

-LARVA HERMETIA ILLUCENS: UN ENFOQUE INNOVADOR PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y SU TRANSFORMACIÓN AGROINDUSTRIAL

Maggy Estefany González Vanegas, ⁽¹⁾ Diana Palacios Arrieta ⁽²⁾, Diego Fernando Velandia Cabrera ⁽³⁾

1. Ingeniero Agroindustrial, Magister en Innovación 2. Ingeniera ambiental y saneamiento 3. Ingeniero forestal. Sena - Centro de Industria y construcción, Instructor Sennova. Grupo de investigación Gidis, Ibagué, Colombia. Correo electrónico 1, megonzalez@sena.edu.co 2, dpalacios@sena.edu.co 3, dfvelandia@sena.edu.co

RESUMEN

Este proyecto propone un enfoque sostenible mediante la economía circular, utilizando residuos orgánicos sólidos (ROS) para dos alternativas: la producción de harina alimenticia y compost a través de larvas de *Hermetia illucens*, conocida como mosca soldado-negra, se basa en una investigación aplicada que busca obtener un compost de calidad adecuado para el suelo. La metodología inicia mediante la cuantificación y caracterización de los residuos orgánicos generados; los resultados del experimento se centran en variables como temperatura, humedad, tiempo, pH y condiciones de las larvas, determinando la mejor calidad del compost mediante pruebas de laboratorio. Como parte del seguimiento a la economía circular, las larvas se utilizarán para producir harina, que será caracterizada y evaluada según su calidad y valor nutricional. Mediante el desarrollo del proyecto se pudo concluir que contribuye a la gestión eficiente de residuos, sino que también promueve la sostenibilidad alimentaria.

Palabras Claves:

Biodegradador, Compost, Harina, *Hermetia Illucens*.

ABSTRACT

This project proposes a sustainable approach through circular economy by utilizing solid organic waste (SOW) for two alternatives: the production of food flour and compost through *Hermetia illucens* larvae, commonly known as the black soldier fly. It is based on applied research aimed at obtaining high-quality compost suitable for soil application. First, the organic waste generated is quantified and characterized. The experimental results focus on variables such as temperature, humidity, time, pH, and larval conditions, determining the best compost quality through laboratory testing. As part of the circular economy approach, the larvae will also be used to produce flour, which will be characterized and evaluated based on its quality and nutritional value. This approach not only contributes to efficient waste management but also promotes food sustainability.

Keywords:

Compost, Biodegrader, Flour, *Hermetia illucens*

INTRODUCCIÓN

La acumulación de residuos orgánicos representa un desafío ambiental y de salud pública en áreas urbanas y rurales. Estos residuos contaminan el entorno, favorecen la propagación de enfermedades y generan gases de efecto invernadero, como el metano, que contribuyen al cambio climático (Leonardo, 2024). Para abordar este problema, se están explorando soluciones innovadoras, como el uso de larvas de *Hermetia illucens* (mosca soldado negra), que pueden descomponer hasta el 90% de los residuos en poco tiempo, mejorando la eficiencia del compostaje y produciendo harina proteica de alta calidad. Este estudio propone un enfoque que utiliza estas larvas para la descomposición de residuos orgánicos, con el objetivo de obtener compost y harina proteica. A través de un sistema piloto, se busca gestionar los residuos eficientemente y generar productos valiosos que contribuyan a la sostenibilidad económica y ambiental, reduciendo la contaminación y mejorando la calidad del suelo (Volta, 2019). Este proyecto promueve una gestión integral que beneficia al medio ambiente y a la economía local.

En este contexto, es crucial implementar enfoques sostenibles para el manejo de residuos sólidos, como la economía circular que aprovecha los residuos orgánicos a través de alternativas como la producción de harina y compost. Esto contribuye a minimizar el impacto ambiental y promover prácticas responsables y sostenibles en la disposición de desechos, hace necesario un estudio detallado y controlado para verificar sus propiedades y su incorporación a la cadena de valor y como uso potencial en la economía circular.

ESTADO DEL ARTE

El manejo de residuos sólidos es una de las problemáticas más importantes en términos de sostenibilidad ambiental, diversos estudios como el de (Durand, 2011), destaca las falencias institucionales, técnicas, económicas, de salud, ambientales, sociales y comunitarias que reducen el impacto de los residuos en países en vía de desarrollo como lo es la región latinoamericana.

A nivel mundial, el aumento de los desperdicios alimenticios y residuos sólidos genera repercusiones

en los ámbitos social, económico y ambiental citado por (Urrea et al., 2022). Esto conlleva a la necesidad de identificar y diagnosticar los diferentes tipos de desechos. Por ejemplo, un estudio realizado en Alemania encontró que entre el 14 y el 20% de las cargas ambientales resultan de las pérdidas de alimentos a lo largo de la cadena de valor, y que el consumo fuera del hogar es responsable del 8 al 28% del impacto ambiental total. (Eberle y Fels, 2016). Según (Bustanza et al., 2023), analiza la gestión de residuos sólidos en el contexto de la educación ambiental allí se destaca la importancia de implementar estrategias integradas para reducir, reutilizar y reciclar residuos, así como la necesidad de concienciar a la población sobre el impacto ambiental de sus acciones.

Este estudio muestra que la mayoría de los docentes proveniente de los resultados de las encuestas determinaron que no practican el reciclaje de manera óptima y que solo un pequeño porcentaje de ellos frecuentemente cuida el medio ambiente. El artículo concluye que el manejo de residuos sólidos es un problema global de gran importancia y que la educación ambiental es fundamental para reducir el impacto ambiental y brindar soluciones a los problemas relacionados.

Es así como se aborda el concepto de mejoramiento de los procesos mediante diferentes enfoques como lo es una de ellas el uso de tecnologías emergentes que mitiguen el impacto de los residuos sólidos y generen conocimiento a los ciudadanos.

Actualmente se está trabajando con microorganismos eficientes para la descomposición de residuos orgánicos, produciendo compost como lo menciona (Bejarano y Delgadillo, 2007). Este proceso biológico termofílico implica la descomposición de la materia orgánica por una gran cantidad de microorganismos aerobios o anaerobios, que digieren los compuestos orgánicos transformándolos en otros más simples. En el proceso de degradación controlada, se ha identificado a la mosca soldado (*Hermetia illucens* L, Dip.: Stratiomyiidae) como un insecto que, debido a sus grandes cualidades en degradación, conservación y generación de subproductos amigables al medio ambiente, como lo expresa Arango et al. (2004), la mosca soldado se encuentra en la naturaleza en una amplia variedad de hábitats y no se le ha registrado como transmisor de enfermedades, lo que la hace un insecto promisorio en la transformación de materiales orgánicos.

Gómez y Guerrero 2021. Así mismo, Arango et al. (2004) realizó un estudio sobre la harina proveniente de larvas de *Hermetia illucens* con el fin de revisar su valor nutricional, este trabajo se relaciona con la investigación planteada, ya que concluyeron que es un alimento de alto valor proteínico y que podría ser utilizado en la alimentación animal. En 2017, la industria avícola Rockford abordó el tema de los insectos, como la larva de *Hermetia illucens*, desde el lenguaje de la sustentabilidad y legalidad en países como Estados Unidos, donde se permite el uso de la harina proveniente de las larvas como alimentos altamente nutricionales para los peces. Los insectos desempeñan un papel crucial en el ciclo alimentario como procesadores naturales de desperdicios orgánicos, al hacer esto, se multiplican con rapidez y no necesitan la cantidad de tierra que necesitan los cultivos o la producción animal. (González et al., 2017) citando a (Yepes et al., 2008), indica que el aprovechamiento de los residuos, dependiendo de su procedencia y composición, puede ser reutilizado para generar productos para el consumo humano y animal, producción de energías renovables, obtención de biocombustibles y algunos productos químicos, así como recuperadores de la tierra o abonos. En países como Colombia, las fuentes de proteína para alimentación animal son muy costosas y en su mayoría importadas. La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su prospectiva a 2030 propone reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización, lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.

Metodología

1. Cuantificación y caracterización de los residuos orgánicos generados.

Se utilizó una encuesta mediante entrevistas estructuradas que constó de 17 preguntas, las cuales analizaron el manejo y la disposición de residuos sólidos de la comunidad de la comuna 9 de los barrios Tunjos 1, Tunjos 2 y portal de los tunjos, así como la cantidad y disponibilidad de estos para su utilización en el proyecto.

Para la cuantificación y caracterización de los residuos, se diseñó una muestra representativa que abarcara diferentes sectores de los barrios Tunjos 1 y 2, así como del Portal de los Tunjos. La muestra

se seleccionó utilizando un muestreo estratificado, que permite garantizar que diferentes subgrupos de la población, como hogares, comercios y centros comunitarios, estén adecuadamente representados; se utilizó una guía de entrevista estandarizada para asegurar la coherencia y la validez de los datos.

Para el análisis de la información recolectada, se implementó una estrategia mixta que combinó tanto análisis cualitativo como cuantitativo, en primer lugar, se realizaron análisis descriptivos para identificar tendencias generales en el manejo de residuos, como la cantidad de residuos generados y las prácticas de disposición más comunes, posteriormente, se llevó a cabo un análisis cualitativo para profundizar en las percepciones y actitudes de la comunidad hacia la gestión de residuos. La tabulación de los datos se realizó utilizando herramientas tecnológicas para agilizar y facilitar la organización y representación visual de la información, generándose tablas y gráficos que ilustran las principales tendencias y hallazgos, permitiendo una interpretación clara de los resultados.

2. Obtención compost.

Para la obtención de compost, se utilizó una metodología desarrollada por (Morales, 2021) que fue implementada en las etapas iniciales del proyecto como se ve en la figura 1. y gracias a la vigilancia científica se implementó una mejora en el proceso con la metodología de (Dortman, 2021.).



Figura 1. Etapas del ciclo de la mosca

RESULTADOS

1. Cuantificación y caracterización de los residuos orgánicos generados.

Se realizaron 315 encuestas en dos barrios de la comuna 9 de Ibagué: Los Tunjos y Portal de Los Tunjos. Los datos obtenidos son significativos: 3 familias producen compost, 49 familias separan residuos orgánicos y 182 familias se comprometieron a entregar los residuos generados en sus hogares. La encuesta revela que las familias son conscientes de la necesidad de separar y reutilizar estos residuos, lo que indica un interés creciente en la gestión adecuada de desechos.

2. Obtención compost.

Mediante un enfoque basado en la vigilancia científica, se lograron mejoras notorias en los procesos, lo que incrementó la eficiencia y optimizó la disposición de las larvas para la producción de compost, como se ilustra en la figura 2. Se observó que las moscas depositaban sus huevos en tablillas de madera, donde se notaron cambios notables en la recolección de los huevos. Este proceso pasó de una situación en la que había un desperdicio considerable de larvas a una recolección abundante de crías, tal como menciona (Dortmans, 2021) en su investigación. Estos avances permitieron iniciar una mejora sustancial en el proceso. En la figura 3 se puede apreciar los huevos en cantidad donde 01, g de huevos equivalen a 15.000 huevos en unidad: además, en la fase de etapa de pre pupa como se ve en figura 4. (Dortmans, 2021) se mejora el proceso con una cama de mejores condiciones ambientales para las larvas como lo es el capacho del coco, permitiendo que ellas con su movimiento estén allí y permitan un menor stress y puede pasar a la siguiente fase del ciclo figura 5. En esta etapa la larva deja de tener movimiento y su color se vuelve gris oscuro, en esta etapa la larva debe estar en un lugar fresco y oscuro, para luego emerger la mosca. En la figura 6. Las larvas en pupas donde se da el apareamiento y depósito de huevos. A continuación, se presenta todo el ciclo de obtención de compost.

ETAPAS DEL CICLO DE LA MOSCA

Como se aprecia en la figura 1. Se muestra el ciclo completo de la vida de la mosca soldado negro, para entender mejor su proceso biológico.

MOSCA

5 a 9 días



Figura 2. Mosca en tablilla

Luego de emerger la mosca está en el día 4 inicia su proceso de apareamiento, en el día 5 o 6 la mosca coloca los huevos en tablillas cerca de residuos orgánicos, los cuales son recogidos y almacenados para iniciar el ciclo.

HUEVOS

3 a 4 días para eclosionar

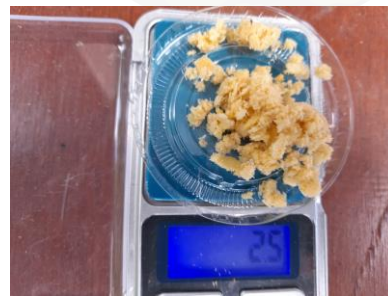


Figura 3. Huevos de mosca

ETAPA LARVARIA

25 a 30 días



Figura 4. Larvas en alimentación

En esta etapa las larvas se alimentan de residuos orgánicos sólidos, los cuales descomponen y son convertidos a abono.

En esta etapa la larva se deja de alimentar de residuos orgánicos, la larva se vuelve de un color

marrón y busca un espacio más seco para entrar a la siguiente fase

ETAPA DE PRE PUPA

6 a 7 días

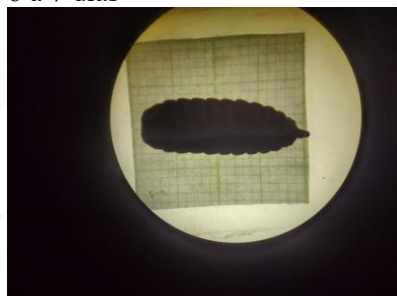


Figura 5. Larvas en estado de pre pupa

ETAPA DE PUPAS

8 a 10 días



Figura 6. Larvas en pupas

CONCLUSIONES

Los procesos implementados en la elaboración de compost han demostrado ser altamente efectivos. Se ha determinado que la descomposición de 1 kilogramo de residuos orgánicos requiere aproximadamente 0,1 gramos de huevos, lo que equivale a cerca de 15,000 larvas. Este dato subraya la eficiencia del uso de larvas en la aceleración del proceso de compostaje.

El proceso de compostaje, en condiciones óptimas, presenta un periodo de 25 a 30 días; para lograr estos resultados, es esencial mantener niveles de humedad alrededor del 30% y temperaturas que oscilen entre 23°C y 27°C. Estas condiciones son fundamentales para garantizar una descomposición efectiva y un desarrollo adecuado de las larvas.

Se observó que el contenido de proteína en el compost alcanza su punto máximo entre los días 18 y 21 del proceso, coincidiendo con el estado larvario. Posteriormente, a medida que las larvas se alimentan y se convierten en pupas, su contenido proteico disminuye. Esta dinámica es crucial para entender el valor nutricional del compost en relación con su periodo de maduración.

Los resultados obtenidos evidencian que es posible aprovechar los residuos sólidos orgánicos urbanos no solo para la producción de compost de alta calidad, sino también para fomentar prácticas agrícolas sostenibles. El compost generado ofrece un alto valor nutricional, lo que lo convierte en un recurso valioso para la producción de hortalizas.

Además, el proceso de compostaje de los residuos estudiados se ha demostrado como una alternativa eficiente, rápida y viable para la gestión de residuos orgánicos. Este enfoque no solo contribuye a la reducción de desechos, sino que también promueve la fertilidad del suelo, destacándose como una estrategia efectiva para impulsar la agricultura ecológica y la sostenibilidad ambiental en la comunidad.

REFERENCIAS

1. Arango Gutiérrez, G. P., Vergara Ruiz, R. A., & Humberto Mejía Vélez. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de hermetia illuscens L (diptera:Stratiomyidae) en angelópolis-antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional De Agronomía Medellín, 57(2), 2491-2499. Retrieved from <https://login.bdigital.sena.edu.co/login?url=http://www.proquest.com/scholarly-journals/análisiscomposicional-microbiológico-y/docview/1677563504/se-2>
2. Bejarano Bejarano, E. P., & Delgadillo Acosta, S. M. (2007). Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá" la modelo" por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM).
3. Dormanst (2021), Procesamiento de residuos biológicos Black Soldier Fly
4. Durand, M. (2011). La gestión de los residuos sólidos en los países en desarrollo: ¿cómo obtener beneficios de las dificultades

- actuales?. *Espacio Y Desarrollo*, (23), 115-130. Recuperado a partir de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/3502>
5. Elieser, Escalona Guerra. (2014). Daños a la salud por mala disposición de residuales sólidos y líquidos en Dili , Timor Leste. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 270-277. Recuperado en 23 de septiembre de 2024, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032014000200011&lng=es&tlng=es.
 6. Gomez Arturo Santiago y Jaimes Guerrero Jose Julian- Evaluación de la inclusión de harina de larva de mosca soldado (*Hermetia illucens*) en la dieta para juveniles del pez ángel (*Pterophyllum scalare*). Tomado http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/7430/1/Jaimes_Gomez_2021_TG.pdf 2021
 7. Gonzalez, L. V. P., Gómez, S., Patricia Montenegro, & Abad, P. A. G. (2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. [Exploitation of agroindustrial waste in Colombia Exploração de resíduos agroindustriais na Colômbia] *Revista De Investigación Agraria y Ambiental*, 8(2), 141-150. Retrieved from <https://login.bdigital.sena.edu.co/login?url=https://www.proquest.com/scholarlyjournals/aprovechamiento-de-residuos-agroindustriales-en/docview/1963138129/se-2>
 8. Leonardo GR; (2024). La importancia de una gestión adecuada de los residuos para la salud pública y el medio ambiente. (2024, abril 25). Leonardo Gestores de Residuos. <https://www.leonardo-gr.com/es/blog/la-importancia-de-una-gesti-n-adecuada-de-los-residuos-para-la-salud-p-blica-y-el-medio/>
 9. Sumarriva-Bustanza, Liliana Asunción, Zela-Pay, Nelly Olga, Ticona-Arapa, Haydee Clady, Condori, Nancy Chambi, & Chávez-Sumarriva, Nadia Lys. (2023). Manejo de residuos sólidos para el cuidado del medioambiente: una necesidad para la calidad de vida. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria*, 7(20), 408-417. Epub 20 de mayo de 2023. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.224>
 10. Volta, 2019, impactos ambientales de un mal manejo de residuos. (2019, mayo 8). VOLTA <https://www.voltachile.cl/4-impactos-ambientales-de-un-mal-manejo-de-residuos/>
 11. Zambrano Armando. 2023, Manejo de desechos sólidos y sostenibilidad ambiental Solid waste management and environmental sustainability Gestão de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade Ambiental. Pol. Con. (Edición núm. 84) Vol. 8, No 7 Julio 2023, pp. 97-104 ISSN: 2550 - 682X DOI: 10.23857/pc.v8i7

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro agradecimiento a todas las personas e instituciones de la comuna 9 que hicieron posible la realización de este proyecto de investigación Sennova 2024, así como al Sena Centro de Industria y de la Construcción. Agradecemos especialmente al equipo de trabajo Sennova 2024: Angie Muñoz, Yeison Ramírez, Jonathan Gutiérrez, Camilo Martínez y Johan Olaya.