

Aprovechamiento potencial de la mosca soldado negra *Hermetia illucens* L. para la bioconversión de residuos orgánicos y su uso en la agricultura

Potential use of black soldier fly *Hermetia illucens* L. for bioconversion of organic wastes and their use in agriculture

Diana A. Hernández-Trejo^a, Eliazar Aquino-Torres^{a*}, Margarita Islas-Pelcastre^a, Mariana Saucedo-García^a, Alfredo Madariaga-Navarrete^a, Jaime Pacheco-Trejo^a

Abstract:

The lack of separation and treatment of organic waste in Mexico and the world is a problem that affects the environment. The use of *Hermetia illucens* black soldier fly larvae is a sustainable alternative for the bioconversion of organic waste. The purpose of this article is to provide information about the potential of black soldier fly larvae in the bioconversion of different types and amounts of organic wastes, generating products such as the waste excreted by the larvae, in English known as “frass”, which has a composition similar to an immature compost, which can be used as fertilizer for agricultural purposes for its content of N, P, K. This topic requires more research on the physicochemical properties, maturation and pre- and post-treatments of the compost produced by larvae for their suitable use in agriculture.

Keywords:

Hermetia illucens, organic waste, bioconversion, organic fertilizer, agriculture

Resumen:

La falta de separación y tratamiento de los residuos orgánicos en México y en el mundo es un problema que afecta al medioambiente. El uso de larvas de mosca soldado negra *Hermetia illucens* es una alternativa sustentable para la bioconversión de los residuos orgánicos. El propósito de este artículo es difundir el potencial de las larvas de mosca soldado negra en la bioconversión de diferentes tipos y cantidades de residuos orgánicos, generando productos como el residuo excretado por las larvas, conocido en inglés como “frass”, el cual tiene una composición similar a una composta inmadura, que puede ser utilizada como abono para propósitos agrícolas por su contenido de N, P y K. Este tema requiere más investigación sobre la composición fisicoquímica, la maduración y los pre y post-tratamientos de la composta producida por las larvas para su adecuado uso en la agricultura.

Palabras Clave:

Hermetia illucens, residuos orgánicos, bioconversión, abono, agricultura

1. Introducción

En el mundo, la generación de residuos sólidos es un problema de contaminación por el rápido crecimiento de la población y la urbanización, para el 2050 se prevé la generación de 3.4 billones de

toneladas de residuos sólidos. Dentro de estos residuos sólidos se incluyen los residuos orgánicos [1,2].

En México, anualmente se generan 327.3 millones de toneladas de residuos orgánicos y solo el 7% se

a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Diana A. Hernández-Trejo, <https://orcid.org/0009-0008-7697-3278>, Email: diana.aydee@gmail.com; Eliazar Aquino-Torres, <https://orcid.org/0000-0003-1787-6570>, Email: eaquino@uaeh.edu.mx; Margarita Islas-Pelcastre, Email: mislas@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7416-9138>, Mariana Saucedo-García, Email: saucedo@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-7073-9263>; Alfredo Madariaga-Navarrete, Email: alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-6812-2221>; Jaime Pacheco-Trejo, Email: jaime_pacheco@uaeh.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-7060-4959>.

* Autor de Correspondencia: Email: eaquino@uaeh.edu.mx

aprovecha por medio de actividades como la digestión anaeróbica y compostaje industrial [3].

El problema del manejo de los residuos en general es la carencia de separación y tratamiento [4]. La mayoría de estos residuos orgánicos se desechan en vertederos abiertos, lo que provoca daños al medioambiente [2,3].

En la última década, surgió un método de bioconversión de residuos orgánicos usando larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) [5,6]. En esta bioconversión, las larvas generan dos productos: (1) biomasa larval rica en proteínas y lípidos que puede ser utilizada para la alimentación animal como aves, peces y cerdos [7], y (2) el residuo excretado por las larvas (estiércol), exoesqueletos de las larvas y residuos del sustrato en el cual se desarrollan, en inglés es denominado "frass", su composición es similar a una composta inmadura y tiene el potencial para ser utilizado en la agricultura [1].

A través de la implementación de las larvas de mosca soldado negra se pueden obtener abonos orgánicos con una cantidad variada de nutrientes para las plantas, lo cual representa una tecnología sustentable e innovadora y de menor impacto ambiental [8]. Además, *Hermetia illucens* es inofensiva para animales, plantas y humanos, y que no transmite enfermedades [5,12,13].

La composta producida por las larvas de mosca soldado negra ha sido poco estudiada, falta investigación sobre los usos potenciales, su composición y maduración de la composta, así como sus beneficios en la agricultura [9].

2. Ciclo de vida de la mosca soldado negra

La mosca soldado negra es un insecto holometábolo, su ciclo de vida consta de cinco etapas: huevo, larva, prepupa, pupa y adulto (Fig. 1) [12].

Las hembras de la mosca soldado negra llegan a ovipositar entre 500 a 900 huevecillos por hembra, los cuales tienen un periodo de incubación de 2 a 4 días. La etapa larvaria consta de 18 a 20 días para completar su desarrollo, el cambio de larva a prepupa se caracteriza por la transición de color

beige a café oscuro, esta etapa tiene una duración de 7 días. Las pupas se caracterizan por ser inmóviles y con cutícula rígida, esta etapa puede durar de 10 días hasta meses. El ciclo de vida de *Hermetia illucens* depende de las condiciones ambientales y del tipo de sustratos orgánicos que consuman [10].

Fig. 1 Fases del ciclo de vida de la mosca soldado negra [11]



3. Las larvas en la degradación de sustratos orgánicos

Las larvas de mosca soldado negra tienen una alta eficiencia en la bioconversión de residuos orgánicos que permite reducir un gran volumen y variedad de residuos como estiércol de animales, residuos de frutas y vegetales, incluso carroña o excrementos humanos [6].

Quilliam *et al.*, [14] reportan que la bioconversión por larvas de mosca soldado negra en 858 kg de estiércol de gallina produce 62.9% (540 kg) de composta y 6.4% (54.9 kg) de biomasa larval.

En residuos orgánicos domésticos el porcentaje de reducción puede ser de hasta 79.9% de materia seca (MS); los residuos de frutas y vegetales pueden reducirse hasta en un 60 a 65% de MS; mientras, el estiércol de bovinos tiene una reducción entre 34.4 y 48.8% de MS [15,16,17].

La bioconversión de la materia orgánica varía de acuerdo con diferentes parámetros técnicos como el tipo y cantidad de residuos orgánicos, la densidad de larvas e incluso el pre o post-tratamiento de la materia orgánica [18].

5. Perspectivas de las aplicaciones en la agricultura

La composta producida por las larvas de mosca soldado negra tiene un potencial para uso agrícola que se basa en su contenido de nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), que son nutrientes esenciales para el desarrollo de los cultivos. La cantidad disponible de los nutrientes en la composta varía con el tipo de sustrato donde se desarrollen las larvas [2], por ejemplo en los desechos de alimentos, estiércol de gallina y aserrín, en una proporción 3:2:1, se obtuvo 1.7% de N total, 1.1% de P y 2.1% de K total [19]; mientras, en la mezcla de okara y salvado de trigo se obtuvo 3.2 - 4.8 % de N total, 0.8% de P total y 0.5% de K total [20]; finalmente, en bagazo de cerveza se registraron contenidos de 2.1% de N total, 1.2% de P total y 0.2% de K [8].

Beesigamukama *et al.*, [7] evaluaron el desempeño de la composta de mosca soldado negra, con post-tratamiento de reposo de 5 semanas y la compararon con un fertilizante orgánico comercial (SAFI®) en la producción de maíz (H513), estos dos tratamientos incluyeron también una dosis adicional de urea. El reporte muestra mejores resultados en el rendimiento de maíz cuando se utilizaron 2.5 t ha⁻¹ de composta y 30 kg de N, mientras que con el fertilizante comercial se requería una dosis doble. Tratando de esta manera el suelo se puede mejorar el rendimiento del cultivo de maíz en términos de absorción de macronutrientes (N, P y K).

En contraste, Chiam *et al.*, [21] usaron la composta fresca mezclada con el suelo en diferentes proporciones (v:v) 10%, 20% y 30%, en plantas de lechuga. En las aplicaciones de la composta al 20 y 30%, la lechuga mostró un bajo crecimiento, mientras que las de 10% tenían biomásas comparadas a los controles (solo suelo). Las concentraciones más altas afectaron negativamente el crecimiento de la lechuga, debido probablemente a la baja relación carbono/nitrógeno (C/N) que fue de 7.27.

La relación C/N indica la estabilidad de una composta y la disponibilidad de N. La relación C/N ideal para una composta madura debe ser cercano a 10, compostas con una relación C/N menor

pueden provocar fitotoxicidad, por la transformación de amonio en amoniaco, creando un ambiente tóxico para el crecimiento de la planta [22,23].

Por lo que es necesario analizar la composición y maduración de la composta obtenida por larvas de mosca soldado negra, con parámetros como pH, relación C/N, conductividad eléctrica y porcentaje de humedad [22].

6. Conclusiones

El estudio de la composición fisicoquímica, los parámetros de maduración y el pre o post-tratamiento de la composta de mosca soldado negra, son temas innovadores de investigación, necesarios para el desarrollo de esta nueva tecnología de bioconversión de residuos orgánicos para su uso potencial en la aplicación como abono en cultivos de interés agrícola.

Referencias

- [1] Basri NEA, Azman NA, Ahmad IK, Suja F, Jalil NAA, Amrul NF. Potential applications of frass derived from black soldier fly larvae treatment of food waste: A review. *Foods*. 2022;11(17):26-64
- [2] Lopes IG, Yong JWH, Lalander C. Frass derived from black soldier fly larvae treatment of biodegradable wastes. A critical review and future perspectives. *Waste Manag*. 2022; 142:65-76.
- [3] Pasos M. Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte [Internet]. Comisión para la Cooperación Ambiental. Commission for Environmental Cooperation. 2018
- [4] Anda-Trasviña, A., García-Galindo, E., Peña-Castañón A., Seminario-Peña, J., Nieto-Garibay, A. Residuos orgánicos ¿Basura o Recurso? 2021; 7(3):19-42.
- [5] Čičková H, Newton GL, Lacy RC, Kozánek M. The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Manag*. 2015; 35:68-80.
- [6] Gold M, Tomberlin JK, Diener S, Zurbrugg C, Mathys A. Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review. *Waste Manag*. 2018;82: 302-18.
- [7] Barragan-Fonseca KB, Dicke M, van Loon JJA. Nutritional value of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) and its suitability as animal feed – a review. *J Insects Food Feed*. 2017; 3(2):105-20
- [8] Beesigamukama D, Mochoge B, Korir NK, Fiaboe KKM, Nakimbugwe D, Khamis FM, et al. Exploring black soldier fly frass as novel fertilizer for improved growth, yield, and nitrogen use efficiency of maize under field conditions. *Front Plant Sci*. 2020;11.
- [9] Smetana S, Spykman R, Heinz V. Environmental aspects of insect mass production. *J Insects Food Feed*. 2021;7(5):553-71.
- [10] Surendra KC, Tomberlin JK, van Huis A, Cammack JA, Heckmann L-HL, Khanal SK. Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae) (BSF). *Waste Manag*. 2020; 117:58-80.
- [11] Vanessa M, Olvera O, Fernando J, Trejo G, Gutiérrez C. Mosca soldado negra: Novedades científicas. 2022;73(3):52-59.

- [12] Domenico, C., Devic, E., & Subamia, W. Technical handbook of domestication and production of diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. Kencana Bogor. IRD Edition; 2014.
- [13] Dortmunds B.M.A., Egger J., Diener S., Zurbrugg C. Black Soldier Fly Biowaste Processing - A Step-by-Step Guide, 2nd Edition Eawag: Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland. 2021
- [14] Quilliam RS, Nuku-Adeku C, Maquart P, Little D, Newton R, Murray F. Integrating insect frass biofertilisers into sustainable peri-urban agro-food systems. *J Insects Food Feed*. 2020;6(3):315–22.
- [15] Lalander C, Ermolaev E, Wiklicky V, Vinnerås B. Process efficiency and ventilation requirement in black soldier fly larvae composting of substrates with high water content. *Sci Total Environ*. 2020;729(138968):138968
- [16] Rehman K ur, Ur Rehman R, Somroo AA, Cai M, Zheng L, Xiao X, et al. Enhanced bioconversion of dairy and chicken manure by the interaction of exogenous bacteria and black soldier fly larvae. *J Environ Manage*. 2019; 237:75–83.
- [17] Parra Paz AS, Carrejo NS, Gómez Rodríguez CH. Effects of larval density and feeding rates on the bioconversion of vegetable waste using black soldier fly larvae *Hermetia illucens* (L.), (Diptera: Stratiomyidae). *Waste Biomass Valorization*. 2015; 6(6):59–65.
- [18] Meneguz M, Schiavone A, Gai F, Dama A, Lussiana C, Renna M, et al. Effect of rearing substrate on growth performance, waste reduction efficiency and chemical composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *J Sci Food Agric*. 2018; 98(15):5776–84.
- [19] Attiogbe FK, Ayim NYK, Martey J. Effectiveness of black soldier fly larvae in composting mercury contaminated organic waste. *Scientific African*. 2019;6(e00205): e00205.
- [20] Song S, Ee AWL, Tan JKN, Cheong JC, Chiam Z, Arora S, et al. Upcycling food waste using black soldier fly larvae: Effects of further composting on frass quality, fertilizing effect and its global warming potential. *J Clean Prod*. 2021; 288(125664):125664
- [21] Chiam Z, Lee JTE, Tan JKN, Song S, Arora S, Tong YW, et al. Evaluating the potential of okara-derived black soldier fly larval frass as a soil amendment. *J Environ Manage*. 2021; 286(112163):112163
- [22] Azim K, Soudi B, Boukhari S, Perissol C, Roussos S, Thami Alami I. Composting parameters and compost quality: a literature review. *Org Agric*. 2018;8(2):141–58.
- [23] Guo R, Li G, Jiang T, Schuchardt F, Chen T, Zhao Y, et al. Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. *Bioresour Technol*. 2012; 112:171–8.