricos también.

Cuadro 6

Efecto de la harina de Hermetia illucens en la humedad, N, y P en heces fecales de gallinas ponedoras.

Indicadores (%)	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	Control	10%	15%	20%		
Humedad	72.63 ^b	70.37 ^c	75.40 ^a	75.10 ^a	0.416	0.001
N	6.08 ^{ab}	6.50 ^a	5.27 ^{bc}	5.12 ^c	0.274	0.021
P	1.53 ^a	1.41 ^{ab}	1.28 ^b	1.37 ^{ab}	0.036	0.012

Nota. ^{a,b,c}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

En el Cuadro 7 se observa que los tratamientos experimentales no fueron diferentes para los indicadores de *Enterobacterias*, *Coliformes* totales y *Clostridium* spp., mientras que para la *E. coli*, el tratamiento con 20 tuvo un aumento del número de colonias con respecto a los tratamientos control y 10% de inclusión. Sin embargo, este incremento de las colonias no tiene un efecto negativo en la salud de las aves. Estos resultados difieren con Erickson et al. (2004) donde hubo reducciones de *E. coli* en las poblaciones en el estiércol de pollo por la alimentación con *Hermetia*.

Cuadro 7

Efecto de la harina de Hermetia illucens en el conteo de bacterias en las heces fecales de gallinas ponedoras.

Indicadores (UFC/g)	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	Control	10%	15%	20%		
Enterobacterias	7.50	7.50	7.44	7.98	0.218	0.325
Coliformes totales	7.39	7.22	7.29	7.76	0.198	0.299
<i>Escherichia coli</i>	6.79 ^b	6.52 ^b	6.91 ^{ab}	7.62 ^a	0.228	0.046
<i>Clostridium</i> spp.	3.35	4.12	4.60	5.81	0.826	0.274

Nota. ^{a,b}Medias con letras diferentes en la misma fila difieren a $P \leq 0.05$.

Ninguna variable del hemograma y de la inmunoglobulina G (IgG) presentó diferencias ($P > 0.05$) (Cuadro 8). La harina de *Hermetia illucens* no tuvo efectos negativos sobre el estado de salud de las gallinas ponedoras. Diversos estudios reflejan que una rica comunidad bacteriana intestinal está asociada con un estado saludable, mientras que una diversidad bacteriana más baja, lo está con reducción de las funciones metabólicas, inmunológicas y protectoras del intestino, y varias enfermedades (Sekirov et al. 2010).

Cuadro 8

Efecto de la harina de Hermetia illucens en el hemograma y IgG de gallinas ponedoras.

Indicadores	Tratamientos experimentales				EE±	Valor de P
	Control	10%	15%	20%		
Leucocitos ($10^3/\text{mm}^3$)	90.50	90.97	90.00	90.33	6.173	0.184
Eritocitos ($10^6/\text{mm}^3$)	2.69	2.60	2.78	2.75	0.113	0.704
Hemoglobina (g/dL)	15.60	14.93	15.90	15.40	0.687	0.791
Hematocrito (%)	32.95	32.43	33.83	32.73	1.407	0.905
Paquetas ($10^3/\text{mm}^3$)	264.00	285.67	274.00	260.00	33.941	0.216
Linfocitos (%)	91.50	82.33	95.33	84.33	3.961	0.935
Monocitos (%)	1.00	1.67	1.67	1.33	0.289	0.363
Heterofilos (%)	16.50	15.33	15.30	17.30	4.521	0.134
Eosinófilos (%)	1.00	0.67	0.67	0.67	0.289	0.802
Basófilos (%)	0.00	0.00	0.00	0.00		
IgG (mg/dL)	1.63	1.70	1.67	1.67	0.275	0.816

Conclusiones

La harina de *Hermetia illucens* tiene una alta concentración de proteína, lípidos y minerales, sin presencia de *Escherichia coli* y *Salmonella*, lo que podría ser de uso común en las dietas avícolas.

La inclusión dietética de 15% de *Hermetia illucens* mejoró el desempeño productivo y la calidad del huevo en gallinas ponedoras.

La inclusión dietética hasta 20% de *Hermetia illucens* incrementó la humedad de las heces fecales, aunque redujo la excreción de N y P en gallinas ponedoras.

La inclusión dietética de 20% de *Hermetia illucens* incrementó la cuantificación de la *Escherichia coli* cecal comparado con la dieta de maíz y soya en gallinas ponedoras.

Las dietas experimentales no modificaron el hemograma y la IgG séricas en gallinas ponedoras.

Recomendaciones

Utilizar 15% de inclusión de *Hermetia illucens* para mejorar la producción y calidad de huevo de gallinas ponedoras.

Realizar un desengrasado a la harina de *Hermetia illucens* para lograr un producto más proteico que pueda sustituir totalmente la harina de soya.

Realizar un análisis de costos de la elaboración de la harina de *Hermetia illucens* y su uso en gallinas ponedoras.

Referencias

- Arango-Gutiérrez GP, Vergara-Ruiz RA, Mejía-Vélez H. 2004. Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* L (Diptera: Stratiomyidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín. 57(2):Universidad Nacional de Colombia. Español. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914073009>.
- Barragan-Fonseca KB, Dicke M, van Loon J. 2017. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. Journal of Insects as Food and Feed. 3(2):105–120. doi:10.3920/JIFF2016.0055.
- Borrelli L, Coretti L, Dipineto L, Bovera F, Menna F, Chiariotti L, Nizza A, Lembo F, Fioretti A. 2017. Insect-based diet, a promising nutritional source, modulates gut microbiota composition and SCFAs production in laying hens. Sci Rep. 7(1):16269. eng. doi:10.1038/s41598-017-16560-6.
- Capretta P. 1969. The establishment of food preferences in chicks Gallus gallus. Animal Behaviour. 17:229–231. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0003347269900062>. doi:10.1016/0003-3472(69)90006-2.
- Carré B, Monredon F de, Melcion JP, Gomez J. 1995. Qualité de la litière en aviculture. Aliments et qualités physiques des excréta. Productions Animales; [consultado el 29 de abr. de 2022]. 5(8):331–334. French. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=FR2016212059>.
- Cashion T, Tyedmers P, Parker RWR. 2017. Global reduction fisheries and their products in the context of sustainable limits. Fish Fish. 18(6):1026–1037. <https://eprints.utas.edu.au/26497/>. doi:10.1111/faf.12222.
- Choct M. 1997. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. Feed Milling International. (13-26). <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.472.6079&rep=rep1&type=pdf>.
- Cooper J. 1971. Colored Feed for Turkey Poults. Poultry Science. 50(6):1892–1893. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119540044>. doi:10.3382/ps.0501892.
- Craig-Sheppard D, Larry-Newton G, Thompson SA, Savage S. 1994. A value added manure management system using the black soldier fly. Bioresource Technology. 50(3):275–279. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0960852494901023>. doi:10.1016/0960-8524(94)90102-3.
- Cutrignelli MI, Messina M, Tulli F, Randazzo B, Olivotto I, Gasco L, Loponte R, Bovera F. 2018. Evaluation of an insect meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as soybean substitute: Intestinal morphometry, enzymatic and microbial activity in laying hens. Research in Veterinary Science. 117:209–215. eng. doi:10.1016/j.rvsc.2017.12.020.
- Erickson M, Islam M, Sheppard C, Liao J, Doyle M. 2004. Reduction of Escherichia coli O157:H7 and Salmonella enterica serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. J Food Prot. 67(4):685–690. eng. doi:10.4315/0362-028x-67.4.685.
- Galea F, editor. 2011. Nutrition and food management and their influence on egg quality. Santiago de Compostela: [sin editorial] (XLVIII Simposio Científico de Avicultura). https://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/4_nutrition_and_food_management_and_their_influence_on_egg_qualit.pdf.

- Gobbi FP. 2012. Biología reproductiva y caracterización morfológica de los estadios larvarios de *Hermetia illucens* (L., 1758) (Diptera: Stratiomyidae). Bases para su producción masiva en Europa [Doctoral Thesis]. [sin lugar]: Universidad de Alicante. spa. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/28345>.
- Hu Y, Huang Y, Tang T, Zhong L, Chu W, Dai Z, Chen K, Hu Y. 2020. Effect of partial black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal replacement of fish meal in practical diets on the growth, digestive enzyme and related gene expression for rice field eel (*Monopterus albus*). *Aquaculture Reports*. 17:100345. doi:10.1016/j.aqrep.2020.100345.
- Irawan AC, Astuti DA, Wibawan IWT, Hermana W. 2019. Impact of the Feeding With the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) on Egg Physical Quality, Egg Chemical Quality and Lipid Metabolism of Laying Hens. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1351(1):12081. en. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1351/1/012081>. doi:10.1088/1742-6596/1351/1/012081.
- Juarez L. 2020. Uso de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) para alimentación de gallinas ponedoras: Revisión de Literatura. [sin lugar]. ES;EN;FR;español;Spanish;French;spa. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/6891>.
- Kawasaki K, Hashimoto Y, Hori A, Kawasaki T, Hirayasu H, Iwase S, Hashizume A, Ido A, Miura C, Miura T, et al. 2019. Evaluation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae and Pre-Pupae Raised on Household Organic Waste, as Potential Ingredients for Poultry Feed. *Animals (Basel)*. 9(3):98. eng. doi:10.3390/ani9030098.
- Kennedy J. 1980. The development of dietary preferences in pigs and poultry. H. Bickel, Ed. Verlag Paul Parey. Berlin: Fortschritte in der Tierphysiologie und Tierernahrung. 11 vol. <https://europepmc.org/article/med/7390356>.
- Kiarie E, Romero LF, Nyachoti CM. 2013. The role of added feed enzymes in promoting gut health in swine and poultry. *Nutrition research reviews*. 26(1):71–88. eng. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23639548/>. doi:10.1017/S0954422413000048.
- Kuntadi K, Adalina Y, Maharani KE. 2018. Nutritional Compositions Of Six Edible Insects in Java . *Ina.J.For.Res.* 5(1):57–68. doi:10.20886/ijfr.2018.5.1.57-68.
- Leeson S, Summers J, Caston L. 2001. Response of Layers to Low Nutrient Density Diets. *Journal of Applied Poultry Research*. 10(1):46–52. doi:10.1093/japr/10.1.46.
- Liebert F, Htoo JK, Sünder A. 2005. Performance and nutrient utilization of laying hens fed low-phosphorus corn-soybean and wheat-soybean diets supplemented with microbial phytase. *Poultry Science*. 84(10):1576–1583. eng. doi:10.1093/ps/84.10.1576.
- Liu Q, Tomberlin JK, Brady JA, Sanford MR, Yu Z. 2008. Black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae reduce *Escherichia coli* in dairy manure. *Environ Entomol.* 37(6):1525–1530. eng. doi:10.1603/0046-225x-37.6.1525.
- Mahammad A, Nath D, Kallam N, Rao B. 2019. Effect of Supplementation of Palm Kernel Meal with and without Enzyme on the Performance of Japanese Quail (*Coturnix Coturnix Japonica*). *Int. J. Livest. Res.* (0):1. doi:10.5455/ijlr.20190305085534.
- Marco M de, Martínez S, Hernandez F, Madrid J, Gai F, Rotolo L, Belforti M, Bergero D, Katz H, Dabbou S, et al. 2015. Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*. 209:211–218. doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.08.006.

- Marono S, Loponte R, Lombardi P, Vassalotti G, Pero ME, Russo F, Gasco L, Parisi G, Piccolo G, Nizza S, et al. 2017. Productive performance and blood profiles of laying hens fed *Hermetia illucens* larvae meal as total replacement of soybean meal from 24 to 45 weeks of age. *Poultry Science*. 96(6):1783–1790. eng. doi:10.3382/ps/pew461.
- Maurer V, Holinger M, Amsler Z, Früh B, Wohlfahrt J, Stamer A, Leiber F. 2016. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *Journal of Insects as Food and Feed*. 2(2):83–90. doi:10.3920/JIFF2015.0071.
- Nesic K, Zagon J. 2019. Insects — a Promising Feed and Food Protein Source? *Meat Technology*. 60(1):56–67. doi:10.18485/meattech.2019.60.1.8.
- Newton GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM. 1977. Dried *Hermetia illucens* Larvae Meal as a Supplement for Swine. *Journal of Animal Science*. 44(3):395–400. doi:10.2527/jas1977.443395x.

- Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove R. 2005. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Raleigh, NC, USA: [sin editorial] (vol. 17). https://aquacircle.org/images/pdfdokumenter/udvikling/andre/amerika/svinemanure_soldier_fly.pdf.
- Nyakeri EM, Ogola H, Ayieko MA, Amimo FA. 2017. Valorisation of organic waste material: growth performance of wild black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) reared on different organic wastes. *Journal of Insects as Food and Feed*. 3(3):193–202. doi:10.3920/JIFF2017.0004.
- Parkhurst CR, Mountney GJ. 1988. The Poultry Industry. En: Parkhurst CR, Mountney GJ, editores. *Poultry Meat and Egg Production*. Dordrecht: Springer Netherlands. p. 1–15.
- Piccolo G, Iaconisi V, Marono S, Gasco L, Loponte R, Nizza S, Bovera F, Parisi G. 2017. Effect of *Tenebrio molitor* larvae meal on growth performance, in vivo nutrients digestibility, somatic and marketable indexes of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Animal Feed Science and Technology*. 226:12–20. doi:10.1016/j.anifeedsci.2017.02.007.
- Ramos E, editor. 2003. Insectos como fuente de proteína y sus aplicaciones. Memorias del XXX Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología. Cali: SOCOLEN. 38 vol.
- Reátegui J, Barriga X, Obando A, Moscoso G, Manrique P, Salazar I. 2020. *Hermetia illucens* larva (Diptera: Stratiomyidae) meal as a protein ingredient for partial replacement of soybean meal in the feed of *Cavia porcellus* (Guinea pig): effect on the consumption, weight gain and feed conversion. *Sci. agropecu*. 11(4):513–519. doi:10.17268/sci.agropecu.2020.04.06.
- Ribaya-Mercado JD, Blumberg JB. 2004. Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention. *J Am Coll Nutr*. 23(6 Suppl):567S–587S. eng. doi:10.1080/07315724.2004.10719427.
- Ruhnke I, Normant C, Campbell DLM, Iqbal Z, Lee C, Hinch GN, Roberts J. 2018. Impact of on-range choice feeding with black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) on flock performance, egg quality, and range use of free-range laying hens. *Anim Nutr*. 4(4):452–460. eng. doi:10.1016/j.aninu.2018.03.005.
- Sekirov I, Russell SL, Antunes LCM, Finlay BB. 2010. Gut microbiota in health and disease. *Physiol Rev*. 90(3):859–904. eng. doi:10.1152/physrev.00045.2009.
- Sheppard DC, Newton GL, Burtle GJ. 2007. Black Soldier Fly Prepupae A Compelling Alternative to Fish Meal and Fish Oil. Tifton GA, USA: University of Georgia. https://aquacircle.org/images/pdfdokumenter/udvikling/andre/amerika/soldier_fly_compelling_alternative_noaa-usda.pdf.
- Sogari G, Amato M, Biasato I, Chiesa S, Gasco L. 2019. The Potential Role of Insects as Feed: A Multi-Perspective Review. *Animals (Basel)*. 9(4). eng. doi:10.3390/ani9040119.
- Sprangers T, Ottoboni M, Klootwijk C, Owyn A, Deboosere S, Meulenaer B de, Michiels J, Eeckhout M, Clercq P de, Smet S de. 2017. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J Sci Food Agric*. 97(8):2594–2600. eng. doi:10.1002/jsfa.8081.
- Tabeeh M. 2015. An investigation on preference of layers for different colored feed. *J. Agric*. (1):1–5.
- Tran G, Heuzé V, Makkar H. 2015. Insects in fish diets. *Anim Fron*. 5(2):37–44. doi:10.2527/af.2015-0018.
- van Huis A. 2013. Potential of insects as food and feed in assuring food security. *Annu Rev Entomol*. 58:563–583. eng. doi:10.1146/annurev-ento-120811-153704.

- Van-Huis A, Van-Itterbeeck J, Klunder H. 2014. Edible insects: Future prospects for food and feed security. [Rome], Italy, Beaconsfield, Quebec: Food and Agriculture Organization of the United Nations; Canadian Electronic Library. 187 p. (FAO forestry paper; vol. 171). ISBN: 9789251075951. eng. <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=3239199>.
- Verkerk MC, Tramper J, van Trijp JCM, Martens DE. 2007. Insect cells for human food. *Biotechnol Adv.* 25(2):198–202. eng. doi:10.1016/j.biotechadv.2006.11.004.
- Wang Y-S, Shelomi M. 2017. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods* (Basel, Switzerland). 6(10). eng. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29057841/>. doi:10.3390/foods6100091.
- Waśko A, Bulak P, Polak-Berecka M, Nowak K, Polakowski C, Bieganski A. 2016. The first report of the physicochemical structure of chitin isolated from *Hermetia illucens*. *Int J Biol Macromol.* 92:316–320. eng. doi:10.1016/j.ijbiomac.2016.07.038.
- Zheng L, Hou Y, Li W, Yang S, Li Q, Yu Z. 2012. Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes. *Energy.* 47(1):225–229. doi:10.1016/j.energy.2012.09.006.
- Zielińska E, Baraniak B, Karaś M, Rybczyńska K, Jakubczyk A. 2015. Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. 0963-9969. 77:460–466. doi:10.1016/j.foodres.2015.09.008.