



CICLO DE VIDA DE LA MOSCA SOLDADO NEGRA HERMETIA ILLUCENS (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) EN ALTOS DE PIPE, ESTADO MIRANDA, VENEZUELA

Licenciada en Química Moraiza Josefina Casado-Chacin, Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal del Centro de Biotecnología Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Científicas (chacinmoraiza@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0007-0414-8765>)

Dra. Lorena Del Carmen Vivas-Ríos, Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal del Centro de Biotecnología Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Científicas (lorena.vivasrios@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0001-7757-3833>)

Msc. Neyo la Cruz Pérez-Guedez, Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal del Centro de Biotecnología Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Científicas (neyoperez4@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0003-3694-273X>)

Ing. Marlon Francisco Brazon-Lunar, Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal del Centro de Biotecnología Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Científicas (marlon.brazonlq@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0007-0752-2695>)

T.S.U. Anthony Deison Mendoza-Sandoval, Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal del Centro de Biotecnología Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Científicas (marlon.brazonlq@gmail.com) (<https://orcid.org/0009-0009-7792-3923>)

Msc. María Fernanda Quiroga-Miranda, Laboratorio de Nutrición y Alimentación Animal del Centro de Biotecnología Agrícola del Instituto Nacional de Investigaciones Científicas (mafegenomica16@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-23870418>)

RESUMEN

Se realizó la cría de las larvas de mosca soldado negra en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) a una temperatura promedio de 20,4 °C, empleando para su alimentación un sustrato orgánico (SO) proveniente de residuos del comedor del instituto, obteniéndose una conversión máxima del SO de 63,14% a los 29 días del ciclo larvario. Estos residuos del comedor contenían 68,76% de humedad, 4,55% de cenizas, 18,70% de proteínas y 5,20% de grasa. Bajo estas condiciones el ciclo de vida de la mosca soldado negra fue de 71 días, donde se determinó un tiempo aproximado en cada estadio de 25 días en la fase de larva, 12 a 36 días en prepupa, 30 a 40 días en pupa y por último de 4 a 6 días en fase adulta o de imago. Las pupas mostraron en promedio 2 cm de largo y 0,6 cm de ancho. La caracterización bromatológica del SO al culminar las fases inmaduras mostró un enriquecimiento del sustrato de 13,9% de humedad, 11,98% de cenizas, 42,74% de proteínas y 7,66% de grasa. Finalmente, los análisis bromatológicos de las pupas arrojaron valores de humedad de 13,31%, cenizas de 7,95%, proteínas de 56,06% y grasas de 6,88%, que al ser comparados con la proteína de harina de soja y de pescado indica que podrían ser empleadas en la formulación de alimentos balanceados para animales.

PALABRAS CLAVE

Conversión de materia orgánica, humedad, porcentaje de proteínas, pupas, temperatura.

Recibido: 2024-01-25 / Revisado: 2024-01-30 / Aceptado: 2024-02-14/
Publicado: 2024-02-25 / Páginas 252-267



LIFE CYCLE OF THE BLACK SOLDIER MITE *Hermetia illucens* (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) IN ALTOS DE PIPE, MIRANDA STATE, VENEZUELA

ABSTRACT

Rearing of black soldier fly larvae was carried out at the Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) at an average temperature of 20.4 °C, using an organic substrate (OS) from the Institute's canteen waste as food, obtaining a maximum OS conversion of 63.14% 29 days into the larval cycle. This canteen waste contained 68.76% moisture, 4.55% ash, 18.70% protein and 5.20% fat. Under these conditions, the life cycle of the black mold fly was 71 days, with an approximate time in each stage of 25 days in the larva stage, 12 to 36 days in prepupa, 30 to 40 days in pupa and finally 4 to 6 days in the adult or imago stage. Pupae averaged 2 cm in length and 0.6 cm in width. The bromatological characterization of the OS at the end of the immature stages showed a substrate enrichment of 13.9% moisture, 11.98% ash, 42.74% protein and 7.66% fat. Finally, the bromatological analysis of the pupae showed moisture values of 13.31%, ashes of 7.95%, proteins of 56.06% and fats of 6.88%, which when compared with soybean and fish meal protein indicated that they could be used in the formulation of balanced animal feed.

KEY WORDS

Organic matter conversion, moisture, protein percentage, pupae, temperature



INTRODUCCIÓN

Durante años una de las fuentes de proteínas más empleadas en los alimentos balanceados para animales ha sido la soya (Veldkamp y col., 2021). En países como Venezuela donde no se produce, existe la necesidad de generar otras fuentes de proteínas. Una de las fuentes de proteínas ya identificada a nivel mundial y que se encuentra en proceso de consolidación es la proveniente de los insectos. De los insectos empleados uno de los más prometedores es la mosca soldado negra, *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758). Este insecto se clasifica en el orden Díptera o de los dípteros y en la familia Stratiomyidae o de los estratiómidos, que se puede encontrar en regiones de clima tropical y altas temperaturas (Singh y Kumari, 2019). Este insecto experimenta una metamorfosis completa u holometábola, que pasa por cinco etapas durante su ciclo de vida, que incluyen huevo, larva, prepupa, pupa y adulto. El ciclo de vida completo puede variar de dos semanas a varios meses en relación con la temperatura, la humedad de la dieta, la humedad relativa, entre otros factores (Tomberlin y Cammack, 2018). Las larvas y prepupas de estas moscas se alimentan de materia orgánica y la convierten en biomasa, dependiendo de la dieta suministrada, con un contenido de proteínas de 37 a 44% y de grasas de 42 a 49% (Wang y Shelomi, 2017). Adicionalmente, estas larvas por ser detritívoras se presentan como una alternativa para la disminución de las emisiones contaminantes generadas por los desechos sólidos orgánicos (Oviedo y col. 2022). Otro aspecto importante es que no requieren el uso de tierras fértiles, ni grandes cantidades de agua para su cría y reproducción, por lo que no compiten con la alimentación humana (Wancheng y col., 2020). En Venezuela uno de los principales problemas de los productores de carne para el consumo humano es el alto costo de los alimentos balanceados para animales (ABA). Por lo antes expuesto se planteó evaluar el ciclo de vida mosca soldado negra (*Hermetia illucens*), analizar la composición bromatológica tanto del sustrato orgánico como de

las pupas y así contrastar el aporte de proteínas para ser incluida en la formulación de alimentos para animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El estudio se realizó en el bioterio del Centro de Biotecnología Agrícola del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Altos de Pipe, estado Miranda, Venezuela, situado en las coordenadas geográficas 10°23'44''N y 66°59'10''W y a 1.730 m.s.n.m, durante la época seca, en los meses de noviembre, diciembre y enero, con una duración de 71 días. Los datos de condiciones ambientales fueron recopilados por la estación meteorológica del IVIC, marca *Campbell Scientific*, equipada con un sensor de temperatura y humedad HC2S3-L y Datalogger CR1000.

Zona de cría de larvas de mosca soldado negra

Se realizó la construcción de un espacio para la cría y monitoreo de las larvas de moscas soldado negra (MSN); para ello se construyó una estructura de madera de 0,58 m de ancho x 1,62 m de largo x 1,88 m de altura, la cual se cubrió con una tela tipo tul para garantizar la contención de las MSN, como se puede observar en la figura 1.

Figura 1. Zona de cría de las larvas de mosca soldado negra.





Registro de temperatura en la zona de cría

El registro de temperatura se realizó de lunes a viernes durante 11 semanas con un termómetro de columna de mercurio marca Fisherbrand, 14-985-5B, 7015K.

Conversión del sustrato orgánico (%)

Se empleó una balanza semi analítica, marca Kern PIs de capacidad máx. 4.200 g, para hacer seguimiento de la pérdida de masa del sustrato y así poder estimar el consumo aproximado por larva, utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{Conversión SO} = \frac{(\text{mo SO} - \text{mf SO})}{\text{mo SO}} * 100$$

Donde: mo SO: masa inicial de sustrato orgánico (g).

mf SO: masa final del sustrato orgánico (g).

Consumo de sustrato orgánico por larva por día (g/larva/día)

El cálculo del consumo del SO en g/larva/día se realizó con la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo de SO} = \frac{\frac{(\text{mo SO} - \text{mf SO})}{\text{N}^\circ \text{ de larvas}}}{\text{N}^\circ \text{ de días}}$$

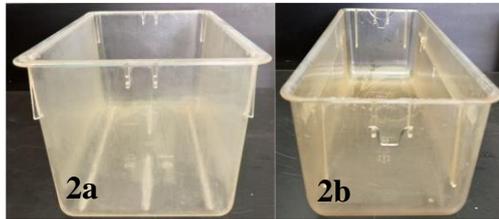
Donde: N° de larvas representa el número total de larvas del ensayo.

N° de días que representa el número de días entre mediciones.

Monitoreo de las fases larvarias

Se emplearon 2 bandejas de 33x21x18 cm (Figura 2), donde se colocó el sustrato orgánico (SO) para la alimentación de las larvas hasta alcanzar la fase de prepupa, y 2 bandejas de 40x15x11 cm con aserrín para colocar las pupas una vez separadas del SO, hasta su eclosión en adulto o imago (Figura 2). En este monitoreo se hizo seguimiento a la variación de la masa del SO y se realizó la identificación de las fases por el cambio de coloración. En la fase de pupa, se seleccionó una muestra de 15 larvas y se les determinó el largo y ancho, para lo que se empleó un vernier, marca Startool.

Figura 2. Bandejas para alimentación (2a) y la eclosión (2b).



Una vez terminada la estructura para la cría (Figura 1), se recibieron en donación 150 larvas de MSN de 12 días de ciclo larvario, provenientes de la colonia que se encuentra en las instalaciones de la Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela (ACAV) ubicada en el estado Barinas. Estas larvas se colocaron en aproximadamente 1 kg de SO de 3 cm de altura en la bandeja que se muestra en la figura 2. Este SO proviene de los desechos del comedor del IVIC, compuesto por residuos de arroz, lenteja, vegetales y carne.

Análisis bromatológicos

El perfil bromatológico tanto del sustrato orgánico como de las pupas se realizó con el apoyo del grupo REVEEX. Las muestras fueron molidas con un micromolino, que garantizó la homogeneidad; para realizar los análisis se utilizaron los siguientes equipos:

- Proteínas: Digestor de nitrógeno para destilación por el método de Kjeldahl marca Foss Tecator, modelo AB; destilador de nitrógeno por el método de Kjeldahl, marca Foss Tecator, modelo 2200; y titulador potenciométrica marca Metrohm, modelo Titrino 848 Plus (COVENIN 1195-1980).
- Grasa cruda: Soxtec System HT6, marca Foss Tecator, modelo HT 1043 (COVENIN 1162-2019).
- Humedad: Estufa marca Carbolite, Modelo: NR30 (COVENIN 1156-2017).
- Cenizas totales: Mufla marca Carbolite, Modelo: GPC 12/36 (COVENIN 1155-2017).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condición ambiental en el área de estudio.

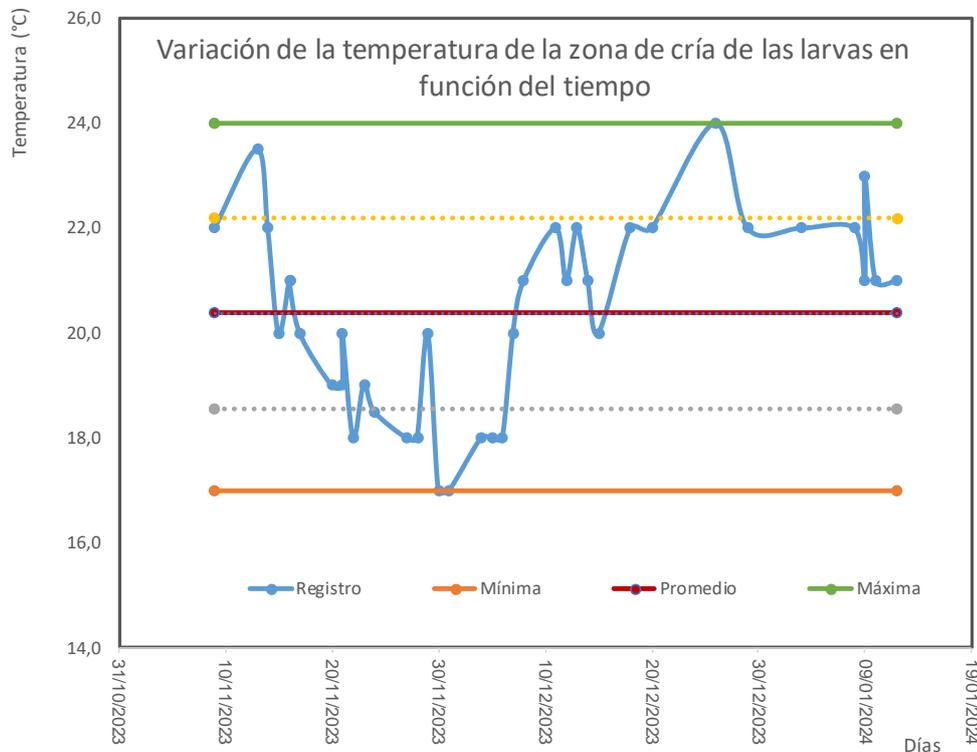
Las larvas obtenidas de una colonia de mosca soldado negra en Barinas, se encontraban a una temperatura ambiente promedio de 30 °C, mientras que durante el experimento la temperatura ambiente promedio fue de 16,76 °C y la del área de estudio de 20,4 °C, lo que representa una disminución significativamente mayor a 5 °C.

La humedad relativa fue de 88,8%, lo que parece no favorecer el crecimiento larvario en comparación con el 50 a 70% reportado por Oviedo y col. (2022) como valores óptimos. La menor temperatura y la alta humedad relativa pudo afectar la duración de las etapas larvarias.

Temperatura en el área de cría

De igual manera, se llevó el registro de la temperatura de la zona de cría de las larvas, el cual se presenta en la Figura 3. En ella se muestra en color amarillo una temperatura mínima de 17 °C, una máxima en verde de 23,5 °C y una temperatura promedio en rojo de 20,4 °C; adicionalmente, en líneas punteadas se presenta la desviación estándar de los datos registrados, la cual fue de 1,83 °C ubicándolos entre 18,5 °C y 22,2 °C. Al llegar el mes de diciembre la humedad ambiental comenzó a incrementar, mientras que la temperatura comenzó a descender, por lo que se empleó un deshumidificador, que contribuyó en el incremento de la temperatura inicialmente de 20 °C el 07/12/2023 a 22°C el 12/12/2023, que se mantuvo en 22 °C como temperatura media durante el resto de la evaluación. Sin embargo, no se alcanzó una temperatura promedio superior a 24°C, la cual ha resultado ser la temperatura óptima para favorecer la reproducción de las MSN según lo reportado por Tomberlin y col. (2009). Adicionalmente, al no poder monitorear la humedad de la zona de cría no se puede asegurar si se alcanzó el nivel óptimo de este parámetro para favorecer la cría y reproducción de las MSN.

Figura 3. Registro de temperatura en el área de cría de la mosca soldado negra.



Conversion del sustrato orgánico

En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos de la conversión de SO y el estimado de Consumo de SO por larva por día. Como se puede observar se inició con una masa de SO de 1.030 g y pasado 9 días se registró una masa de 618,25 g, lo que representa una conversión de SO de 40%, transcurridos 13 días se incrementó a 53,34%, para presentar un máximo de conversión de 63,14% a los 17 días de iniciar el registro, lo que representa 29 días de ciclo larvario; ese mismo día se agregaron 300,99 g de SO. Esto representa en total 1.330 g de SO suministrado a las larvas, quedando al final del ciclo larvario 184,88 g de SO, lo que equivale a que cada larva requirió aproximadamente de 8 g de SO húmedo para completar su ciclo larval. También, se muestra que cada larva en su fase inicial consumió aproximadamente 0,305 g/día, presentando una disminución de aproximadamente 0,1 g/día, manteniéndose estable desde el día 13 al 21



con un consumo de SO alrededor de 0,2 g/día, equivalente a 25 y 33 días del ciclo larvario, donde comenzó a disminuir el consumo de SO, lo que concuerda con lo determinado en el estudio realizado por Del Hierro y col. (2021) que señala que las larvas consumen entre 0,025 g y 0,5 g de SO por día.

Tabla 1. Conversión de materia orgánica por larva por día.

Fecha	Masa de sustrato (g)	Reducción del sustrato (%)	Días	Consumo Sustrato/ Larva x día (g)
07/11/2023	1030,5			
16/11/2023	618,25	40,00	9	0,305
20/11/2023	480,84	53,34	4	0,229
22/11/2023	420,84	59,16	2	0,200
24/11/2023	379,81	63,14	2	0,137
24/11/2023	680,80	*	-	-
28/11/2023	554,38	18,57	4	0,211
30/11/2023	504,43	25,91	2	0,167
05/12/2023	427,21	37,25	5	0,103
06/12/2023	413,57	39,25	1	0,091
08/12/2023	388,34	42,96	2	0,084
12/12/2023	331,70	51,28	4	0,094
08/01/2024	184,88	72,84	27	0,036
		Total días	62	

* Nota: Se agregó SO 300,99 g

Ciclo de vida de Mosca Soldado Negra

Las larvas recibidas de la ACAV tenían 12 días por lo que se encontraban en la fase larval inicial y presentaban una coloración blanca amarillenta, característica de esta fase. Luego de 13 días de seguimiento, lo que equivale a 25 días del ciclo larvario, las larvas incrementaron considerablemente su tamaño y se tornaron amarillentas, por lo que se puede inferir que se encontraban en fase de larva avanzada. Posteriormente, a los 37 días del ciclo ocurrió un cambio de coloración de amarillentas a marrones, separándose del SO, lo que marcó el inicio de la fase de prepupa (Figura 4), para posteriormente quedar inmóviles o en fase de pupa, para luego eclosionar y convertirse en moscas o adultos. La eclosión comenzó de los días 58 a 64 del ciclo, como se puede observar

en la figura 4, donde en la zona de cría se pueden visualizar alrededor de 6 moscas. En la figura 5 se aprecia con mayor detalle una de ellas, alcanzándose la mayor cantidad de moscas adultas el día 77 del ciclo, esta fase duró en promedio 4 días. Finalmente, al contabilizar todas las fases descritas se puede decir que el ciclo de vida de la MSN resultó ser de 71 días a una temperatura promedio de 20,4 °C.

Figura 4. Pupas separadas del sustrato (3a) y aspecto de la pupa (3b).

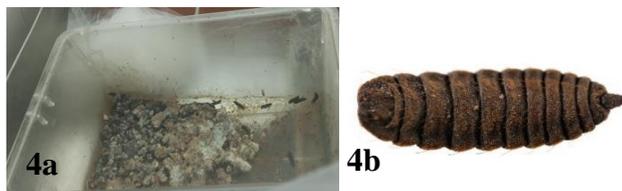
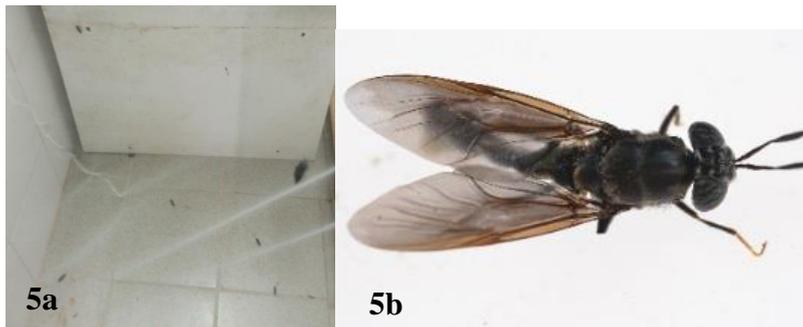
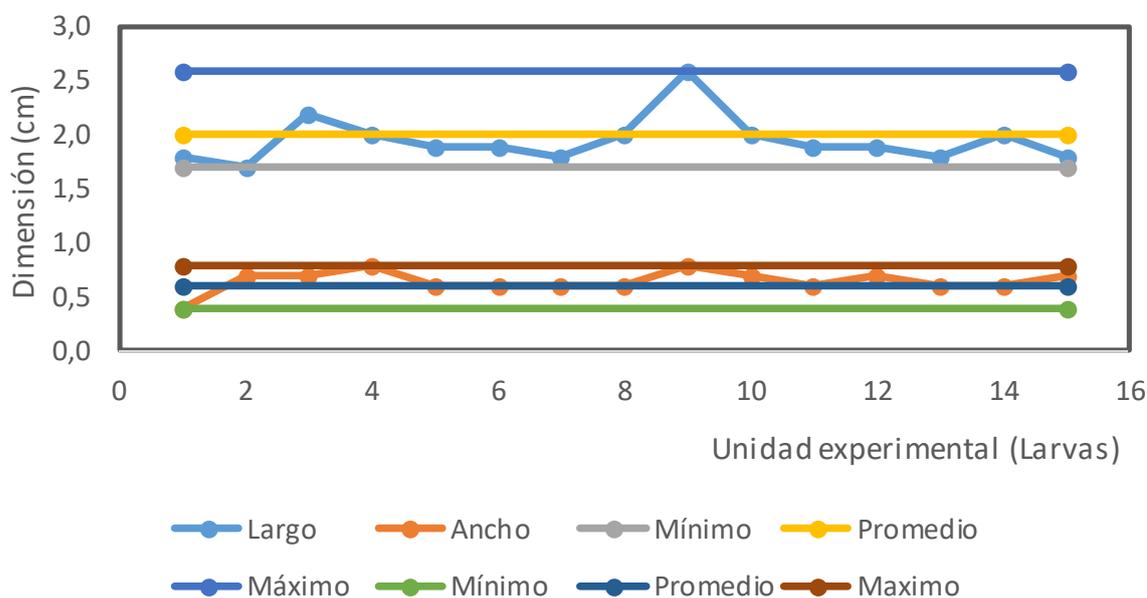


Figura 5. Moscas soldado negra recién eclosionadas de la pupa (5a) y aspecto de la mosca adulta (5b).



Adicionalmente, a los 38 días del ciclo en la fase pupa (Figura 5), se seleccionaron 15 ejemplares para realizar la medición de largo y ancho; los resultados se presentan en la Figura 6, en la cual se muestra un mínimo de longitud de 1,7 cm, un máximo de 2,6 cm para un promedio de largo de 2 cm. Por otro lado, se presenta el mínimo de ancho de 0,4 cm, un máximo de 0,8 cm, para un ancho promedio de 0,6 cm, los cuales concuerdan con lo reportado para esta fase por Oviedo y col. (2022).

Figura 6. Dimensiones de las pupas de MSN.



Análisis bromatológicos del sustrato orgánico y de las larvas de mosca soldado negra

En la Tabla 2 se presentan los análisis bromatológicos realizados al SO suministrado como alimento para las larvas y al SO después de completar la fase larvaria. Como se puede observar el SO inicialmente presentó un 68,76% de humedad, valor característico por la naturaleza del mismo, y se presentó luego una drástica disminución a 13,9% debido a las pérdidas por evaporación y a la transformación producto del consumo de las larvas. Otro aspecto importante a resaltar es el incremento del contenido de proteínas en el sustrato luego de culminarse el ciclo larvario, el cual pasó de 18,7% a 42,74%, que pudo deberse a que las deyecciones de las larvas enriquecían al sustrato, ya que éstas pueden convertir sustratos bajos en proteína y transformarlos en proteínas asequibles y de alta calidad para alimentar y nutrir animales (Lalander y col., 2020; Surendra y col., 2020). Por otro lado, existe la posibilidad de que en el SO final existan larvas que no lograron terminar el ciclo, y al formar por descomposición parte del sustrato lo enriquecen



Análisis bromatológicos del sustrato orgánico y de las larvas de mosca soldado negra

En la Tabla 2 se presentan los análisis bromatológicos realizados al SO suministrado como alimento para las larvas y al SO después de completar la fase larvaria. Como se puede observar el SO inicialmente presentó un 68,76% de humedad, valor característico por la naturaleza del mismo, y se presentó luego una drástica disminución a 13,9% debido a las pérdidas por evaporación y a la transformación producto del consumo de las larvas. Otro aspecto importante a resaltar es el incremento del contenido de proteínas en el sustrato luego de culminarse el ciclo larvario, el cual pasó de 18,7% a 42,74%, que pudo deberse a que las deyecciones de las larvas enriquecían al sustrato, ya que éstas pueden convertir sustratos bajos en proteína y transformarlos en proteínas asequibles y de alta calidad para alimentar y nutrir animales (Lalander y col., 2020; Surendra y col., 2020). Por otro lado, existe la posibilidad de que en el SO final existan larvas que no lograron terminar el ciclo, y al formar por descomposición parte del sustrato lo enriquecen.

Tabla 3. Resultados de análisis bromatológicos de las pupas de mosca soldado negra.

Determinación	Unidad	Resultados ⁽¹⁾	Intervalo referencial ⁽²⁾	Método	Norma
Humedad	%(m/m)	13,31	10-12	Determinación de humedad por pérdida de peso	COVENIN 1156-2017
Cenizas	%(m/m)	7,95	4-19	Determinación de cenizas totales	COVENIN 1155-2017
Proteínas	%(m/m)	56,06	38-57	Determinación de Nitrógeno . Método de Kjeldahl	COVENIN 1195-1980
Grasas	%(m/m)	6,88	4,8-39	Determinación de grasa cruda	COVENIN 1162-2019

(1)

Fuente: Resultados obtenidos gracias a la cortesía de Grupo REVEEX.

(2) Fuente: Gold y col. (2018); Oviedo y col. (2022); Singh y Kumari (2019).



La harina de mosca soldado negra para su uso en alimentos balanceados para animales

Surendra y col. (2020) mencionan que entre los principales productos que se pueden obtener de la cría y procesamiento de las larvas de la mosca soldado negra se encuentran las proteínas y grasas para alimentos concentrados para animales. En la tabla 3 se presenta el valor obtenido en la presente evaluación, donde el valor de proteína cruda fue de 56,06%, valor alto para una harina de origen animal, pero muy similar a los reportados en otras fuentes proteicas del mismo origen como la harina de pescado, harinas de carnes, harinas de sangre, y otras de origen vegetal como la harina de soja, todas con contenido de proteínas superiores al 40% (Valdés-García y col., 2016). Estas fuentes tradicionales, son usadas para la elaboración de alimentos balanceados para animales, por lo que ya han sido evaluadas, se conocen los beneficios en la nutrición animal como la biodisponibilidad de la proteína, aporte de aminoácidos esenciales y las mejoras de los indicadores productivos. Sin embargo, en la actualidad los altos precios, la disponibilidad nacional y el impacto ambiental, ha impulsado la investigación en la búsqueda de fuentes alternas de proteínas, entre ellas las provenientes de insectos, y particularmente de la mosca soldado negra.

Existen numerosos estudios que evalúan la inclusión de la harina de las larvas de mosca soldado negra de forma exitosa en la alimentación de animales monogástricos (peces, pollos, cerdos) y rumiantes (ovejos, cabras, bovinos) entre otros (Joly y Nikema, 2019). La biomasa obtenida de las larvas alimentadas con estos desechos orgánicos, presenta perfiles nutricionales idóneos para ser consideradas como materia prima para la elaboración de alimentos para animales (Toral y col., 2022 citado por Bermúdez y Sánchez, 2023). Actualmente, las larvas de mosca soldado negra son utilizadas para la producción de harinas, pero también pueden ser utilizadas como larvas vivas, larvas deshidratadas o larvas en forma de polvo, ya sea entero o desengrasado (Bermúdez y Sánchez, 2023).



CONCLUSIONES

El ciclo de vida de la mosca soldado negra se prolongó por 71 días debido a las condiciones ambientales de la zona de cría. La conversión del sustrato orgánico concuerda con lo reportado para las pupas, resaltando que el sustrato quedó enriquecido por acción de las larvas y prepupas. La caracterización bromatológica de las pupas indica un alto contenido de proteínas, el cual se encuentra en la misma magnitud del valor reportado para las harinas de soja y de pescado, por lo que podrían ser empleadas exitosamente en la formulación de alimentos balanceados para animales.

AGRADECIMIENTOS

A la Industrial Ferroviaria y Sistemas por Cable de Venezuela (FERROVEN) por su aporte para la construcción de la zona de cría de las larvas, a la Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela (ACAV) por la donación de las larvas para realizar la evaluación, al Centro de Ciencias Atmosféricas y Biogeoquímica del IVIC por suministrar los datos de las condiciones ambientales y al Grupo REVEEX por la realización de los análisis bromatológicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bermúdez-Serrano, I. M. and Sánchez-Velázquez, O. A. (2023). Aprovechamiento integral de la Mosca Soldado Negra: Bioconversión, sostenibilidad y desafíos emergentes. *Scientia Agropecuaria*, 14(4): 571-590.
- Gold, M., Tomberlin, J. K., Diener, S., Zurbrügg, C. and Mathys, A. (2018), Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review, *Waste Management*, 82:302-318.
- Del Hierro, A.G., Anrango, M. J., Ortiz, D., y Sánchez, L. (2021). Captura y cría de la mosca soldado negra (*Hermetia Illucens*) para la



biodegradación de desechos orgánicos en Puerto Quito, Ecuador. Ecuadorian Science Journal, 5(3): 341-354. DOI: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.164>.

- Joly, G., and Nikiema, J. (2019). Global experiences on waste processing with black soldier fly (*Hermetia illucens*): from technology to business. *Iwmi*, 16.
- Lalander, C., Ermolaev, E., Wiklicky, V., and Vinnerås, B. (2020). Process efficiency and ventilation requirement in black soldier fly larvae composting of substrates with high water content. *Science of The Total Environment*, 729: 138968.
- Oviedo, M., García J. y Gutiérrez C. (2022). Mosca soldado negra: eslabón perdido en la cadena de revalorización de residuos orgánicos. *Revista Ciencia*, 73(3): 52-59.
- Singh, A. and Kumari, K. (2019). An inclusive approach for organic waste treatment and valorization using Black Soldier Fly larvae: A review. *Journal of Environmental Management*, 251 (2-4): 109569.
- Wang, Y. S. and Shelomi, M. (2017). Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods*, 6(10):1-23.
- Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., Van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L. H. L. and Khanal, S. K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Management*, 117: 58-80.
- Tomberlin J., Adler P., and Myers, H. (2009). Development of the Black Soldier Fly (Diptera: Stratiomyidae) in Relation to Temperature. *Environ. Entomol.*, 38(3): 930-934.
- Tomberlin, J. K and Cammack, J. A. (2018). Black soldier fly: biology and mass production. In: van Huis, A. and Tomberlin, J. K (eds.). *Insects as Food and Feed: from production to consumption*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen The Netherlands, 231-246 pp.
- Toral, P. G., Hervás, G., González-Rosales, M. G., Mendoza, A. G., Robles-Jiménez, L. E. and Frutos, P. (2022). Insects as alternative feed for