



N° 2, V. 10 JULIO DICIEMBRE 2024/ Revista Científica Multidisciplinaria/
ISSN: 2542-3037 <https://revistapt.edublogs.org/>



HARINA DE LARVAS DE MOSCA SOLDADO NEGRO (*Hermetia illucens*) PRODUCIDA BAJO BIOCONVERSIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

BLACK SOLDIER FLY LARVAE FLOUR (*Hermetia illucens*) PRODUCED BY BIOCONVERSION OF ORGANIC WASTE

Oscar Santiago Pérez Aguirre^{1,3}, Abrahán Graterol^{1,4}, Lièsser González^{1,2,5} y Belkys Dariana Ortega Arguello^{1,2,6}

¹ Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, UNELLEZ, ² Universidad Nacional
³santiago16perez.82@gmail.com (<http://orcid.org/0009-0002-6003-2672>) ⁴ Abrahamgraterol16@gmail.com,
(<http://orcid.org/0009-0008-0241-5409>) ⁵ liesserj67@gmail.com
⁶belkysortega@unellez.edu.ve
(<http://orcid.org/0009-0008-6836-3146>)

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo producir harina de mosca soldado negro bajo un proceso de bioconversión de residuos y además conocer mediante análisis bromatológicos los aportes nutricionales que esta harina logra brindar a los requerimientos alimenticios de los animales. Se enfatizan aspectos que representan tópicos novedosos en el campo de la investigación agrícola nacional por su posible impacto en la reducción de costos en la industria agroalimentaria. Se describen las etapas del procedimiento metodológico de la bioconversión de residuos orgánicos, en aras de su sistematización para futuras experiencias que van desde la captura del insecto hasta el análisis bromatológico de pupas y harina. Entre los resultados se tiene el diseño y edificación de un laboratorio, identificación de equipamiento, procesos y dosificación de insumos para la reproducción del insecto. En la actualidad se produce en laboratorio ACAV, un aproximado semanal de 437 gramos de larvas de mosca con características bromatológicas certificadas que corroboran su potencialidad alimenticia para aves y peces, Los resultados de la bromatología en pupas deshidratadas de la mosca indicaron un contenido de proteína bruta de 40,71% grasa 31,86%, cenizas 14,28%, y humedad 4,84%, mientras que la harina reportó 30,56% de proteína, grasa 35,40%, cenizas 9,04% y 5,71% de humedad, respectivamente. Se concluye que pupas y harina son ricas en proteínas, grasas y minerales, comparable a la de pescado o soja, pero con una menor huella ambiental. Su uso en la elaboración de dietas para animales de granja puede reducir la dependencia de fuentes de proteínas más costosas y menos sostenibles.

Palabras Clave

Mosca soldado, bioconversión, alimentación alternativa, desarrollo biológico, reproducción en cautiverio.

Recibido: 2024-10-23 /Revisado: 2024-11-20/ Aceptado: 2024-11-28/ Publicado: 2024-12-16 /
Páginas: 625-646



BLACK SOLDIER FLY LARVAE FLOUR (*Hermetia illucens*) PRODUCED BY BIOCONVERSION OF ORGANIC WASTE

Oscar Santiago Pérez Aguirre^{1,3} Abrahán Graterol^{1,4} Lièsser González^{1,2,5} y Belkys Dariana Ortega Arguello^{1,2,6}

¹ Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela ² Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, UNELLEZ, ³santiago16perez.82@gmail.com (<http://orcid.org/0009-0002-6003-2672>) ⁴ Abrahangraterol16@gmail.com, (<http://orcid.org/0009-0008-0241-5409>) ⁵ liesserj67@gmail.com

⁶belkysortega@unellez.edu.ve
(<http://orcid.org/0009-0008-6836-3146>)

ABSTRACT

The objective of the research was to produce black soldier fly flour using a waste bioconversion process and also to determine, through bromatological analysis, the nutritional contributions that this flour can provide to the nutritional requirements of animals. Aspects that represent novel topics in the field of national agricultural research are emphasized due to their possible impact on cost reduction in the agri-food industry. The stages of the methodological procedure followed for the bioconversion of organic waste are described, in order to systematize them for future experiences ranging from the capture of the insect to the bromatological analysis of pupae and flour. Among the results are the design and construction of a laboratory, identification of equipment, processes and dosage of inputs for the reproduction of the insect. Currently, the ACAV laboratory produces approximately 437 grams of fly larvae per week with certified bromatological characteristics that corroborate their food potential for birds and fish. The bromatology results on dehydrated fly pupae indicated a crude protein content of 40.71% Fat 31.86%, ash 14.28%, and moisture 4.84%, while the flour reported 30.56%, 35.40%, 9.04% and 5.71%, respectively. It is concluded that pupae and flour are rich in proteins, fats and minerals, comparable to fish or soy, but with a smaller environmental footprint. Its use in the preparation of diets for farm animals can reduce the dependence on more expensive and less sustainable protein sources.

Keywords

Soldier fly, bioconversion, alternative feeding, biological development, captive reproduction.

Received: 2024-11-09 / Revised: 2024-11-28/ Accepted: 2024-12-12/ Published: 2024-12-28 /
Pages: 625-646



INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción animal constituyen uno de los sectores de mayor importancia en la alimentación humana, de allí que su crecimiento gira en torno al crecimiento de la población mundial. En estos, el manejo nutricional constituye uno de los principales factores que afectan los parámetros productivos, reproductivos y económicos de los mismos, por ello la optimización de raciones y su utilización eficiente de acuerdo a los requerimientos nutricionales de los animales, es clave para el logro de su máxima eficiencia. Dentro de la nutrición animal, la proteína juega un papel importante para la formulación de raciones, debido a que ella no solo forma la base del código genético y del sistema inmunitario del animal, sino porque una ración alimenticia equilibrada en proteínas permite el logro de una buena salud y una mayor productividad, mientras que un desequilibrio nutricional induce a una disminución del consumo de ración y una baja en la producción (Mejía y Mejía, 2007).

De acuerdo a lo anterior, uno de los mayores retos a los que se enfrenta la producción animal en los últimos años, es la disponibilidad de fuentes de proteína para la formulación de raciones, y ello obedece a que la demanda de fuentes tradicionales se ha elevado como consecuencia del incremento en la producción animal, lo que ha traído como consecuencia el aumento de su precio y su baja disponibilidad. Al mismo tiempo, la dinámica mundial actual ha demostrado que depender de fuentes de proteína tradicionales producidas por un reducido número de países y que son, posteriormente, exportadas al resto del mundo, deja desprotegidos a los productores ante esta situación de marcada dependencia, lo que hace necesario la gestión de fuentes de proteínas alternativas que puedan ser producidas a nivel local (Verde, 2014).

Por otro lado, la alimentación animal en Venezuela, especialmente en lo relacionado a los actuales sistemas de producción de aves, peces y cerdos, giran en un gran porcentaje, alrededor del sistema soya y maíz, con



gran dependencia de las importaciones para el abastecimiento de otras materias primas utilizadas en la elaboración de alimentos balanceados, por esta razón se han planteado alternativas para la reducción de esa dependencia (Verde, 2014). De igual manera, en el caso venezolano, aparte de la dependencia de materias primas importadas, está lo relacionado al acceso y elevados costos de estos alimentos, lo cual hace insostenible los sistemas de producción animal, especialmente los estabulados. En lo referente a los pequeños productores esta situación se ha agravado durante los últimos cinco años. Tal problemática ha conducido al cierre de pequeñas y medianas empresas nacionales dedicadas a producción de estas y otras especies.

Dentro de las alternativas consideradas, se encuentra la harina de insectos como un posible nuevo ingrediente para alimentos de consumo animal que está en camino a una adopción generalizada en la industria. En este sentido, la FAO (2013), sostiene que los insectos podrían suplir la falta de recursos ricos en compuestos nutritivos. La harina de insectos tiene un perfil nutricional altamente cualitativo que puede satisfacer las necesidades nutricionales de los animales, su alto índice de proteínas y su completo perfil de aminoácidos esenciales la convierten en una alternativa viable en la alimentación animal (Jackson 2023). Al respecto, entre las alternativas existentes de insectos criados para la producción de proteínas, la Mosca Soldado Negro (MSN), aparece como una alternativa sostenible particularmente prometedora para abordar la escasez de proteínas en la nutrición animal y los altos costos de materias primas importadas para la fabricación de alimentos balanceados (Marcanti, 2018).

La MSN, es un díptero perteneciente a la familia *Stratiomyidae*, esta especie es nativa de regiones tropicales, subtropicales y templadas del continente americano, con temperaturas óptimas de 25 a 30 °C, no pudiendo sobrevivir a menos de 5 °C. En su forma adulta, el insecto es negro y alargado, con tres segmentos (cabeza, tórax y abdomen). Tiene alas de color marrón y antenas que se proyectan desde la cabeza. En el



abdomen cuenta con cinco segmentos con manchas blancas. Los machos son más largos que las hembras, pero tienen alas y genitales finales más pequeños. Las hembras tienen longitudes corporales entre 12 y 20 mm y alas entre 8 y 14,8 mm. Su ciclo de vida consta de cuatro fases principales: huevo, larva, pupa y adulto y se inicia cuando la hembra pone los huevos en restos orgánicos húmedos y ricos en nitrógeno. La incubación de los huevos dura de 3 a 4 días, luego pasan a larvas durante un período de aproximadamente 2 semanas. Después, se transforman en pupas, donde ocurre la metamorfosis y, finalmente, emergen como moscas adultas. En general, el ciclo de vida completo de la MSN dura alrededor de 3 semanas (Guerrero, 2021).

Uno de los aspectos de mayor importancia de la MSN, es su capacidad para convertir desechos orgánicos de diferentes orígenes en proteína animal, al respecto, Bermúdez y Sánchez (2023), señalan que ella es capaz de alimentarse de sustratos bajos en proteína formados por desperdicios, restos de alimentos y desechos de predios agrícolas y de la agroindustria, entre otros, y transformarlos en proteínas accesibles y de alta calidad relativa para alimentar y nutrir animales. En este sentido, la mosca es conocida por su capacidad para bioconvertir residuos orgánicos en proteína, lo que la ubica como un recurso potencial para la producción sostenible de proteínas a partir de residuos orgánicos. Así mismo, Hernández, et al. (2024), señalan la capacidad que tienen para la bioconversión de residuos orgánicos como estiércol de animales, residuos de frutas y vegetales, incluso carroña, al mismo tiempo que de sus larvas, se pueden obtener abonos orgánicos con una cantidad variada de nutrientes, lo que la convierte en una tecnología sustentable e innovadora y de menor impacto ambiental (Gómez-García, 2018).

Con respecto a las larvas, objeto de estudio de este trabajo, son utilizadas para la bioconversión de desechos orgánicos y la producción de harina rica en proteínas. Durante su fase larval, se alimentan de residuos orgánicos, generando una biomasa rica en nutrientes que puede ser



procesada para obtener harina con un alto contenido proteico y de minerales (Calvo-López, 2022). Esta harina de larvas de MSN se ha demostrado que tiene un perfil nutricional altamente cualitativo, con un elevado índice de proteínas y un completo perfil de aminoácidos esenciales, lo que la hace adecuada para la nutrición animal.

En el caso de la Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela (ACAV), dentro de sus competencias más importantes se encuentra el impulso, articulación y evaluación de líneas y proyectos de investigación e innovación científico-tecnológica previstos en el Plan Nacional de Formación, Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Agrícola que constituyan aportes y soluciones a los problemas locales, municipales, regionales y nacionales en el marco del desarrollo de la estructura agraria en forma integral y sostenible.

Al respecto, durante el año 2023, se llevó a cabo un proyecto que incluyó la producción de la MSN, cuyo propósito se centró no solo en la obtención del pie de cría del insecto, sino también en la producción de harina de larvas deshidratadas del mismo con el objetivo de ser utilizada como alimento para peces, aves y cerdos. De esta manera, desde la Academia y atendiendo a su misión institucional, se ofrece una alternativa evaluada a la problemática presentada por los productores avícolas, piscícolas y porcícolas de la región y el país con respecto al déficit y alto costo de los alimentos balanceados en sus unidades de producción.

De allí que, el presente trabajo tiene como objetivo presentar los resultados de la producción de harina de larvas deshidratadas de MSN, producida por bioconversión de residuos orgánicos y, además, conocer mediante análisis bromatológicos los aportes nutricionales que esta harina logra brindar a los requerimientos alimenticios de los animales. Para tales efectos, se sistematizan y describen cómo fueron ejecutados los procesos de reproducción, cría y procesamiento de estas larvas para obtener harina.



FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

La MSN, es conocida por su importancia en el ámbito del compostaje y la digestión de residuos. Sus larvas son excelentes descomponedores de materia orgánica, lo que las convierte en agentes eficientes para procesos de reciclaje y transformación de desechos. Lo que desempeña un papel valioso en el equilibrio ecológico al contribuir al ciclo de destrucción y ser una fuente sostenible de alimentos (Zumbado y Azofeifa, 2018).

Durante el ciclo de vida de este insecto sufre una metamorfosis completa; la hembra pone alrededor de 600 huevos, los cuales requieren de 3 a 4 días para pasar al estado larvario. La larva madura en un período entre 13 y 18 días, haciendo de 6 a 7 mudas, para convertirse en pupa. El estado de pupa dura aproximada 10 días. Los adultos sólo tienen de 5 a 8 días para aparearse y desovar (Segura, 2014). No obstante, el ciclo de vida realmente va a depender del manejo dado y de las variables edafoclimáticas de la zona donde se desarrolle y puede durar entre 22 y 50 días (Guerrero, 2021).

Referente a su localización y hábitat, se encuentra distribuida a nivel global por todo el mundo y su hábitat son aquellos lugares donde se encuentre materia vegetal en descomposición y otros subproductos, ya que las larvas son descomponedores de materia orgánica (estiércol, desechos vegetales, subproductos agroindustriales y despojos de pescado), y en estado adulto la MSN se alimenta del néctar de las flores, es importante destacar que ellas no comen plantas ni vegetales vivos (Zumbado y Azofeifa, (2018), y para su desarrollo, el rango óptimo de temperatura está entre 29 y 31°C y de humedad relativa entre 50 y 70%.

Desde el punto de vista de su producción y usos, la MSN es conocida como una de las especies de insectos más prometedoras para la nutrición animal, debido a su contenido de proteína cruda relativamente alto con un perfil de aminoácidos esenciales bien equilibrado, de allí que implementar una estrategia con el uso de la mosca en la alimentación animal, constituye



una buena alternativa en la reducción de costos y mayor eficiencia en los indicadores productivos y reproductivos (Aliaga, 2019). Por otra parte, debido a que uno de los grandes desafíos ecológicos del presente es buscar una solución al manejo de los residuos orgánicos que contaminan el ambiente, en especial los que se producen en las ciudades y la agroindustria, pues aquí está una contribución que puede aportar con el uso de este insecto, ya que el mismo se alimenta de una gran variedad de residuos orgánicos y los transforma en compost.

Uno de los productos más importantes de la MSN, lo constituye la harina de larvas. Esta harina es considerada como un ingrediente con buen aporte proteico, extracto etéreo y sales minerales para la nutrición animal que lo convierten en una fuente alternativa de proteína para su uso en remplazo de otras. Algunos estudios físico-químico hechos de la harina de larva de *Hermetia illucens* han reportado valores porcentuales constituidos por: Humedad 5.94%, Materia seca 94.21%, Proteína cruda 42.16%, Extracto etéreo 19.38%, Cenizas 9.78%, Fibra cruda 6.64% y Extracto libre de nitrógeno 25.71% (Barriga, 2019); mientras que en otros presentan un contenido de proteína entre 37 y 57% y 35% de lípidos (Martínez et al. 2016); (Molina, 2021). Por otra parte, según Barragán et al. (2017), las diferencias entre los valores citados, pueden estar influenciados por el sustrato utilizado en su cultivo, su contenido energético y la densidad de siembra. De este modo, un mayor contenido energético en el sustrato genera mayor cantidad de grasa, mientras que un menor contenido energético genera mayor cantidad de proteína, por lo que se ha evaluado principalmente para sustituir fuentes de proteína en la engorda de cerdos, pollos y en la acuicultura.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la sede de la Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela (ACAV), ubicada en el sector Quebrada Negra,



Parroquia Rodríguez Domínguez, Municipio Alberto Arvelo Torrealba del estado Barinas. Geográficamente ubicada, según datos georreferenciales, en coordenadas N 8°55'55" W 70° 05'05", altura sobre nivel del mar 305 msnm, con una temperatura promedio anual entre 30°-32° grados °C, precipitación anual 1800–2200 mm, latitud Sur 16° 20' 08,35"; Longitud Oeste 72° 09' 08,56" a una altitud de 1498 msnm (MAP, 805. Pampa de Majes).

La investigación se desarrolló en tres fases: en la primera, se establecieron las condiciones de reproducción y producción de la MSN en situación de cautiverio (edificaciones, equipamientos, insumos, etapas y procesos bajo bioconversión de desechos orgánicos). En la segunda fase, se llevaron a cabo los procesos de cosecha, pesaje, deshidratación de larvas y molienda para la obtención de harina y, en la tercera, se realizó un análisis bromatológico de las pupas y harina de MSN para corroborar sus potencialidades y riesgos como alimento para aves y peces. El proceso metodológico se cumplió siguiendo los siguientes procedimientos y parámetros:

1. Diseño y construcción de canteros o bandejas de alimentación:

- Selección de áreas con sombra y buena ventilación.
- Ubicación de terrenos altos y óptimos con textura de buen drenaje.
- Construcción de canteros de madera o concreto con dimensiones adecuadas (1.5 m de ancho x 2 m de largo x 0.5 m de profundidad) según la necesidad.

2. Diseño y construcción de edificación para apareamiento y alimentación (Laboratorio):

- Colocación de techos frescos según instalaciones a utilizar.
- Uso de termo cuplas para registrar temperaturas.
- Colocación de malla antiáfido o dopiovelo a la casa de apareamiento (Laboratorio) para evitar entrada y salida de moscas soldado negro adultos.
- Colocación de bandejas de alimentación o canteros para alimentación de las larvas.



- Cubrimiento de las bandejas de alimentación con mallas.
 - Colocación de una malla en la parte superior para evitar fugas.
3. Preparación del sustrato:
- Selección de material orgánico como estiércol, gallinaza, restos de cosecha o biomasa vegetal.
 - Humedecimiento del sustrato y colocación en los canteros.
 - Ajuste de la humedad y aireación del sustrato para condiciones óptimas.
 - Suministro de alimento a la mosca soldado negro.
 - Captura y selección de microorganismos eficientes.
 - Preparación de microorganismos líquidos.
4. Captura de moscas:
- Colocación de atrayente en el centro del cantero (carne de pollo o productos cárnicos, pescado, melaza, desechos vegetales).
 - Colocación de recipiente con microorganismos eficientes en campo en puntos estratégicos.
 - Atracción de las moscas adultas al cantero y depósito de sus huevos en el sustrato.
 - Preparación de microorganismos eficientes en envases de 20 litros.
 - Colocación de trampas para que la hembra deposite sus huevos en sustratos de madera y material resistente con ranuras no mayor de 2 mm.
 - Monitoreo a tempranas horas de la mañana a los cebos en bandejas o base líquida de microorganismos.
- 5.- Desarrollo larval:
- Monitoreo de eclosión y desarrollo larval.
 - Suministro de alimentos a las larvas con sustrato durante 2-3 semanas.
 - Ajuste periódico de temperatura y humedad.
- 6.- Cosecha de larvas:
- Colocación de larvas en bandejas, cuando alcanzan la madurez (aproximadamente 2 cm de longitud).
 - Conteo de larvas.
 - Peso y medida biométrica de las larvas.



- Distribución para nacimiento de MSN adultos y para deshidratar-moler.
- Lavado, molienda y almacenamiento de las larvas.

7. Medidas y parámetros de edificación, equipos y suministros utilizados en la reproducción de la mosca:

- Bandeja de comida: de 1.35 m de largo x 77 cm de ancho.
- Estructura metálica: de 94 cm de alto x 63 de ancho.
- Bandeja de comer: de 28.50 cm de alto.
- Estructura de casa de alimentación: de 4.07 m de largo x 2.66 m de ancho y 2.50 m de altura.
- Casa de apareamiento: de 3.06 m de ancho x 2.70 m largo x 2.50 m de alto.
- Cuarto oscuro: de 1.02 m de ancho x 1.04 m alto y de largo 48 cm.
- Trampas para huevos: de MSN 29 cm de largo x 4. cm.
- Insumos: 4 kilos de desechos vegetales.

Para la cría de la mosca se construyó una casa de apareamiento y alimentación (laboratorio); para tal finalidad se empleó madera proveniente de podas controladas en la Academia, tablas, tubos de metal de 1 pulgada, malla antiáfidos, lonas de plástico, tacos de madera, malla polisombra y cemento. Se dividió en dos secciones o salas, la de apareamiento y la de alimentación. La sala de apareamiento consta de 3 m de ancho x 2,70 m de largo y 2,50 m de alto, forrada con malla antiáfidos para evitar la salida y entrada de insectos no deseados y de los adultos de la MSN. En su interior se cuenta con un cuarto oscuro diseñado en madera, especie de cajón con medidas de 1 m de ancho x 50 cm de largo y 1 m de alto, donde se resguardan pupas que dan nacimiento a individuos adultos del insecto

La sala de alimentación consta de estructuras de hierro, de medidas de 4 m de largo x 2,50 m de ancho y una altura de 2,50 m.

Con respecto a la captura del pie de cría de la mosca, se utilizaron trampas en ambiente natural con tres tipos de materiales: una relacionada a un envase plástico donde se colocaron 20 litros de micro organismos eficientes, una cesta con 5 kilos de desechos orgánicos vegetales, y otra



con desechos cárnicos de aves (pollo). La captura se logró en el envase de micro organismos eficientes, allí la hembra identificada colocó sus huevos y luego fueron llevados a las bandejas con alimentos para su desarrollo larval.

En el caso de la alimentación de las larvas, se utilizaron bandejas plásticas de 1,35 m de largo x 77 cm de ancho y una altura de 28 cm, colocadas sobre estructuras metálicas de 94 cm de alto x 63 cm de ancho. La alimentación se basó en el uso de dos componentes, uno con residuos orgánicos provenientes de los desechos vegetales del comedor de la Academia y otro de una mezcla de harina de maíz. Tal mezcla se utilizó como iniciador de las larvas que emergen al cuarto día, para ello se colocaron un 1gr de huevos del insecto en un papel seco evitando el contacto con la misma. Una vez que emergieron las larvas, lo cual ocurrió al cuarto día, estas se alimentaron con este iniciador durante al menos dos días consecutivos. Al concluir este periodo pasaron a la siguiente etapa de levante y engorde, donde fueron alimentadas con una mezcla de desechos vegetales donde se produce el proceso de bioconversión, en sí mismo.

Los residuos vegetales fueron seleccionados de los desechos de la cocina de la Academia; para ello se escogieron aquellos relacionados a raíces, cucurbitáceas y tubérculos, evitando la incorporación de material proveniente de la familia de las solanáceas y liliáceas, ya que no son apetecibles para las larvas. Este material fue pesado y agregado a las bandejas de alimentación, junto con las larvas de mosca durante un periodo aproximado de 15 a 20 días, hasta que las mismas alcanzaron un desarrollo propio para su transformación natural. De ahí pasan al estado denominado de pre pupas donde el nivel de alimentación baja, debido a que obtienen su máximo potencial proteico y de lípidos, en esta etapa de crecimiento cambia a un color marrón oscuro, volviéndose más lentas. Durante esta fase de desarrollo fueron recolectadas para su distribución en dos lotes, uno para ser convertidas en harina y otro para la reproducción de la especie en la casa de apareamiento.



Las que fueron asignadas para la casa de apareamiento permanecieron 15 días en estado de pupas, hasta que eclosionaron los individuos adultos del insecto que inmediatamente pasan a la etapa apareamiento; durante este tiempo, el insecto es privado de alimentación y se mantiene sólo bajo hidratación con agua y azúcar, a razón de 1 gramo de azúcar por cada litro de agua. Para optimizar este proceso, se construyó un cuarto oscuro con madera reciclada, así como los bebederos de agua para su hidratación. Luego del apareamiento, las hembras proceden naturalmente a depositar sus huevos en las trampas de madera destinadas a tal fin, con medidas de 29 cm de largo x 4 cm de ancho, para tal efecto se colocaron en ellas 3 kilos de sustrato de residuos orgánicos como atrayentes para estimular la oviposición. Posteriormente, la colecta de huevos se realizó desarmando las trampas colocadas en la casa de apareamiento para proceder con su extracción, mediante un minucioso raspado con bisturí, disponiéndolos cuidadosamente en una Placa de Petri y pesados en balanza electrónica.

A continuación, fueron llevados bajo resguardo para el proceso de alimentación de inicio, según el proceso anteriormente descrito. No obstante, durante la etapa de juveniles, donde las larvas se alimentan hasta obtener su máximo desarrollo de crecimiento y engorde, las mismas naturalmente emigran a la parte más seca de la bandeja. Al llegar a esta etapa las larvas son colectadas y distribuidas en dos lotes; El lote destinado a la cría son trasladadas a unas bandejas con fibras de coco secas y resguardadas en un cuarto oscuro, ubicado en la casa de apareamiento, se identifican con fecha y son monitoreadas diariamente. El segundo lote, es el destinado a la producción de harina de mosca, las cuales son trasladadas al laboratorio, pesadas, deshidratadas y luego a través de molienda se convierte en harina.

Una vez trasladado el lote al laboratorio, se procedió a su pesaje en balanza analítica, se colocó en bandejas de aluminio y se inició el proceso de deshidratación en una estufa de laboratorio a 100° de temperatura por



15 minutos, posteriormente, se bajó la temperatura a 60° grados para su secado final, durante un periodo de 4 horas, de manera que en ese tiempo no se afecte la proteína que contienen. Luego las larvas fueron enfriadas a temperatura ambiente durante un tiempo de 1 hora, y se llevaron a la balanza para determinar el peso post-deshidratación y el porcentaje de humedad. Finalmente, el producto es molido y convertido en harina, terminando el proceso de bioconversión. La molienda se llevó a cabo utilizando una licuadora industrial durante 10 minutos, luego es pesada nuevamente, empaquetada en bolsas ziploc, asegurándose que no contengan aire y debidamente registrada la información del producto. Ya empaquetadas se trasladaron a un almacén seco a temperatura ambiente, permaneciendo allí hasta darle el uso requerido.

Para el análisis físico-químico de los productos bases del proyecto, se tomó una muestra de 200 gramos de larva de MSN, en su estado de pupa y se envió a la Fundación Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE), para su análisis bromatológico. El Informe FQ-0154/2023, arrojó que la muestra incluye proteínas (factor: 6,25), fibra cruda, grasa total, cenizas, humedad y mercurio. El mismo informe expone que hasta la fecha, la pupa de MSN (*Hermetia illucens*). Para analizar los datos de la harina de larvas de la mosca se utilizó la estadística descriptiva con base a estadígrafos promedio \pm desviación estándar. Estos análisis fueron realizados con el programa Excel de Microsoft. Para el análisis físico-químico de la harina de larvas deshidratadas de MSN, se tomó una muestra de 200 gramos del producto y se envió al Laboratorio de Nutrición “Israel García M”, del Decanato de Ciencias Veterinarias de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, para su análisis bromatológico.



PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación sistematiza la experiencia del establecimiento de composteros e infraestructura de laboratorio para la captura y reproducción en cautiverio de la MSN para la producción de harina de larvas deshidratadas del insecto, bajo bioconversión de residuos orgánicos como alternativa alimenticia o suplementaria para aves o peces. A tal efecto, se logró desarrollar un método óptimo de captura, desarrollo y reproducción sostenible del insecto, bajo parámetros bioéticos estándar en investigación agrícola.

De acuerdo al proceso ejecutado, el ciclo de vida de la MSN se llevó a cabo en 44 días, tiempo durante el cual se produjo la metamorfosis completa del insecto, este periodo de tiempo coincide con lo señalado por Acosta y Guzmán (2022), quien establece que el ciclo de vida de la MSN se encuentra en el rango de 27 a 56 días, así mismo, es ligeramente inferior a lo reportado por Segura (2014), quien indica un ciclo entre 31 y 40 días.

El resultado es inferior al valor presentado por Lu et al. (2022), citado por Bermúdez y Sánchez (2023), quien lo ubica entre 20 y 22 días. Al respecto, diversos autores destacan que el ciclo de vida de la MSN está altamente influenciado por las condiciones ambientales y puede variar en función al manejo, alimentación y variables edafoclimáticas donde se desarrolle (Tomberlin y Cammack, 2018).

El Cuadro 1, muestra los resultados de las mediciones efectuadas según los criterios de longitud, grosor y masa, lo que permitió calcular valores promedio de cada una de las variables medidas. La longitud promedio de las larvas en fase de pupa de 26 días, resultó de 1,79 cm de largo, 0,46 cm de ancho y una masa promedio de 0,1518 g con sus respectivas desviaciones que se reportan en el cuadro. Estas mediciones se realizaron con una muestra de 100 larvas, resaltando la compatibilidad con resultados de las investigaciones anteriormente citadas.



En el Cuadro 2., se muestra el valor de humedad de las larvas, con un promedio de 4,24% con una desviación estándar de 0,03%. Los resultados de la humedad indican que las larvas y pupas deshidratadas en la Academia están en un rango óptimo ya que se encuentra por debajo del 5%, siendo que, hasta un 10% se considera normal, lo que demuestra un perfil adecuado de humedad para la alimentación animal, tal como lo señala Martínez et al. (2016).

Cuadro 1. Mediciones morfométricas de la muestra de larvas de Moscas Soldado Negra, establecida en la ACAV

Número	Largo (cm)	Ancho (cm)	Masa (g)	Número	Largo (cm)	Ancho (cm)	Masa (g)	Número	Largo (cm)	Ancho (cm)	Masa (g)
1	1,5	0,5	0,1751	35	1,6	0,4	0,1188	69	1,5	0,4	0,1465
2	1,5	0,4	0,111	36	1,5	0,4	0,1196	70	1,9	0,5	0,1574
3	2	0,4	0,2114	37	2	0,5	0,1182	72	1,7	0,5	0,1492
4	1,7	0,5	0,1432	38	1,6	0,4	0,1027	73	1,9	0,4	0,1887
5	2	0,5	0,2765	39	1,8	0,5	0,1425	74	2	0,5	0,179
6	1,8	0,4	0,1566	40	1,9	0,5	0,1061	75	1,8	0,5	0,1677
7	2	0,5	0,1948	41	1,6	0,4	0,1171	76	1,7	0,5	0,1151
8	2	0,5	0,177	42	1,7	0,4	0,136	77	1,5	0,4	0,118
9	2	0,5	0,2224	43	1,8	0,4	0,1114	78	1,7	0,4	0,1563
10	2,2	0,5	0,1959	44	1,9	0,5	0,1207	79	1,8	0,4	0,1377
11	2,1	0,5	0,141	45	1,8	0,5	0,1163	80	1,9	0,5	0,125
12	2	0,5	0,1955	46	1,9	0,4	0,1305	81	1,8	0,5	0,1365
13	1,5	0,4	0,0948	47	1,6	0,4	0,1207	82	1,6	0,4	0,1212
14	2	0,5	0,1947	48	1,9	0,4	0,1584	83	1,5	0,4	0,1155
15	1,9	0,5	0,1837	49	1,7	0,5	0,1259	84	1,7	0,5	0,1141
16	2,1	0,5	0,1948	50	1,7	0,5	0,1551	85	1,7	0,5	0,122
17	1,8	0,5	0,1628	51	1,7	0,4	0,1337	86	1,6	0,4	0,1239
18	1,5	0,4	0,1013	52	1,8	0,5	0,1174	87	1,5	0,4	0,1344
19	2,2	0,5	0,2472	53	1,7	0,3	0,1133	88	2	0,5	0,214
20	1,8	0,5	0,1778	54	1,5	0,4	0,113	89	1,9	0,5	0,1942
21	1,9	0,5	0,1034	55	1,7	0,4	0,137	90	2	0,5	0,2007
22	1,9	0,5	0,1498	56	2	0,5	0,2168	91	1,9	0,5	0,1935
23	2	0,5	0,1724	57	1,8	0,5	0,1475	92	2,1	0,5	0,1888
24	1,6	0,4	0,1382	58	1,9	0,5	0,213	93	1,7	0,5	0,1616
25	1,8	0,5	0,1736	59	1,9	0,5	0,1163	94	1,8	0,5	0,1668
26	1,9	0,5	0,1505	60	1,8	0,5	0,1986	95	1,9	0,5	0,2021
27	1,7	0,4	0,139	61	1,7	0,5	0,1521	96	1,8	0,5	0,1361
28	1,8	0,5	0,1729	62	2	0,5	0,1312	97	1,8	0,5	0,1628
29	1,8	0,4	0,1233	63	1,7	0,5	0,1362	98	1,5	0,4	0,1123
30	1,9	0,5	0,1134	64	1,6	0,4	0,1645	99	1,7	0,5	0,1602
31	1,5	0,4	0,1021	65	1,8	0,4	0,1795	Promedio	1,79	0,46	0,1518
32	1,7	0,4	0,1351	66	1,8	0,5	0,1439	Min	1,5	0,3	0,0948
33	1,9	0,5	0,1802	67	1,8	0,5	0,164	Max	2,2	0,5	0,2765
34	1,8	0,4	0,1445	68	1,6	0,5	0,1427	Desvest	0,17	0,05	0,0358

Fuente: Elaboración propia. Instalaciones del Laboratorio de la ACAV



Cuadro 2. Humedad de larvas es su fase de pre-pupa en diferentes muestras

	Cápsula vacía	Cápsula con muestra seca	Masa de muestra (g)	Masa seca (g)	%Humedad
1	38,7624	43,1256	5,1238	4,3632	4,27
2	37,6019	41,8427	5,0671	4,2408	4,23
3	39,8021	44,0991	5,0662	4,297	4,22
				Promedio	4,24
				Desvest	0,03

Fuente: Elaboración propia. Instalaciones del laboratorio de la ACAV.

Los resultados del análisis físico-químico de las pupas deshidratadas de la Mosca Soldado Negro, *Hermetia illucens*, reproducidas en cautiverio en la ACAV, que se muestran en el cuadro 3, presentaron un promedio de 40,71% de proteínas, 7,48% de fibra cruda, 31,86% de grasa total, 14,28% de cenizas y 4,84% de humedad. Estos resultados son similares a los presentados por Barriga (2019), citada por Guerrero (2021), en un ensayo sobre los efectos de la inclusión de harina de MSN en la alimentación en cerdos de levante, donde se reportó un 42,1% de proteína cruda, 7% de fibra cruda, 14,6% de cenizas y 7,9% de humedad. Los resultados demuestran que las larvas y pupas de MSN son ricas en proteínas, exhiben un buen perfil de fibras, humedad y cenizas lo que las hace una alternativa viable en la alimentación animal, tal como lo indican distintos autores (Arango et al. (2004).

Con respecto al cuadro 4, allí se exponen los resultados del análisis físico-químico realizado a la harina de larvas y pupas de la MSN producida en la ACAV, esta presentó un 30,56% de proteína cruda, 94,29% de materia seca, 5,71% de humedad, 35,40% de grasa y 9,04% de cenizas. Referente a la proteína cruda, el valor obtenido en esta investigación se encuentra por debajo de los mostrados por Reategui et al. (2020) quienes obtuvieron un 42,16%; así mismo, está ligeramente por debajo de los reportados por otros autores que han utilizado Harina de Mosca Soldado Negro en distintos ensayos (Barriga, 2019); Guerrero, (2021); Martínez et al. (2016); Chalermliamthong et al. (2023). No obstante, se ha evidenciado que este parámetro puede presentar variaciones dependiendo del sustrato

sobre el cual se desarrolla el cultivo de la mosca, lo que permite abrir perspectivas de investigaciones futuras sobre el efecto de diferentes tipos y calidad de sustratos orgánicos en la composición físico-química de la harina de MSN (Salas, 2019).

Por otra parte, los contenidos de materia seca, cenizas, humedad y grasa son similares al de otros alimentos de origen vegetal y animal y coinciden con los reportados por los autores señalados anteriormente. De igual manera son similares a los valores mostrados por Pérez et al. (2017); Hu et al. (2020); Renna et al. (2017); Li et al. (2016) y Makkar et al. (2014), citados por Reategui et al. (2020).

En términos generales, la HMSN producida en la Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela presenta un alto contenido en proteínas, siendo superior a otras alternativas con materias primas locales, lo que la convierte en una alternativa favorable para la alimentación animal con respecto a lo tradicional.

Cuadro 3. Resultados del análisis físico-químico en laboratorio de pupas de Mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*), producidas en la ACAV.

Análisis	Unidad	Resultados	Método
Proteínas (Factor: 6,25)	%m/m	40,71	Covenin 1195-8
Fibra Cruda	%m/m	7,48	Covenin 1194:2019
Grasa Total	%m/m	31,86	Covenin 1162:2019
Cenizas	%m/m	14,28	Covenin 1155:2017
Humedad	%m/m	4,84	Covenin 1156-79

Fuente: Laboratorio CIEPE, San Felipe, Yaracuy, 2023.

Tabla 4. Resultados del análisis físico-químico en laboratorio de Harina de Mosca Soldado Negro (*Hermetia illucens*), producida en la ACAV.

Análisis	Resultados
Materia Seca (%)	94,29
Humedad (%)	5,71
Proteína Cruda (%)	30,56
Grasa (%)	35,40
Cenizas (%)	9,04
FND (%)	43,43

Fuente: Laboratorio de Nutrición, UCLA, Barquisimeto, Lara, 2024



CONCLUSIONES

El proceso de producción de pupas deshidratadas y harina de MSN bajo bioconversión de desechos orgánicos en cautiverio, desarrollado en las instalaciones de la Academia de Ciencias Agrícolas de Venezuela (ACAV), durante el año 2023, demostraron su eficiencia, bajo nivel de inversión en infraestructura, materiales e insumos sostenibilidad ambiental, bioética en el tratamiento de animales en cautiverio y efectividad en la captura, desarrollo, reproducción y aprovechamiento del insecto. De igual manera, su replicabilidad científica está garantizada en futuros procesos experimentales que busquen la verificación de los hallazgos y la evaluación de la fiabilidad de los resultados, siguiendo los procedimientos, materiales empleados y simulando variables climáticas parecidas a los propuestos en el presente estudio.

Los resultados presentados corroboran la potencialidad de las pupas y larvas deshidratadas y de la harina de MSN como fuente de alimento alternativo para animales. En efecto, los análisis bromatológicos realizados revelaron que estas poseen un alto contenido de proteínas y grasas, con un contenido promedio de proteína cruda de alrededor del 42% y hasta un 49% de grasa cruda, predominando ácidos grasos saturados. Estos resultados indican que, efectivamente, los productos con base a MSN son una fuente nutricional rica en proteínas y grasas, lo que los convierte en un recurso atractivo para la producción de alimentos para animales de alta calidad, principalmente, cuando su producción y tratamiento está fundamentado en procedimientos y métodos agroecológicos, garantizando su bajo grado de impacto ambiental.

En definitiva, la mosca soldado negro es una fuente rica en proteínas, grasas y minerales. Su uso en la elaboración de dietas para animales de granja, aves de corral, peces y mascotas puede reducir significativamente la dependencia de fuentes proteicas tradicionales a menor costo y su cría puede generar ingresos adicionales a los



productores, además es una alternativa para el manejo de residuos agrícolas. Adicionalmente, la grasa presente en las larvas es rica y aprovechable por sus propiedades antiinflamatorias y antibióticas naturales. Las larvas y el producto final, la harina, tienen un mercado en crecimiento, especialmente en la industria avícola y piscícola. Esta práctica tiene el potencial de contribuir a la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y la economía rural.

REFERENCIAS

- Acosta-Hernández, M., y Guzmán-Muñeton, V. (2022). *Evaluación del contenido proteico de las larvas de mosca soldado negro (Hermetia illucens sp.) durante el proceso de degradación de biorresiduos*. Trabajo de pregrado. Fundación Universidad de América.
- Aliaga Campos, L. M. (2019). *Estudio de pre factibilidad para la instalación de una planta de producción de larvas de mosca soldado negra (Hermetia illucens)*. Trabajo de Pregrado. Universidad Antonio Ruiz de Montoya.
- Arango-Gutiérrez, G., Vergara Ruiz, R., y Mejía-Vélez, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illucens* I (díptera: stratiomyidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. *Rev. Fac. Nac. Agron*, 57 (29),1-8.
- Barragán-Fonseca, K., Dicke, M., y van Loon, J. (2017). Valor nutricional de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L.) y su idoneidad como alimento para animales: una revisión. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(2), 105-120. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0055>
- Barriga, X. (2019). *Efecto del uso de diferentes concentraciones de harina de larva de mosca soldado negra (Hermetia illucens) sobre el comportamiento productivo de cuyes (Cavia porcellus) en crecimiento- engorde alimentados con raciones mixtas*. Tesis de Maestría. Universidad Católica de Santa María Escuela]. Repositorio TESIS UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8477b0a7-9ad0-4052-882e-f0ef0dc6133c/content>
- Bermúdez-Serrano, I. M., y Sánchez-Velázquez, O. A. (2023). Aprovechamiento integral de la Mosca Soldado Negra: Bioconversión,



- sostenibilidad y desafíos emergentes. *Scientia Agropecuaria*, 14(4), 571-590.
- Calvo-López, C. (2022). *Análisis de sistemas de aprovechamiento de residuos orgánicos mediante la utilización de la mosca soldado negra (Hermetia illucens)*. Trabajo de Especialización. Fundación Universidad de América.
- Chalermliamthong, S., Trail, P., Walle, R. y Motis, T. (2023). Black Soldier Fly Larvae Production. *Technical Note*, 9, 1-16.
- Guerrero G., John G. (2021). *Efectos de la inclusión de harina de larvas de mosca soldado negro (Hermetia illucens) en la alimentación en cerdos de levante (Landrace) en Ocaña*. Universidad Francisco De Paula Santander.
- Gómez-García, W. (2018). *Evaluación de un sistema de vermicultura utilizando larvas de Hermetia Illucens y tenebrio molitor para el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en la plaza de mercado La Rosita*. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero ambiental. Universidad Pontificia Bolivariana.
- Hernández-Trejo, D.A., Aquino, E., Islas-Pelcastre, M., Saucedo-García, M., Madariaga-Navarrete, A., y Pacheco-Trejo, J. (2024). Aprovechamiento potencial de la mosca soldado negra *Hermetia illucens* L. para la bioconversión de residuos orgánicos y su uso en la agricultura. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 10(19), 7-10.
- Jackson, L. (2023). *Los productores de harina de larvas de mosca soldado negra se vuelven innovadores y colaborativos*. Global Seafood Alliance. lobalseafood.org/advocate/los-productores-de-harina-de-larvas-de-mosca-soldado-negra-se-vuelven-innovadores-y-colaborativos/
- Marcanti, G. (2018). *La mosca soldado negra (Hermetia illucens) en avicultura, una realidad que trasciende*. Ergomix. https://www.engormix.com/avicultura/nutricion-pollos-engorde/mosca-soldado-negra-hermetia_a41703/
- Martínez, A., Marín, C., Rodrigo, D., Fernández, P.S. y Rosell, C.M. (2016). *Los insectos alimentan al mundo*. Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA-CSIC). <https://www.acnv.es/news/los-insectos-alimentan-al-mundo/>
- Mejía, J., y Mejía H. (2007). Nutrición Proteica de Bovinos Productores de Carne en Pastoreo. *Acta Universitaria*, (17) 2, pp. 45-54. <https://www.redalyc.org/pdf/416/41617206.pdf>



Molina, C. (2021). *Uso de Harina de larva de mosca soldado negra en alimentación animal*. Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO. (3013). *Edible Insects. Future prospects for food and feed security*. Forestry Paper 171.
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/c7851ad8-1b4b-4917-b1a1-104f07ab830d/content>

Pérez-Velázquez, M., Cañedo-Orihuela, H., Félix-Berumen, R., y González-Félix, M. (2023). Harina de larva de mosca soldado negro y de organismos unicelulares como alternativas proteicas para alimentos acuícolas. *Epistemus*, (34),17, 77-84.

Reátegui, J., Barriga, X., Obando, A., Moscoso, G., Manrique, P., y Salazar, I. (2020). Harina de larva de *Hermetia illucens* (Díptera: Stratiomyidae) como ingrediente proteico de reemplazo parcial de harina de soja en la alimentación de *Cavia porcellus* (Cuy): efecto en el consumo, ganancia de peso y conversión alimenticia. *Scientia Agropecuaria*, 11 (4), 513-519.

Salas-Alfaro, J. (2019). *Evaluación de cuatro sustratos orgánicos para la producción de larvas de Hermetia illucens (díptera Stratiomyidae) en condiciones controladas de la irrigación Majes – Pedregal, Caylloma Arequipa*. Trabajo de grado para optar el título profesional de Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Segura, M. (2014). *Composición bromatológica Hermetia illucens*. Tesis de grado. Universidad de Almería.

Tomberlin, J.K & Cammack, J.A. (2018). Black soldier fly: biology and mass production. In: van Huis, A. & Tomberlin, J.K (eds.). *Insects as Food and Feed: from production to consumption*. 231-246 pp. Wageningen Academic Publishers.

Verde Omar, 2014. *Producción y Alimentación Animal Alternativa en Venezuela. Unidad territorial Yaracuy del ministerio del poder popular para ciencia, tecnología e innovación*. Fundacite Yaracuy. San Felipe, Venezuela

Zumbado, M., y Azofeifa, D. (2018). *Insectos de importancia agrícola – Guía Básica de entomología*. Programa Nacional de Agricultura Orgánica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>