

Nota Técnica

ATRACCIÓN OLFATIVA DE *Hermetia illucens* (DIPTERA: STRATIOMYIDAE) HACIA TRES SUSTRATOS ORGÁNICOS**Sebastian Valencia Martinez¹, Carlos Santiago Escobar², Carlos Eduardo Giraldo³****RESUMEN**

La inadecuada disposición de residuos orgánicos es una fuente importante de contaminación en los países en desarrollo. Las tecnologías que utilizan la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*, Diptera: Stratiomyidae) ofrecen una solución eficiente para descomponer residuos biodegradables, pero la optimización de la oviposición sigue siendo un desafío. Se evaluó la atracción olfativa de adultos de *H. illucens* hacia tres sustratos diferentes: lechuga fermentada, leche fermentada y ácido acético, mediante un olfatómetro en Y de doble elección. Se demostró una atracción significativa hacia la lechuga fermentada (64,3 %) y el ácido acético (69,1 %) en comparación con el control. No se observó atracción significativa por la leche (55 %). Estos hallazgos destacan el potencial de los compuestos volátiles de sustratos específicos para mejorar la eficiencia de la oviposición en sistemas de cría controlados, contribuyendo a procesos más sostenibles de bioconversión de residuos.

Palabras clave adicionales: Bioconversión, compuestos volátiles orgánicos, descomponedores, gestión de residuos, mosca soldado negro

ABSTRACT**Olfactory attraction of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) to three organic substrates**

Improper disposal of organic waste is a major source of environmental contamination in developing countries. Technologies based on the black soldier fly (*Hermetia illucens*, Diptera: Stratiomyidae) offer an efficient solution for the decomposition of biodegradable waste; however, optimizing oviposition remains a key challenge. This study aimed to evaluate the olfactory attraction of *H. illucens* adults toward three different substrates: fermented lettuce, fermented milk, and acetic acid, using a Y-tube dual-choice olfactometer. Significant attraction was observed toward fermented lettuce (64.3 %) and acetic acid (69.1 %) compared with the control treatment. In contrast, fermented milk did not elicit a significant attraction response (55 %). These findings highlight the potential of volatile compounds emitted by specific substrates to improve oviposition efficiency in controlled rearing systems, thereby contributing to more sustainable waste bioconversion processes.

Additional Keywords: Bioconversion, black soldier fly, decomposers, volatile organic compounds, waste management

INTRODUCCIÓN

La mala disposición de residuos orgánicos es una de las mayores fuentes de contaminación, a nivel municipal, en países en vía de desarrollo (Hettiarachchi *et al.*, 2018). Para 2012 se estimaba que 3.5 millones de toneladas de residuos sólidos se generaban diariamente a nivel mundial (World Bank, 2012). Hoy en día, se calcula que el 5 % de los residuos sólidos orgánicos, representan el 5 %

de las emisiones de gases de efecto invernadero (UNEP, 2024). Aunque se ha sugerido, en primer lugar, que la solución es la minimización de los residuos, la recuperación de recursos y la transformación de residuos en productos útiles son la siguiente prioridad en el manejo de dicho problema (UNEP, 2024). Así, las tecnologías basadas en la mosca soldado negro (*H. illucens*) ofrecen una solución eficaz y sostenible para la descomposición de residuos biodegradables en

Recibido: Febrero 4, 2026

Aceptado: Julio 17, 2026

¹Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Oriente. Rionegro, Antioquia-Colombia.
e-mail: svm7326@gmail.com

²Grupo de Investigación INCA-CES, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Naturales, Universidad CES. Medellín, Antioquia-Colombia. e-mail: csesobar@ces.edu.co

³Grupo de Investigación de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Oriente. Sector 3, Cra. 46 No. 40B 50, Rionegro, Antioquia-Colombia. e-mail: cegiral0@gmail.com (autor de correspondencia).

países tropicales y en desarrollo (Salam *et al.*, 2021). Sin embargo, la producción masiva de *H. illucens* enfrenta desafíos, particularmente en la optimización del proceso de oviposición, un aspecto crítico en su ciclo reproductivo que está fuertemente influenciado por la calidad del sustrato (Laksanawimol *et al.*, 2023).

La mosca soldado negro ha emergido como una herramienta prometedora en la gestión de residuos orgánicos, destacándose por su capacidad para bioconvertir desechos en proteínas y grasas de alto valor (Magee *et al.*, 2021; Amrul *et al.*, 2022). Esta especie ha sido objeto de extensos estudios por su eficacia en la transformación de residuos alimentarios y estiércol, contribuyendo a la reducción de la acumulación de residuos orgánicos a nivel global (Rehman *et al.*, 2023). La industria de la bioconversión mediante *H. illucens* ha experimentado un crecimiento sustancial, generando oportunidades económicas y ambientales. No obstante, la selección del sitio de oviposición por parte de las hembras de *H. illucens* es un proceso complejo que depende de múltiples factores, incluyendo la presencia de compuestos volátiles y el estado de descomposición de los sustratos (Adjavon *et al.*, 2021).

Se ha demostrado que los sustratos ricos en proteínas y carbohidratos, como el estiércol bovino y los residuos de frutas tropicales, resultan particularmente atractivos para las hembras grávidas, lo que sugiere que la composición química de los sustratos juega un papel crucial en la selección del lugar de oviposición (Zim *et al.*, 2023). Además, se ha observado que ciertos ácidos grasos, como el tetradecanoico, son fundamentales para la atracción olfativa, resaltando la importancia de los compuestos volátiles en la estimulación del comportamiento de oviposición (Klüber *et al.*, 2024). En este sentido, el empleo de técnicas de olfatometría ha permitido profundizar en el estudio del comportamiento olfativo de *H. illucens*, facilitando la identificación de los estímulos que influyen en la selección del sustrato (Bakchine *et al.*, 1990).

Los olfatómetros en "Y", ampliamente utilizados en estudios de ecología y manejo de plagas, han demostrado ser herramientas valiosas para medir la respuesta de los insectos frente a diferentes estímulos volátiles, proporcionando información detallada sobre sus preferencias

olfativas (Braccini *et al.*, 2015; Jacobi *et al.*, 2021). En *H. illucens*, la selección del sitio de oviposición está estrechamente mediada por señales químicas emitidas por los sustratos orgánicos, cuyo perfil varía con su composición y el estado de descomposición. En consecuencia, la olfatometría constituye una herramienta útil para discriminar la respuesta de las hembras frente a diferentes sustratos e identificar aquellos con mayor potencial para optimizar la oviposición bajo condiciones controladas (Booth y Sheppard, 1984; Zim *et al.*, 2023).

A pesar de los avances, persisten importantes vacíos en el conocimiento sobre las condiciones que maximizan la oviposición en esta especie. Se ha observado que el comportamiento de oviposición puede variar dependiendo de la etapa de descomposición de los sustratos (Siddiqui *et al.*, 2022). Asimismo, el control de factores como la temperatura y la humedad ha demostrado ser fundamentales para optimizar la reproducción en sistemas de cría controlados (Newton *et al.*, 1977). Esto no solo es crucial para la eficiencia reproductiva, sino que también tiene implicaciones para la calidad nutricional de las larvas resultantes y su eficacia en la bioconversión de residuos (Bava *et al.*, 2019). Además, la comprensión de las preferencias de oviposición puede contribuir al desarrollo de estrategias más efectivas para la gestión de residuos orgánicos a gran escala (Chia *et al.*, 2020).

Debido a que la reproducción eficiente de *H. illucens* es fundamental para su utilización en la bioconversión de residuos a gran escala, es necesario continuar investigando las preferencias olfativas con la finalidad de mejorar la oviposición de esta especie. La optimización de este proceso tiene importantes implicaciones para la sostenibilidad ambiental (Surendra *et al.*, 2016). Sin embargo, en condiciones de cría la atracción de machos y hembras hacia un mismo sustrato puede favorecer los encuentros de cópula en las cercanías de los sitios de oviposición. En *H. illucens*, los machos realizan un comportamiento de agregación competitiva (*lekking*) próximo a los sustratos orgánicos, y se ha documentado que las zonas con alta densidad de machos atraen a las hembras receptivas, lo que incrementa las probabilidades de apareamiento exitoso (Tomberlin y Sheppard, 2001; Julita *et al.*, 2020). Así, comprender la atracción olfativa de ambos

sexos resulta relevante para el diseño de sistemas de producción que maximicen tanto la cópula como la oviposición, además de que puede contribuir significativamente al desarrollo de la economía circular en el manejo de residuos orgánicos (Parodi *et al.*, 2020). Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la atracción de *H. illucens* hacia tres sustratos de interés mediante un olfatómetro de doble elección, con el fin de caracterizar su respuesta olfativa bajo condiciones controladas e identificar el sustrato con mayor potencial para optimizar la atracción de adultos y la selección del sitio de oviposición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización. La investigación se realizó en la Universidad Católica de Oriente, en la finca “Otro lado” ubicada en el municipio de Rionegro (Antioquia-Colombia), con coordenadas 6°09'02''N y 75°21'59''W, una altitud de 2130 msnm, zona de vida bosque húmedo premontano (bh-PM), según el sistema de clasificación de Holdridge (1967), y los siguientes datos promedio: temperatura 18,5 °C; humedad 83 %; precipitación anual 1881 mm.

Diseño del olfatómetro de doble vía. El olfatómetro contó con una bomba de pecera que proporcionó un flujo de aire constante que era conducido a través de mangueras hacia un recipiente con carbón activado, que actuó como filtro purificador. A continuación, el aire pasó por un recipiente con agua, que generó burbujas para oxigenarlo. Posteriormente, el aire se dividió en dos corrientes, dirigidas a dos cámaras separadas, las cuales tenían una dimensión de 20 cm de ancho y una altura de 10 cm. Ambas estaban conectadas a una cámara principal a través de una unión en Y la que, en cada una de sus partes, tenía una longitud de 15 cm (Figura 1). Para el funcionamiento del dispositivo, cada insecto (Figura 2A) fue introducido individualmente en la cámara principal del olfatómetro. Una fuente de luz se utilizó como estímulo para inducir su desplazamiento hacia el interior del tubo en Y, permitiendo que alcanzara la bifurcación; al ingresar a uno de los dos brazos laterales independientes hacía su elección: el del sustrato de interés o el del control negativo. Esta elección era registrada como su respuesta frente al estímulo olfativo. En cada corrida experimental se liberaba un único insecto dentro de la cámara

principal del olfatómetro, de manera que cada ensayo evaluaba el comportamiento de un individuo de forma independiente, evitando que la presencia de otros insectos influyera en los resultados. Las oviposiciones encontradas en los sustratos (Figura 2B), fueron registradas y recolectadas fuera del sustrato.

Evaluación de la preferencia de atracción mediante olfatometría. Los sustratos elegidos (lechuga, leche y ácido acético) fueron seleccionados por los compuestos volátiles específicos que emiten y que podrían influir en el comportamiento de oviposición de *H. illucens*. La lechuga en descomposición libera volátiles como aldehídos y alcoholes, que son señales comunes en residuos vegetales (Fehsenfeld *et al.*, 1992; Dryahina *et al.*, 2020). Por su parte, la leche durante su degradación produce compuestos como ácidos grasos volátiles, aminas y sulfatos, típicos de residuos animales en descomposición (Fernández, 2019). Finalmente, el ácido acético se incluyó como sustrato de referencia por ser un compuesto volátil asociado a procesos fermentativos y comúnmente presente en ambientes con alta carga de materia orgánica. La fermentación de la lechuga y de la leche se efectuaron en un medio anaerobio, como se describe a continuación. En una botella plástica de 3 litros se agregaron 2 litros de leche, y en el caso de lechuga se agregó 1 kg de lechuga con 1 litro de agua se dejó fermentar durante 5 días; para el ácido acético, se empleó un producto comercial sabor a manzana. Se realizaron pruebas apareadas entre cada uno de estos sustratos frente al control negativo, empleando 150 g de cada fermento. Para cada prueba se realizaron 150 réplicas, evaluando 75 machos y 75 hembras en proporción 1:1, con el propósito de determinar la preferencia de los adultos por cada sustrato en comparación con el control negativo (cámara vacía). La inclusión de ambos sexos se fundamentó en que, bajo condiciones de cría, la convergencia de machos y hembras hacia un sustrato atractivo puede facilitar los encuentros reproductivos, dado que los machos de *H. illucens* establecen zonas de agregación (*leks*) cerca de los sustratos donde las hembras ovipositan (Tomberlin y Sheppard, 2001; Julita *et al.*, 2020). En caso de que no se observara respuesta, avance de la mosca de 20 centímetros desde la liberación en un tiempo de 20 minutos, la réplica se marcó como “no respuesta”. Después de cada prueba el

olfatómetro era lavado con un jabón neutro para evitar que quedaran trazas de alguno de los

fermentos y continuar con la prueba de olfatometría.

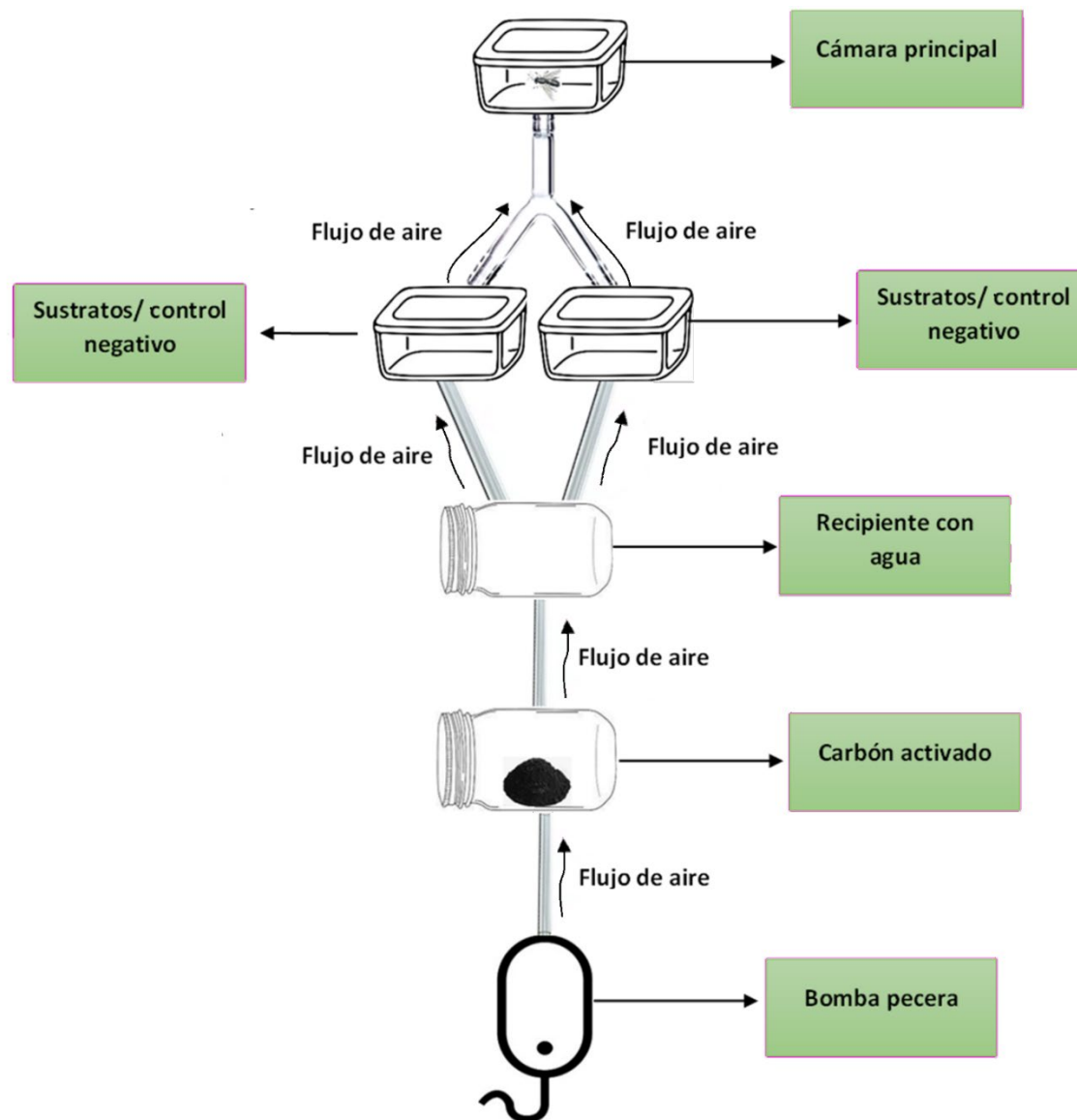


Figura 1. Esquema de funcionamiento del olfatómetro en “Y” para doble elección. En la figura, ambas cámaras se identifican como “sustrato/control negativo” indicando que la posición del sustrato y el testigo se aleatoriza en cada oportunidad para evitar sesgos posicionales.

Análisis de datos. Para el análisis estadístico se consideraron únicamente los individuos que realizaron una elección en el olfatómetro, es decir, aquellos que se dirigieron hacia el brazo del sustrato o del control dentro del tiempo de evaluación; los insectos que no mostraron desplazamiento suficiente para seleccionar alguna

de las dos opciones fueron clasificados como “no respuesta” y excluidos del análisis. Para determinar si hubo una asociación en la preferencia de atracción y los diferentes sustratos, se realizó una prueba de chi-cuadrado (χ^2). Los datos fueron registrados en una tabla de contingencia, y se calculó el valor de chi-cuadrado para evaluar la

significancia estadística, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ ($p \leq 0,05$), bajo la hipótesis nula, que establece que no hay preferencia

entre los sustratos frente al testigo. Los análisis estadísticos se llevaron a cabo en el programa PAST versión 5.02 (Hammer *et al.* 2001).



Figura 2. Mosca Soldado Negro, *Hermetia illucens*. A, Adulto; B, Oviposición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Preferencia de atracción. El mayor porcentaje de individuos que realizaron una elección en los experimentos se presentó para la comparación con el ácido acético (91 %); ambas comparaciones con leche y fermento de lechuga mostraron un porcentaje de respuesta positiva del 86 %. La respuesta de elección de *H. illucens* varió entre los sustratos evaluados. Tanto la lechuga fermentada como el ácido acético exhibieron una asociación

significativa a favor del atrayente frente al control, mientras que la leche fermentada no evidenció una preferencia significativa. De manera consistente, la Figura 3 muestra que la proporción de individuos que se dirigió hacia la lechuga fermentada (64,3 %) y el ácido acético (69,1 %) fue superior a la registrada para sus respectivos controles, mientras que en la comparación con leche fermentada la distribución de respuestas fue más equilibrada (55 vs. 45 %). El detalle de las frecuencias de elección y de los resultados de la prueba de Chi-cuadrado se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Preferencia de elección de adultos de *Hermetia illucens* frente a tres sustratos evaluados mediante olfatometría de doble elección.

Sustrato evaluado	n	Atrayente (%)	Control (%)	χ^2	Valor de p
Lechuga fermentada	129	64,3	35,7	18,5	0,0011233
Ácido acético	136	69,1	30,9	19,882	8,24E-06
Leche fermentada	129	55	45	1,3101	0,25238

n corresponde al número de individuos que realizaron una elección en el olfatómetro. Los porcentajes indican la proporción de insectos que se dirigieron al atrayente o al control en cada comparación. La significancia estadística se evaluó mediante una prueba de chi-cuadrado ($\alpha = 0,05$).

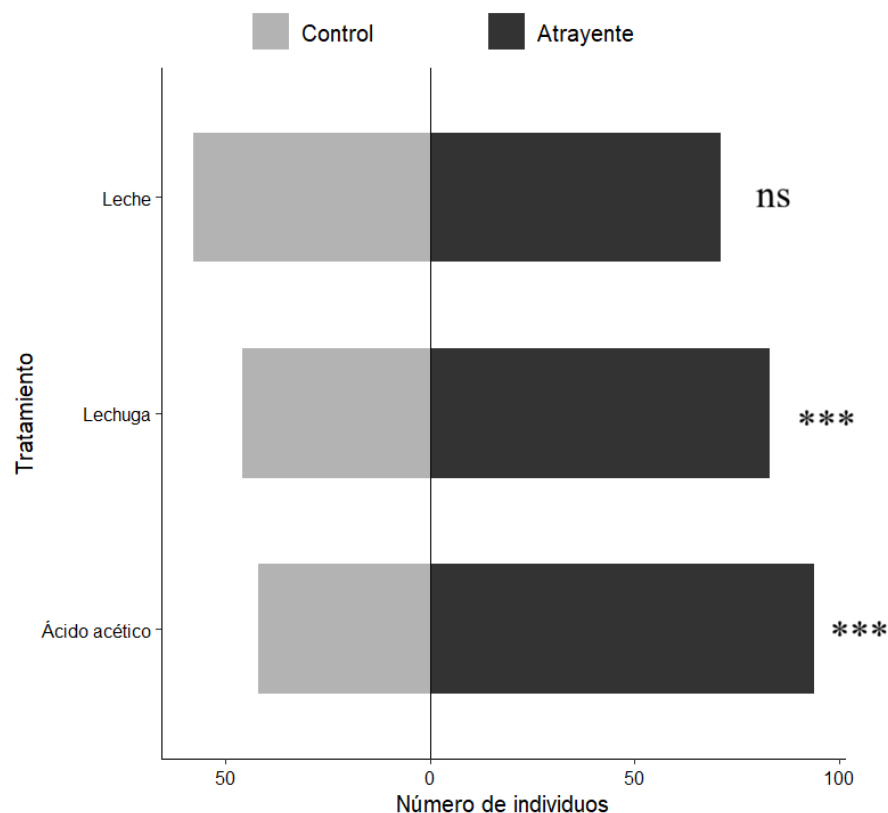


Figura 3. Respuesta de los individuos adultos de mosca soldado negro (BSF) *Hermetia illucens* a tres sustratos atrayentes evaluados en un olfatómetro en “Y”. Las barras hacia la derecha indican el número de individuos que se dirigieron al atrayente, mientras que las barras hacia la izquierda corresponden al número de individuos que se dirigieron al control. El asterisco (*) indica el nivel de significancia de la comparación pareada.

Los resultados de este estudio, usando olfatometría de doble elección, muestran preferencias olfativas de *H. illucens* hacia los sustratos basados en lechuga y ácido acético. El hallazgo más notable es la fuerte atracción ejercida por el ácido acético, con un 69,1 % de preferencia frente al control. Esto sugiere que este compuesto podría ser un componente clave en las señales olfativas que guían el comportamiento de oviposición de *H. illucens*, lo cual podría aprovecharse para mejorar la eficiencia en los sistemas de producción. Este resultado concuerda con investigaciones que han destacado la importancia de los compuestos volátiles en la atracción de insectos (Beskin *et al.*, 2018).

Por su parte, la atracción significativa hacia el fermento de lechuga (64,3 % de preferencia) respalda la idea de que los sustratos vegetales en

descomposición son también atractivos para las hembras grávidas de *H. illucens*. Este hallazgo coincide con estudios que han demostrado la eficacia de diversos residuos orgánicos vegetales en la atracción de esta especie (Nguyen *et al.*, 2015). La preferencia por sustratos vegetales fermentados podría tener aplicaciones prácticas en el diseño de sistemas de bioconversión de residuos, particularmente en entornos urbanos o en la industria alimentaria, donde los residuos vegetales son abundantes.

Curiosamente, la falta de atracción significativa hacia la leche (55,0 % de preferencia) contrasta con la expectativa de que los sustratos ricos en proteínas serían altamente atractivos. Este resultado sugiere que la composición química específica y los compuestos volátiles asociados con la descomposición pueden ser más importantes que

el contenido de proteínas en la atracción de *H. illucens*. Se ha demostrado que la composición del sustrato influye no solo en la atracción, sino también en el desarrollo larval y la calidad nutricional de las larvas resultantes (Nyakeri *et al.*, 2017).

La metodología olfatométrica ha sido efectiva para evaluar las respuestas de *H. illucens* ante diferentes estímulos, aportando datos cuantitativos. Este enfoque coincide con el de Schlyter *et al.* (2000), quienes usaron un olfatómetro en Y para investigar respuestas olfativas de escarabajos de la corteza. La precisión de la olfatometría de doble elección permite cuantificar esta preferencia de manera robusta, proporcionando una base sólida para futuras aplicaciones prácticas. No obstante, es importante reconocer las limitaciones de este estudio. Aunque la olfatometría de doble elección proporciona datos cuantitativos valiosos, la evaluación se realizó con solo tres tipos de sustratos. Investigaciones futuras podrían expandir la gama de sustratos evaluados y examinar cómo estos factores de atracción se traducen en comportamientos de oviposición en condiciones más realistas. Además, sería valioso explorar cómo las variaciones en las condiciones ambientales, como la temperatura y la humedad, pueden interactuar con las preferencias olfativas, debido a que estos factores han demostrado influir en el comportamiento de oviposición de *H. illucens* (Diener *et al.*, 2009). Finalmente, si bien en este estudio se evaluaron machos y hembras de manera conjunta, considerando que la atracción de ambos sexos hacia un sustrato específico puede favorecer los encuentros de cópula en los sitios de oviposición (Tomberlin y Sheppard, 2001; Julita *et al.*, 2020), para futuros estudios se recomienda incluir un análisis diferenciado por sexo que permita determinar si existen respuestas olfativas diferenciales entre machos y hembras, dado que estas últimas son las que seleccionan directamente el sitio de oviposición.

CONCLUSIONES

Se evidenció que *H. illucens* muestra una preferencia significativa por los sustratos de fermento de lechuga y ácido acético en comparación con el control. La alta atracción hacia el ácido acético (69,1 %) sugiere que este

compuesto puede desempeñar un papel crucial en la señalización olfativa para la oviposición, lo que podría mejorar los sistemas de cría artificial. Asimismo, el fermento de lechuga (64,3 % de preferencia) refuerza la idea de que los sustratos vegetales descompuestos son atractivos para esta especie. Por su parte, la falta de una preferencia significativa hacia la leche (47.3 %) indicó que el contenido proteico no es el principal determinante de la atracción, lo que resalta la importancia de los compuestos volátiles. Estos hallazgos proporcionan información valiosa para futuras aplicaciones en preferencia de oviposición, incluyendo la posibilidad de utilizar sustratos atractivos para concentrar a ambos sexos y favorecer los encuentros reproductivos; además, sugieren la necesidad de explorar más sustratos y condiciones ambientales que puedan influir en este comportamiento.

LITERATURA CITADA

1. Adjavon, F.J., X. Li, B. Hu, L. Dong, H. Zeng, C. Li y W. Hu. 2021. Adult house fly (Diptera: Muscidae) response to black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) associated substrates and potential volatile organic compounds identification. *Environmental Entomology* 50(5): 1037-1044.
2. Amrul, N.F., I. Kabir Ahmad, N.E. Ahmad Basri, F. Suja, N.A. Abdul Jalil y N.A. Azman. 2022. A review of organic waste treatment using black soldier fly (*Hermetia illucens*). *Sustainability* 14(8): 4565.
3. Bakchine, E., M.H. Pham-Delegue, L. Kaiser y C. Masson. 1990. Computer analysis of the exploratory behavior of insects and mites in an olfactometer. *Physiology and Behavior* 48(1): 183-187.
4. Bava, L., C. Jucker, G. Gislon, D. Lupi, S. Savoldelli, M. Zucali y S. Colombini. 2019. Rearing of *Hermetia illucens* on different organic by-products: Influence on growth, waste reduction, and environmental impact. *Animals* 9(6): 289.
5. Braccini, C.L., A.S. Vega, M.V. Coll Aráoz, P.E. Teal, T. Cerrillo, J.A. Zavala y P.C. Fernandez. 2015. Both volatiles and cuticular plant compounds determine oviposition of the willow sawfly *Nematus oligospilus* on leaves

- of *Salix* spp. (Salicaceae). *Journal of Chemical Ecology* 41(11): 985-996.
6. Beskin, K.V., C.D. Holcomb, J.A. Cammack, T.L. Crippen, A.H. Knap, S.T. Sweet y J.K. Tomberlin. 2018. Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associated volatile emissions. *Waste Management* 74: 213-220.
 7. Booth, D.C. y C. Sheppard. 1984. Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing, and site characteristics. *Environmental Entomology* 13(2): 421-423.
 8. Chia, S.Y., C.M. Tanga, I.M. Osuga, X. Cheseto, S. Ekesi, M. Dicke y J.J. van Loon. 2020. Nutritional composition of black soldier fly larvae feeding on agro-industrial by-products. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 168(6-7): 472-481.
 9. Diener, S., C. Zurbrugg y K. Tockner. 2009. Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research* 27(6): 603-610.
 10. Dryahina, K., S. Som, D. Smith y P. Španěl. 2020. Characterization of spoilage-related volatile organic compounds in packaged leaf salads. *Flavour and Fragrance Journal* 35(1): 24-33.
 11. Fehsenfeld, F., J. Calvert, R. Fall, P. Goldan, A.B. Guenther, C.N. Hewitt *et al* 1992. Emissions of volatile organic compounds from vegetation and the implications for atmospheric chemistry. *Global Biogeochemical Cycles* 6(4): 389-430.
 12. Fernández Bayón, P. 2019. Caracterización fenotípica de tres cepas de bacterias ácido-lácticas aisladas de un consorcio presente en una leche fermentada natural. Universidad de León, CSIC-Instituto de Productos Lácteos de Asturias (IPLA). España.
 13. Hammer, Ø., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electrónica* 4(1): 9 pp.
 14. Hettiarachchi, H., J.N. Meegoda y S. Ryu. 2018. Organic waste buyback as a viable method to enhance sustainable municipal solid waste management in developing countries. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 15(11): 2483.
 15. Holdridge, L.R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center, San José, Costa Rica.
 16. Jacobi, V.G., P.C. Fernandez, L.G. Barriga, M. Almeida-Trapp, A. Mithöfer y J.A. Zavala. 2021. Plant volatiles guide the new pest *Dichelops furcatus* to feed on corn seedlings. *Pest Management Science* 77(5): 2444-2453.
 17. Julita, U., L.L. Fitri, R.E. Putra y A.D. Permana. 2020. Mating success and reproductive behavior of black soldier fly *Hermetia illucens* L. (Diptera, Stratiomyidae) in tropics. *Journal of Entomology* 17(3): 117-127.
 18. Klüber, P., E. Arous, J. Jerschow, M. Fraatz, D. Bakonyi, M. Rühl and H. Zorn. 2024. Fatty acids derived from oviposition systems guide female black soldier flies (*Hermetia illucens*) toward egg deposition sites. *Insect Science* 31(4): 1231-1248.
 19. Laksanawimol, P., S. Singa and A. Thancharoen. 2023. Behavioral responses of different reproductive statuses and sexes in *H. illucens* (L) adults to different attractants. *PeerJ* 11: e15701.
 20. Magee, K., J. Halstead, R. Small y I. Young. 2021. Valorisation of organic waste by-products using black soldier fly (*Hermetia illucens*) as a bio-convertor. *Sustainability* 13(15): 8345.
 21. Newton, G.L., C.V. Booram, R.W. Barker y O.M. Hale. 1977. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *Journal of Animal Science* 44(3): 395-400.
 22. Nguyen, T.T., J.K. Tomberlin y S. Vanlaerhoven. 2015. Ability of black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) larvae to recycle food waste. *Environmental Entomology* 44(2): 406-410.
 23. Nyakeri, E.M., H.J. Ogola, F.A. Amimo y M.A. Ayieko. 2017. Comparison of the performance of different baiting attractants in the egg laying activity of the black soldier fly (*Hermetia illucens* L.). *Journal of Entomology and Zoology Studies* 5(6): 1583-1586.
 24. Parodi, A., I.J. De Boer, W.J. Gerrits, J.J. Van Loon, M.J. Heetkamp, J. Van Schelt *et al* 2020. Bioconversion efficiencies, greenhouse gas

- and ammonia emissions during black soldier fly rearing-A mass balance approach. *Journal of Cleaner Production* 271: 122488.
25. Rehman, K.U., C. Hollah, K. Wiesotzki, R.U. Rehman, A.U. Rehman, J. Zhang *et al.* 2023. Black soldier fly, *Hermetia illucens* as a potential innovative and environmentally friendly tool for organic waste management: A mini-review. *Waste Management & Research* 41(1): 81-97.
 26. Salam, M., F. Alam, S. Dezhi, G. Nabi, A. Shahzadi, S.U. Hassan *et al.* 2021. Exploring the role of Black Soldier Fly Larva technology for sustainable management of municipal solid waste in developing countries. *Environmental Technology & Innovation* 24: 101934.
 27. Schlyter, F., Q.H. Zhang, P. Anderson, J.A. Byers, L.J. Wadhams, J. Löfqvist y G. Birgersson. 2000. Electrophysiological and behavioural responses of *Tomicus piniperda* and *Tomicus minor* (Coleoptera: Scolytidae) to non-host leaf and bark volatiles. *The Canadian Entomologist* 132(6): 965-981.
 28. Siddiqui, S.A., B. Ristow, T. Rahayu, N.S. Putra, N.W. Yuwono, B. Mategeko *et al.* 2022. Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Management* 140: 1-13.
 29. Surendra, K.C., R. Olivier, J.K. Tomberlin, R. Jha y S.K. Khanal. 2016. Bioconversion of organic wastes into biodiesel and animal feed via insect farming. *Renewable Energy* 98: 197-202.
 30. Tomberlin, J.K. y D.C. Sheppard. 2001. Lekking behavior of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Florida Entomologist* 84(4): 729-730.
 31. UNEP (United Nations Environment Programme). 2024. Solid Waste Management. *In: Resource Efficiency*. UNEP. <https://n9.cl/hlr03> (retrieved October, 2024).
 32. World Bank. 2012. What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Urban Development Series Knowledge Papers. Urban Development & Local Government Unit, World Bank. Washington, DC, USA.
 33. Zim, J., H. Chkih, R. Bouharroud, M. Sarehane y P. Lhomme. 2023. Effect of various odour attractants on egg-laying activity of black soldier flies (*Hermetia illucens*). *Journal of Insects as Food and Feed* 9(11): 1461-1472.

