

# Bioconversión de cáscaras de papa empleando larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*)

## Bioconversion of potato peels using black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*)

Valentina Tafur-Arias<sup>1</sup>, Nicolas Vargas-Acero<sup>2</sup>, Felipe Correa-Mahecha<sup>3</sup>, Harvey Andrés Milquez-Sanabria<sup>4</sup>

<sup>1</sup><https://orcid.org/0009-0003-9435-3922> Universidad de América, Bogotá, Colombia, [valentina.tafur@estudiantes.uamerica.edu.co](mailto:valentina.tafur@estudiantes.uamerica.edu.co)

<sup>2</sup><https://orcid.org/0009-0003-9031-0925> Universidad de América, Bogotá, Colombia, [nicolas.vargas2@estudiantes.uamerica.edu.co](mailto:nicolas.vargas2@estudiantes.uamerica.edu.co)

<sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-1050-8222> Universidad de América, Grupo de Investigación GPS, Bogotá Colombia, [felipe.correa@uamerica.edu.co](mailto:felipe.correa@uamerica.edu.co)

<sup>4</sup><https://orcid.org/0000-0003-4515-7039> Universidad de América, Grupo de Investigación GPS, Bogotá Colombia, [harvey.milquez@uamerica.edu.co](mailto:harvey.milquez@uamerica.edu.co)

Fecha de recepción: 22 de septiembre de 2024

Fecha de aprobación: 10 de enero de 2025

Fecha de publicación: 30 de junio de 2025



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-No comercial-SinObraDerivada 4.0 internacional.

DOI: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.13155>

---

Citar como: V. Tafur-Arias, N. Vargas-Acero, F. Correa-Mahecha y H. A. Milquez-Sanabria, "Bioconversión de cáscaras de papa empleando larvas de Mosca Soldado Negra (*Hermetia illucens*)," *Avances: Investigación en Ingeniería*, vol. 22, núm. 1, pp. 11–19, 2025, doi: <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.13155>

---

## Resumen

En el presente estudio evaluó el efecto de la densidad larvaria (0, 1, 2 y 3 larvas /cm<sup>2</sup>) sobre la bioconversión y la reducción de cáscaras de papa (*Solanum tuberosum*), utilizando larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*). La eclosión de los huevos produjo un total de 72.512 larvas por gramo. La bioconversión final presentó valores entre 16,8% y 27,8%, mientras que la reducción de residuos osciló entre el 59 y 77%. Los valores más altos en ambos indicadores se registraron en los tratamientos con 3 larvas /cm<sup>2</sup>, aunque el incremento de la densidad larvaria disminuye el tamaño de cada individuo, la presencia de más individuos por unidad de área mejora tanto la bioconversión como la reducción de los residuos. El uso de esta tecnología permite transformar las cáscaras de papa en compost orgánico y biomasa de larvas rica en proteínas y grasas, la cual podría emplearse en la alimentación animal, contribuyendo así a la valorización de este residuo agroindustrial.

**Palabras Clave:** Abonos orgánicos, Biomasa de larvas, Economía circular, Gestión de residuos, Valorización de residuos.

## Abstract

In the present study, the effect of larval density (0, 1, 2, and 3 larvae/cm<sup>2</sup>) on the bioconversion of potato and reduction of potato peels (*Solanum tuberosum*) was evaluated using black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*). The hatching of the eggs produced a total of 72,512 larvae per gram. The final bioconversion showed values ranging from 16.8% to 27.8%, while waste reduction ranged from 59% to 77%. The highest values for both indicators were recorded in treatments with 3 larvae/cm<sup>2</sup>. Although increasing larval density reduces the size of each individual, the presence of more larvae per unit area improves both bioconversion and waste reduction. The use of this technology allows the transformation of potato peels into organic compost and larval biomass rich in proteins and fats, which could be used for animal feed, thereby contributing to the valorization of this agro-industrial waste.

**Keywords:** Circular economy, Larval biomass, Organic fertilizers, Waste management, Waste recovery.

## 1. Introducción

Actualmente, las principales industrias alimentarias en Colombia generan un promedio anual superior a los 12 millones de toneladas de residuos orgánicos sólidos, esto se debe a diversos factores como el crecimiento de la población y la producción de comidas ligeras. La papa es el cuarto cultivo más importante después del arroz, el trigo y el maíz, y desempeña un papel importante en la dieta humana a nivel mundial. En este contexto, la producción de papa entera en polvo está sustituyendo a la tradicional extracción de fécula, lo que impulsa su posicionamiento como alimento básico. El procesamiento industrial de la papa genera anualmente entre 70.000 y 140 mil toneladas de cáscaras en todo el mundo [1].

En el caso de Bogotá, el relleno sanitario Doña Juana recibe un promedio diario de 6.480 toneladas de residuos, de las cuales más del 50% corresponden a materia orgánica, incluyendo residuos provenientes del procesamiento de alimentos. Si bien la tecnología de los rellenos sanitarios ofreció una solución provisional frente a la gran cantidad de residuos generados por la producción y el consumo en las ciudades, las emisiones de metano, las dificultades

en el manejo de lixiviados, la proliferación de vectores, los olores ofensivos y el alto costo del suelo ha impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles que mitiguen estos impactos y promuevan el aprovechamiento de nutrientes bajo esquemas de economía circular [2].

En este sentido, se han desarrollado nuevas tecnologías para el tratamiento de residuos orgánicos que ofrecen corrientes de proceso con utilidad agrícola, pecuaria y alimenticia, tales como el compostaje, el vermicompostaje con la lombriz californiana (*Eisenia foetida*) [3], y más recientemente la bioconversión mediante la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) [4].

La mosca soldado negra es un organismo capaz de procesar una amplia variedad de residuos orgánicos. Presenta cinco etapas de desarrollo: huevo, larva, pre-pupa, pupa y adulto. Durante la etapa larvaria transforma los residuos en frass, un abono orgánico rico en nutrientes, al tiempo que acumula proteínas y grasas en su cuerpo, las cuales pueden ser utilizadas en la alimentación animal y en procesos oleo químicos [5].

Estudios previos sobre el compostaje empleando estas larvas demuestran que la composición del sustrato influye significativamente en el desempeño del proceso, el tamaño de las larvas, la reducción del sustrato y la composición nutricional tanto de las larvas como del *frass* [6], [7].

Según del Hierro y su equipo [8], la cáscara de papa proveniente de *Solanum tuberosum* presentó una tasa de bioconversión del 46,77% bajo condiciones de temperatura entre 18 y 34°C, y una humedad relativa entre 70 y 83%. Este sustrato a base de papa es rico en carbohidratos, con bajo contenido de grasas y alto contenido de micronutrientes.

El presente artículo analiza el efecto de la densidad larvaria sobre el proceso de bioconversión de cáscaras de papa. Se describe la metodología empleada para la recolección y caracterización de las cáscaras, así como los diferentes tratamientos realizados. Además, se presenta el seguimiento del crecimiento de las larvas y la reducción del sustrato, junto con el análisis de los indicadores del proceso mediante métodos estadísticos. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones para futuros ensayos.

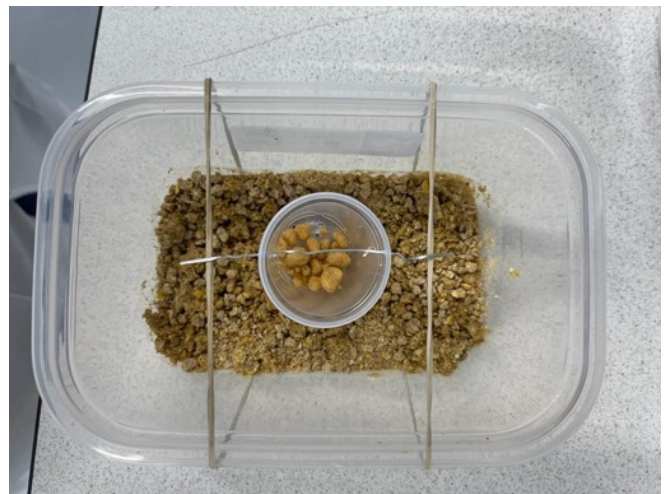
## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Materiales y caracterización

Se recolectó una muestra de 4 kg de cáscaras de papa, provenientes de residuos sólidos orgánicos generados en diferentes restaurantes de la ciudad de Bogotá, Colombia. El material fue inspeccionado manualmente para garantizar la ausencia de sustancias inorgánicas o elementos peligrosos. Posteriormente, las cáscaras fueron trituradas utilizando una trituradora Moulinez ZH09, (industria Vedelec, Venezuela) hasta alcanzar un tamaño de 2 mm.

Se determinaron los parámetros de humedad, pH, relación carbono/nitrógeno (C/N) y cenizas del material, de acuerdo con los procedimientos establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 [9].

Los huevos de mosca soldado negra fueron adquiridos a la empresa Evolutio®, ubicada en la ciudad de Bogotá. En la Figura 1 se presenta el montaje experimental empleado para la eclosión de los huevos.



**Figura 1.** Montaje de eclosión Larva Mosca Soldado Negra.

La eclosión se realizó en una incubadora a una temperatura controlada de 27,6 °C y una humedad relativa del 70%. En el fondo del recipiente se depositaron 100 g de alimento para pollos con un contenido de humedad del 50%, utilizado como sustrato para el crecimiento inicial de las larvas. Este sustrato fue reemplazado diariamente, y las muestras se mantuvieron durante cinco días en la incubadora con el propósito de determinar el número de individuos eclosionados cada día, siguiendo la metodología descrita por Dortmans y su equipo [10]. Con el fin de garantizar la uniformidad en la edad de las larvas utilizadas en el ensayo, se seleccionaron aquellas que habían eclosionado en el segundo día.

## 2.2 Montaje y seguimiento de los tratamientos

El montaje experimental se realizó adicionando 125 g de cáscaras de papa previamente molidas en recipientes de 13,5 cm x 9 cm x 7 cm (largo x ancho x altura). Cada recipiente fue provisto de una tapa perforada y cubierto con una tela fina que permitía el intercambio de gases, garantizando al mismo tiempo la protección del contenido frente a contaminantes externos.

Las larvas requeridas para cada ensayo fueron depositadas en los recipientes, tal y como se resume en la Tabla 1; los ensayos se realizaron por triplicado para un total de doce recipientes.

**Tabla 1.** ANOVA y resultados estadísticos para la remoción de DCF como variable de respuesta

Tratamiento	Sustrato (g)	Tasa de alimentación (larva/g)	Numero de larvas x Recipiente	Densidad (larva/cm <sup>2</sup> )
1	125	0	0	0
2	125	1	125	1,03
3	125	2	250	2,06
4	125	3	375	3,09

Para la realización de los ensayos se utilizó un biorreactor a temperatura de 27 °C y humedad relativa del 80% [6], [11]. Cada dos días se realizó el seguimiento del peso de las larvas y de las características del sustrato. Para ello, se tomó una muestra equivalente del 10% de las larvas de cada recipiente, las cuales fueron lavadas y secadas para determinar su masa con una balanza analítica. Posteriormente, las larvas fueron retornadas vivas a sus respectivos recipientes, con el fin de no alterar la densidad larvaria. Adicionalmente, se extrajo una muestra de un gramo del sustrato para realizar el seguimiento de la humedad y cenizas siguiendo la NTC 5167 [9].

Los ensayos finalizaron cuando el 50% o más de las larvas alcanzaron el sexto instar, evidenciado por una coloración negra característica. En este punto, las larvas se separaron del *frass* resultante, se lavaron y secaron con un paño para eliminar el exceso de humedad y posteriormente se pesaron. Luego, fueron sacrificadas mediante congelación para determinar su contenido de humedad y cenizas. El *frass* obtenido fue igualmente pesado y analizado para determinar su humedad y contenido de cenizas, permitiendo así realizar los balances de materia correspondientes a cada recipiente experimental.

### 2.2.1. Reducción del residuo en base seca

El porcentaje de reducción en base seca (%RR) se determinó utilizando la ecuación 1 [12], donde masa residual MF hace referencia al material agregado a las larvas, y alimentación A al sustrato agregado inicialmente.

$$\%RR = (MF/A) \times 100\% \quad (1)$$

Donde: MF es masa en base seca del *frass* en gramos.  
A es la masa del alimento suministrado en base seca en gramos.

### 2.2.2. Determinación de bioconversión

La bioconversión permite determinar la cantidad de sustrato que se convierte en biomasa de larvas, se calculó empleando la ecuación 2 [12]:

$$\%B = (MLF - MLI)/A \times 100\% \quad (2)$$

Donde: %B es el porcentaje de bioconversión.  
MLF es la masa final de las larvas en base seca.  
MLI es la masa inicial de las larvas en base seca y A es la masa del alimento suministrado en base seca.

### 2.2.3. Tasa de mortalidad

Con respecto al número total de larvas supervivientes para cada recipiente, se estima la tasa de mortalidad mediante la ecuación 3 [13].

$$\%M = (NLI - NLF) / NLI \times 100\% \quad (3)$$

Donde: %M es el porcentaje de mortalidad.

NLI es el número de larvas al inicio del tratamiento.

NLF es el número de larvas vivas finales en el tratamiento.

## 2.3 Análisis de datos

Para el análisis de los datos obtenidos se realizó un análisis de la varianza de un factor (ANOVA) empleando el programa Statgraphics Centurion XVI® versión 16.1.03 (32 bits), con el propósito de comparar el efecto de las diferentes densidades larvares (1,03; 2,06 y 3,0 larva/cm<sup>2</sup>) sobre los principales indicadores de desempeño del sistema.

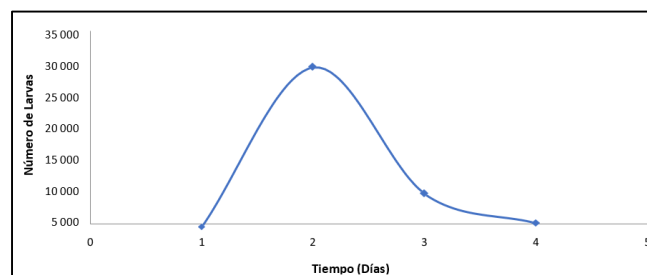
Dentro del diseño experimental, la densidad larvaria se consideró como la variable independiente, mientras que la humedad relativa del aire y la temperatura se mantuvieron constantes. Asimismo, las variables dependientes fueron el peso, la bioconversión y la reducción del sustrato.

## 3. Resultados y Discusión

Las cáscaras de papa utilizadas presentaron una humedad inicial del 81%, un contenido de cenizas del 1,37%, un pH de 6,1 y una relación C/N de 24:1. Estos valores indican una alta humedad, lo que implica altos costos asociados al transporte, así como un elevado contenido de carbono, particularmente carbohidratos [14].

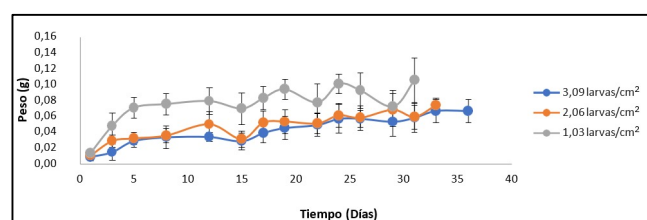
Después de la eclosión y etapa de guardería de 5 días se obtuvieron 36.412 larvas por cada gramo de huevos. En la Figura 2 se presenta la distribución de eclosión de huevos por día. El segundo día registra el mayor número de

huevos eclosionados con 29.124 larvas, las cuales fueron las seleccionadas para ser usadas en los ensayos y garantizar la uniformidad de edad.



**Figura 2.** Curva de eclosión de 0,1 g de huevos.

La cantidad de individuos obtenidos en este estudio fue superior a la reportada por Muñoz y Parada, quienes registraron 14.010 larvas/g de huevos [15]. Esta diferencia podría atribuirse a factores como la supervivencia de las larvas, la fertilidad de los huevos y las condiciones utilizadas en cada uno de los experimentos que afectan la tasa de natalidad.



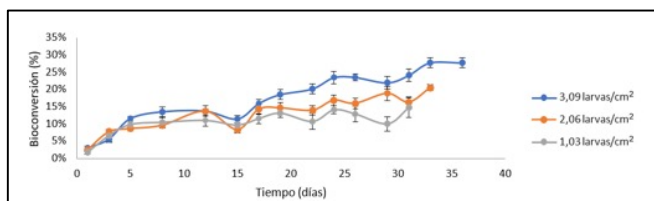
**Figura 3.** Evolución del peso promedio en el tiempo.

La evolución del peso promedio de las larvas para cada tratamiento se presenta en la Figura 3. El tiempo en que el 50% de las larvas alcanzaron el sexto instar varió, la densidad más baja, con mayor cantidad de alimento finalizó el día 30 mientras que la densidad más alta finalizó en el día 36, esto se debe a la disponibilidad de nutrientes, y en particular de aminoácidos requeridos para completar el ciclo de pupa de las larvas. La alta relación carbono nitrógeno de las cáscaras de papa causan una deficiencia de proteínas prolongando la muda y la etapa larval, varios autores han reportado que las dietas altas en proteínas y grasas presentan altas tasas de crecimiento [16].



Con respecto al peso alcanzado por las larvas, se evidencia en la Figura 3 una relación inversamente proporcional a la densidad larvaria, lo que se explica por una menor cantidad de nutrientes por individuo; la mayor velocidad de crecimiento se observa en los primeros días y posteriormente el peso oscila en valores medios hasta el final del ensayo lo que revela que las larvas ya no acumulan masa después del día 16. El análisis ANOVA de los tamaños finales de las larvas demostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95%.

En la Figura 4 se puede observar la evolución de la bioconversión de cada uno de los tratamientos mostrando una relación directamente proporcional con la densidad larvaria, el máximo valor alcanzado fue de  $27,81\% \pm 0,0115$ , con una densidad de 3 larvas/cm<sup>3</sup>, que coincide también con los pesos promedios más bajos, el mayor número de larvas logró una mejor acumulación de biomasa larval. Otros autores han reportado tasa de bioconversión de 20,8 % para las larvas que son alimentadas a partir de residuos de alimentos [17]. El análisis ANOVA evidenció diferencias estadísticamente significativas de la bioconversión entre los tratamientos con un nivel de confianza del 95%.

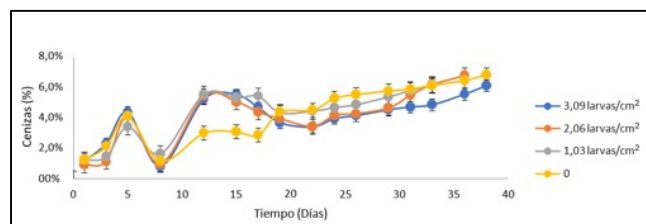


**Figura 4.** Evolución de la bioconversión.

En cuanto al contenido de cenizas, se puede verificar en la Figura 5 que el sustrato presentó un comportamiento variable, con valores que oscilaron entre 1,23% y 6,80%, mostrando una tendencia creciente a medida que avanzó el proceso. Esta acumulación de material mineral en el sustrato se debe a la continua reducción de materia orgánica volátil durante el compostaje, concentrando minerales que pueden ser útiles como

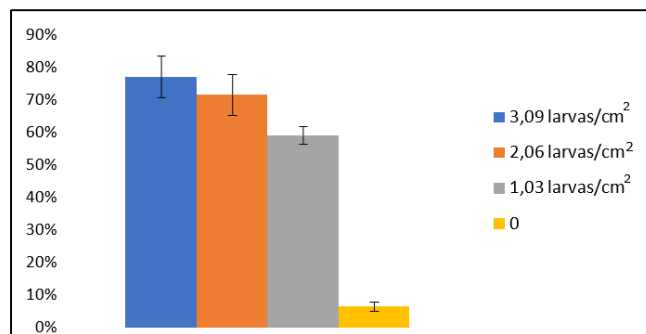
fertilizantes cerrando el ciclo de nutrientes en sistemas alimentarios.

Las fluctuaciones presentadas durante los ensayos podrían estar relacionadas con la liberación de sales minerales que ocurre durante los procesos de muda o ecdisis de las exuvias de las larvas, ya que estas poseen minerales como calcio, magnesio y fósforo.



**Figura 5.** Evolución de las cenizas del sustrato.

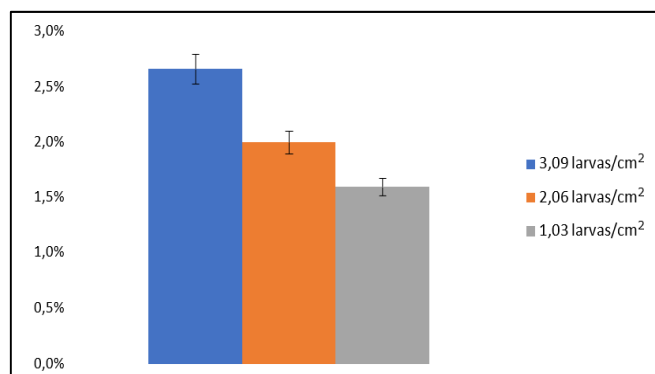
La densidad larvaria posee una relación directa con la reducción de las cáscaras de papa alcanzando valores de 77%, 72%, 59%, y 6% para 3, 2, 1 y 0 larvas por cm<sup>2</sup> (ver Figura 6), el incremento de la densidad causa una mayor actividad respiratoria y de bioacumulación en el sistema.



**Figura 6.** Reducción de las cáscaras de papa.

En la Figura 7 se presenta la tasa de mortalidad con valores de 2,67%, 2,00%, y 1,60%. Para densidades de 3,2 y 1 larvas por cm<sup>2</sup> respectivamente, un mayor número de larvas por unidad de área y alimento incrementa la competencia por nutrientes, lo cual se refleja en un ligero aumento de la mortalidad de las larvas. No obstante, los valores registrados fueron inferiores al 3% en todos los tratamientos.

De acuerdo con Del Hierro y su equipo [8], los sustratos con mayor contenido de papa tienden a presentar tasas de mortalidad más elevadas, debido al alto contenido de glicoalcaloides en el pericarpio, produciendo trastornos gastrointestinales en las larvas neonatas.



**Figura 7.** Tasa de mortalidad.

Los resultados obtenidos en este experimento son consistentes con los reportados por otros autores, quienes han evaluado el uso de las larvas de *Hermetia illucens* en la degradación de diferentes tipos de residuos orgánicos.

## 4. Conclusiones

Se logró la caracterización de los residuos sólidos orgánicos provenientes del procesamiento de residuos de cáscaras de papa, determinado que éstos sirven como alimento para las larvas de mosca soldado negra. Sin embargo, se recomienda la evaluación del efecto de adición de fuentes ricas en proteínas con el fin de incrementar el tamaño de las larvas y reducir el tiempo de bioconversión.

La densidad larval mostró una relación directamente proporcional con la bioconversión, la reducción del sustrato, y la mortalidad, aunque ésta última se mantuvo en valores inferiores al 3%. No obstante, la masa individual de las larvas se reduce al incrementar la densidad larvaria debido a una mayor competencia por los nutrientes.

El proceso de compostaje por medio de las larvas de mosca soldado negra, contribuye a la solución de dos problemas ambientales importantes: la generación de residuos orgánicos y la falta de fertilizantes naturales, cerrando el ciclo de nutrientes y contribuyendo a la implementación de la economía circular en el sector agrícola y pecuario.

A pesar de su potencial, aún existen limitaciones para la implementación a gran escala de esta tecnología, relacionadas con la disponibilidad y costo de las larvas, el control sanitario y la aceptación social. Se recomienda realizar investigaciones adicionales orientadas a evaluar los impactos ambientales, económicos y sociales del uso de larvas de mosca soldado negra en el compostaje de residuos de tubérculos.

Finalmente, se determinó que, la densidad larval del tratamiento 4 de 3,09 larvas/cm² presentó los mejores valores de bioconversión y reducción del sustrato. Se sugiere evaluar densidades superiores para identificar el punto óptimo de bioconversión, así como analizar la influencia de esta variable sobre el contenido de proteínas, grasas y quitina, junto con el perfil nutricional de las larvas para su aprovechamiento en la alimentación animal, y del residuo (*frass*) como abono orgánico.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a sus familias por el apoyo incondicional brindado durante el desarrollo de este trabajo. Asimismo, agradecen a la Universidad de América por la financiación del proyecto IIQ-014-2025, en el marco del cual se llevó a cabo esta investigación. Finalmente, extienden su reconocimiento a los colegas que contribuyeron al logro de los resultados presentados en este estudio.

## Referencias

- [1] D. Wu, "Recycle technology for potato peel waste processing: A review," *Procedia Environmental Science*, vol. 31, 2016, doi: [10.1016/j.proenv.2016.02.014](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.014).
- [2] T. A. Kurniawan et al., "Landfill mining: A step forward to reducing CH<sub>4</sub> emissions and enhancing CO<sub>2</sub> sequestration from landfill," *Journal of Hazardous Materials Advances*, p. 100512, Oct. 2024, doi: [10.1016/J.HAZADV.2024.100512](https://doi.org/10.1016/J.HAZADV.2024.100512).
- [3] J. Frigerio et al., "From urban trash to city cash: Technologies for sustainable development of cities through the valorisation of urban organic waste in Europe," *Waste Management Bulletin*, vol. 3, no. 4, p. 100222, Dec. 2025, doi: [10.1016/J.WMB.2025.100222](https://doi.org/10.1016/J.WMB.2025.100222).
- [4] D. Purkayastha and S. Sarkar, "Sustainable waste management using black soldier fly larva: a review," 2022. doi: [10.1007/s13762-021-03524-7](https://doi.org/10.1007/s13762-021-03524-7).
- [5] L. Barrantes-Sandoval, D. M. Cuesta-Parra, F. Correa-Mahecha, and J. F. Garcia-Trejo, "Nutritional Content of Black Soldier Fly Larvae Achieved during Biotransformation of Organic Wastes," *Chemical Engineering Transactions*, vol. 110, pp. 385–390, Jul. 2024.
- [6] M. C. Acosta Hernández, V. Guzmán Muñetón, and F. Correa Mahecha, "Evaluación del contenido proteico de las larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens* sp.) durante el proceso de degradación de biorresiduos," Trabajo de grado – Ingeniería Química, Universidad de América, Bogotá, 2022. [Online]. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/9086>.
- [7] P. O. Aigbedion-Atalor et al., "Regenerative edible insects for food, feed, and sustainable livelihoods in Nigeria: Consumption, potential and prospects," *Future Foods*, vol. 9, p. 100309, Jun. 2024, doi: [10.1016/J.FUFO.2024.100309](https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2024.100309).
- [8] A. G. Del Hierro, M. J. Anrango, D. Ortiz, and L. Sánchez, "Captura y cría de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) para la biodegradación de desechos orgánicos en Puerto Quito, Ecuador," *Ecuadorian Science Journal*, vol. 5, no. 3, 2021, doi: [10.46480/esj.5.3.164](https://doi.org/10.46480/esj.5.3.164).
- [9] Icontec, NTC 5167:2022 Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo. 2022. [Online]. [https://tienda.icontec.org/catalogsearch/advanced/result/?cat=&products\\_number\\_complete=5167&name=&products\\_name\\_eng=&products\\_prefix=&products\\_macrosector=&products\\_norma\\_state=&root\\_cat=&sub\\_cat=0&sub-group=0&products\\_cti=0](https://tienda.icontec.org/catalogsearch/advanced/result/?cat=&products_number_complete=5167&name=&products_name_eng=&products_prefix=&products_macrosector=&products_norma_state=&root_cat=&sub_cat=0&sub-group=0&products_cti=0).
- [10] C. Zurbrügg, B. Dortmans, A. Fadhila, B. Vertsappen, and S. Diener, "From pilot to full scale operation of a waste-to-protein treatment facility," *Detritus*, vol. 1, no. March, pp. 18–22, 2018, doi: [10.26403/detritus/2018.22](https://doi.org/10.26403/detritus/2018.22).
- [11] A. Singh and K. Kumari, "An inclusive approach for organic waste treatment and valorisation using Black Soldier Fly larvae: A review," *Journal of Environmental Management*, vol. 251, p. 109569, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109569>.
- [12] M. Gold et al., "Biowaste treatment with black soldier fly larvae: Increasing performance through the formulation of biowastes based on protein and carbohydrates,"



- Waste Management, vol. 102, pp. 319–329, 2020, doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.10.036>.
- [13] W. Yakti et al., “The Effect of Rearing Scale and Density on the Growth and Nutrient Composition of *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) Larvae,” *Sustainability* (Switzerland), vol. 14, no. 3, 2022, doi: [10.3390/su14031772](https://doi.org/10.3390/su14031772).
- [14] N. P. Vega, “Propiedades químicas, físicas y tecnofuncionales de la cáscara de papa (*Solanum tuberosum*) para uso como extensor en productos cárnicos frescos picados,” Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 2020.
- [15] L. M. Muñoz and M. S. Parada, “Definición de las condiciones de operación para la producción de larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*),” Trabajo de grado, Universidad de América, Bogotá D.C., 2022. [Online]. <https://repository.uamerica.edu.co/server/api/core/bitstreams/695be559-3d44-445b-a734-56c5103b0716/content>.
- [16] K. B. Barragan-Fonseca, M. Dicke, and J. J. A. van Loon, “Influence of larval density and dietary nutrient concentration on performance, body protein, and fat contents of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*),” *Entomologia Experimentalis et Applicata*, vol. 166, no. 9, pp. 761 – 770, 2018, doi: [10.1111/eea.12716](https://doi.org/10.1111/eea.12716).
- [17] E. M. Nyakeri, H. J. O. Ogola, M. A. Ayieko, and F. A. Amimo, “Valorisation of organic waste material: Growth performance of wild black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) reared on different organic wastes,” *Journal of Insects as Food and Feed*, vol. 3, no. 3, 2017, doi: [10.3920/jiff2017.0004](https://doi.org/10.3920/jiff2017.0004).