

Insectos con potencial en el reciclaje de basura orgánica en Panamá

Insects with potential in the recycling of organic waste in Panama

Randy Atencio-Valdespino¹, Abby Guerra-Moreno², Pablo Montero-Prado³

¹ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa, Panamá;
randy.atencio@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

² Compañía Azucarera La Estrella S.A. (CALESA), Laboratorio de Biotecnología, Panamá;
abby.guerra@grupocalesa.com; <https://orcid.org/0000-0001-8854-5926>

³ Universidad Tecnológica de Panamá, Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica, Panamá;
pablo.montero@utp.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0002-1471-2741>

Fecha de recepción: 26 de agosto de 2023

Fecha de aceptación: 1 de noviembre de 2023

DOI <https://doi.org/10.48204/j.vian.v7n2.a4565>

Resumen: La generación de basura en Panamá, incluidos los desechos orgánicos, representa un grave impacto sobre la sanidad pública, sin dejar de lado las considerables afectaciones medioambientales. Esta problemática requiere la realización de ingentes esfuerzos para contrarrestar los efectos nocivos causados. Actualmente, se llevan a cabo diferentes alternativas convencionales para la reducción y eliminación de los diferentes materiales contaminantes, especialmente sobre la utilización de desperdicios orgánicos. El objetivo de este artículo fue identificar las principales especies de insectos con potencial para ser utilizados en el reciclaje de residuos orgánicos en Panamá. Se realizó una compilación de documentación dentro de los motores de búsquedas asociados a la temática en documentación publicada de 1992 a 2023 en idioma español e inglés. A partir de dicha información se estableció un listado de las 20 principales especies de insectos que pueden contribuir al reciclaje de basura orgánica a nivel mundial. De estos insectos, existen dos especies que tienen mayor potencial de ser multiplicadas en Panamá que incluyen la mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L. [Diptera: Stratiomyidae]) y el gusano de la harina (*Tenebrio molitor* L. [Coleoptera: Tenebrionidae]). La utilización de estos insectos puede contribuir a nivel nacional en el procesamiento y respectivo reciclaje de basura orgánica proveniente de restaurantes, residencias, mercados públicos y de cosechas con el fin de transformarlas en fertilizante orgánico y proteína para consumo humano o animal.

Palabras clave: basura orgánica, fertilizante orgánico, insectos, proteína, reciclaje.

Abstract: The generation of garbage in Panama, including organic waste, represents a serious impact on public health, without neglecting the considerable environmental effects. This problem requires the realization of enormous efforts to counteract the harmful effects caused. Currently, different conventional alternatives are carried out for the reduction and elimination of the different polluting materials, especially on the use of organic waste. The objective of this article was to identify the main insect species with the potential to be used in the recycling of organic waste in Panama. A compilation of documentation was carried out within the search engines associated with the topic in documentation published from 1992 to 2023 in Spanish and English. Based on this information, a list of the 20 main insect species that can contribute to the recycling of organic waste worldwide was established. Of these insects, there are two that have the greatest potential to be multiplied in Panama, which include the black soldier fly (*Hermetia illucens* L. [Diptera: Stratiomyidae]) and

the worm flour (*Tenebrio molitor* L. [Coleoptera: Tenebrionidae]). The use of these insects can contribute at a national level to the processing and recycling of organic waste from restaurants, residences, public markets, and crops in order to transform them into organic fertilizer and protein for human or animal consumption.

Keywords: Insectos, organics fertilizer, organic waste, protein, recycling.

1. Introducción

Actualmente, a nivel mundial, se generan considerables cantidades de residuos sólidos urbanos. Se estima que para el año 2050, se producirán aproximadamente 3.4 billones de toneladas métricas de desechos (Statista, 2023). Esta generación desmedida de basura contribuye en un aumento significativo y descontrolado de la contaminación ambiental, impactando al cambio climático, desarrollo de los ecosistemas y finalmente, en la salud de la población. Panamá, no escapa de esta problemática, partiendo del hecho que la basura es todo lo que se descarta luego de haber cumplido su función y que se necesita ser eliminada; pero la misma podría ser aprovechada (Galway et al., 2006).

Se estima que en Panamá se generan 4,372.72 t/día de desechos, de los cuales el 57.8% (2,527.43 t/día) son recolectados para ser trasladados a los 60 vertederos y 2 rellenos habilitados actualmente en los 81 municipios del país. El resto, que constituye aproximadamente 1,845.29 t/día no disponen de manera adecuada, terminando en terrenos baldíos, ríos, quebradas y finalmente, llegan al mar, constituyendo un serio problema medioambiental y para la salud pública en Panamá (Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá, 2021).

La basura es inicialmente clasificada como inorgánica, orgánica y desechos peligrosos. Sin embargo, de forma más detallada, se estima que la basura generada en Panamá se divide principalmente en desechos orgánicos (45%), papeles (26%), plásticos (12%), vidrios (8%), metales (5%) y otros (4%), por lo que la búsqueda de alternativas para reciclar estos desechos y que no terminen en sistemas ecológicos de vida y en efectos directos sobre la salud humana, se vuelve más que fundamental (Galway et al., 2006).

En el caso de la materia orgánica, se hace imperativo la creación de un plan de gestión integral del manejo de estos a nivel municipal y provincial que integre tecnología, plantas de segregación (recuperación de materiales reciclables), logística, planes de educación y sensibilización (Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá, 2021).

Entre los grandes desafíos planteados debido al aumento de la población mundial, se incluye el manejo adecuado y reciclaje de los materiales de desecho, por el impacto ambiental y sobre la salud humana. Al mismo tiempo, se requiere considerar la gestión dentro de vertederos, clasificación de la basura, compostaje, entre otras técnicas de recuperación y degradación como el uso de insectos y otros organismos para la biodegradación de materiales orgánicos, herramienta que está adquiriendo relevancia en los últimos años (Adhikari et al., 2021).

Se estima que la producción agrícola e industrial de alimentos, generará entre 145 y 602 gigatoneladas de desechos orgánicos al año para el año 2030, lo que supone para una población de 359.4 millones un promedio de 4.5 kg por día por persona (Fowles y Nansen, 2019).

Estos desechos orgánicos incluyen tallos, hojas, cáscaras, semillas, pieles, pulpas, migajas, aceites desechados, maderas, fibras, entre otros que se eliminan en vertederos y otros que se transforman en contaminantes ambientales que generan emisiones de gases de efecto invernadero (Fowles y Nansen, 2019).

En la búsqueda por resolver las problemáticas provenientes de los desechos orgánicos, se han utilizado múltiples técnicas para la bioconversión de estos, siendo las técnicas que utilizan insectos, para el procesamiento de los residuos generados, una de las más importantes y destacadas (Fowles y Nansen, 2019).

La bioconversión de los desechos orgánicos basada en insectos involucra la descomposición controlada de desperdicios orgánicos, biomasa de insectos, excrementos, exoesqueletos de muda y secciones de insectos muertos (Fowles y Nansen, 2020).

Entre las características ideales adaptables a un modelo de negocio sostenible que deben presentar los insectos con potencialidad de bioconversión destacan la polífaga, adaptabilidad, alta tasa de consumo, rápido desarrollo, alta fecundidad, facilidad para la manipulación, tolerancia al calor, alto valor nutricional, capacidad para secuestrar toxinas y consumir lignina (Fowles y Nansen, 2019; Fowles y Nansen, 2020).

La utilización de insectos dentro de un plan de economía circular aplicado a la conversión de la basura brindaría la posibilidad de generar un valor añadido a partir de los desechos orgánicos (Lalander y Vinnerås, 2022).

Desde hace más de 100 años las larvas de moscas (Diptera) de especies tales como la mosca doméstica (*Musca domestica* L.) y la mosca soldado negra (*Hermetia illucens* L.) se han utilizado a nivel de laboratorio y campo para la biodegradación de desechos orgánicos tales como estiércol, lodos fecales, desechos municipales, restos de comida, desechos orgánicos de restaurantes y mercados (Čičková et al., 2015). El objetivo de este artículo fue identificar las principales especies de insectos con potencial para ser utilizados en el reciclaje de residuos orgánicos en Panamá.

2. Materiales y métodos

Este estudio es una investigación de nivel exploratorio, de enfoque cualitativo y utiliza la técnica de investigación documental y análisis descriptivo para la redacción del documento.

Para ejecutar el estudio se utilizó como criterio de exclusión que la información tratará sobre insectos asociados al reciclaje de basura orgánica, estableciendo como parámetros para seleccionar los artículos la relevancia a la temática y año de publicación dentro del intervalo de tiempo de 1992 a 2023.

La información publicada en español e inglés dentro del motor de búsqueda de Google Scholar y las bases de datos de referencias bibliográficas Web of Science y Scopus. De los 320 primeros artículos generados asociados directamente a la temática, fueron seleccionadas 35 referencias bibliográficas para el presente estudio.

3. Resultados

A partir de la revisión realizada, se determinó las 20 especies más importantes de insectos con potencial para reciclar basura orgánica a nivel mundial (Tabla 1).

Se determinaron cuatro órdenes que presentan la mayor diversidad de especies asociadas a la descomposición y posterior reciclaje de basura orgánica que incluyen Orthoptera (9), Diptera (8), Coleoptera (2) y Lepidoptera (1) (Figura 1).

Se determinaron 13 familias que representan la mayor diversidad de especies reportadas asociadas a la descomposición y posterior reciclaje de basura orgánica que incluyen principalmente Acrididae (Orthoptera) (3), Gryllidae (Orthoptera) (3), Muscidae (Diptera) (3) y Tenebrionidae (Coleoptera) (2) (Figura 2).

Todas estas especies están asociadas a la descomposición y procesamiento de basura orgánica proveniente de desechos de restaurantes, residenciales, agricultura y la industria para transformarla en biomasa destinada a diversos usos que incluyen proteína para uso humano y animal, así como la generación de fertilizantes orgánicos (Tabla 1).

Tabla 1*Ejemplos de insectos con potencial de ser utilizados en el procesamiento de basura*

Nombre científico	Nombre común	Basura orgánica para procesar	Productos obtenidos	País de uso	Referencias
<i>Acheta domestica</i> (L.) (Orthoptera: Gryllidae)	Grillo	Subproductos de consumo local (Desechos de alimentación)	Biomasa	Indonesia, Hungría	Fuah et al., 2015; Harsányi et al., 2020
<i>Acrida cinerea</i> (Thunberg) (Orthoptera: Acrididae)	Saltamontes chino	Biomasa de plantas	Biomasa	China	Wang et al., 2007
<i>Cydia pomonella</i> L.(Lepidoptera: Tortricidae)	Polilla del manzano	Lodos de aguas residuales de almidón y queso	Biomasa	Canadá	Fowles y Nansen, 2019
<i>Desmometopa</i> sp, (Diptera: Milichiidae)	Mosca	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010.
<i>Drosophila</i> sp. (Diptera: Drosophilidae)	Moscas de la fruta	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Fannia canicularis</i> (L.) (Diptera: Fanniidae)	Mosca doméstica menor	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Gryllus testaceus</i> Walker (Orthoptera: Gryllidae)	Grillo	Biomasa de plantas	Biomasa	China	Wang et al., 2004; Adhikari et al., 2021
<i>Hermetia illucens</i> L.(Diptera: Stratiomyidae)	Mosca soldado negra	Residuos de comida de restaurante, residuos vegetales como granos, tubérculos, musáceas, frutas (cáscaras y pulpas), así como rastrojos de cosecha (tallos, hojas, etc.) de cultivos varios.	Biomasa	China, Gana, Indonesia, El Salvador, Canadá, Estados Unidos de América, Suiza	Čičková et al., 2015; Fowles y Nansen, 2019; Peguero et al., 2022
<i>Musca domestica</i> L. (Diptera: Muscidae)	Mosca doméstica	Residuos de comida de restaurante, residuos de vegetales y de cosecha	Biomasa	China	Čičková et al., 2015; Fowles y Nansen, 2019
<i>Ophyra aenescens</i> (Wiedemann) (Diptera: Muscidae)	Mosca negra	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Ornidia obesa</i> (F.) (Diptera; Syrphidae)	Mosca joya verde	Materia orgánica en descomposición	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Oxya fuscovittata</i> (Marschall) (Orthoptera: Acrididae)	Saltamontes	Biomasa de plantas	Biomasa	India	Haldar et al., 1999
<i>Oxya hyla hyla</i> Serville (Orthoptera: Acrididae)	Saltamontes de cuernos cortos	Residuos de cultivos y plantas silvestres, además de subproductos de frutales e industria alimenticia	Biomasa	India	Gosh et al., 2016
<i>Ruspolia differens</i> (Serville) (Orthoptera: Tettigoniidae)	saltamontes de cuernos largos	Biomasa de plantas	Biomasa	Uganda	Ssepuyya et al., 2019; Adhikari et al., 2021
<i>Schistocerca gregaria</i> Forsskål (Orthoptera: Acrididae)	Langosta del desierto	Biomasa de plantas	Biomasa	Sudan	Mariod, 2020
<i>Stomoxys calcitrans</i> (L.) (Diptera: Muscidae)	Mosca de los establos	Materia orgánica en descomposición – Estiércol de animales de cría	Biomasa	Colombia	Morales y Wolff, 2010
<i>Teleogryllus mitratus</i> (Burmeister) (Orthoptera: Gryllidae)	Grillo	Malezas y subproductos de la industria alimenticia	Biomasa	Camboya	Miech et al., 2016
<i>Teleogryllus testaceus</i> (Walker) (Orthoptera: Gryllidae)	Grillos de campo camboyanos	Residuos de materia orgánica vegetal	Biomasa	Camboya	Fowles y Nansen, 2019
<i>Tenebrio molitor</i> L. (Coleoptera: Tenebrionidae)	Gusano de la harina	Residuos de materia orgánica vegetal	Biomasa	China	Fowles y Nansen, 2019; Harsányi et al., 2020
<i>Zophobas morio</i> F. (Coleoptera: Tenebrionidae)	Zofobas	Biomasa de plantas y estiércol	Biomasa	Grecia y Hungría	Harsányi et al., 2020; Rumbos y Athanassiou, 2021.

Figura 1

Cantidad de especies de insectos por orden con potencial de ser utilizados en el procesamiento de basura

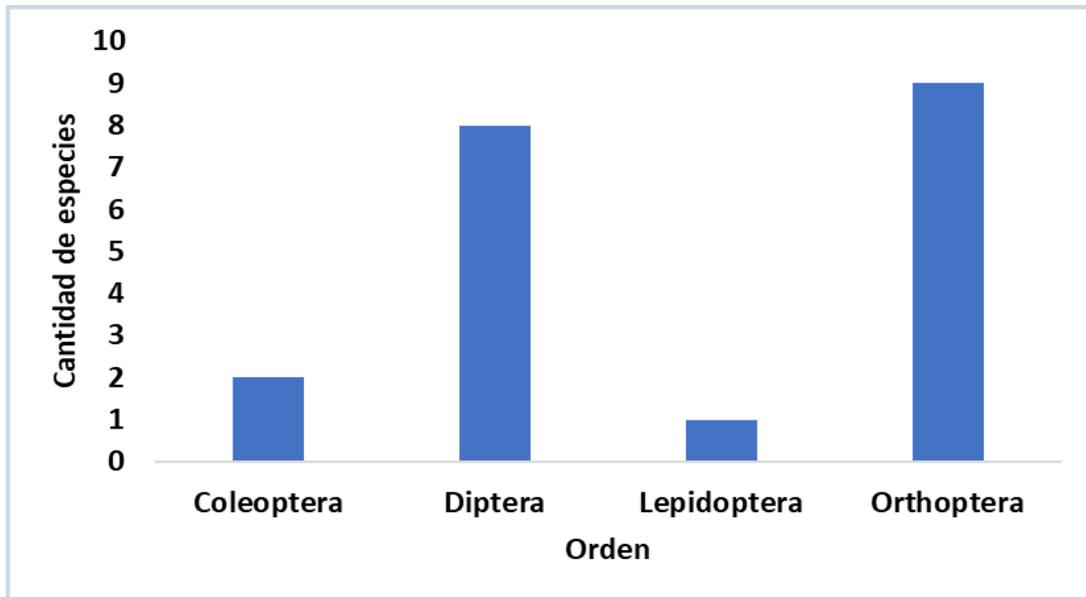
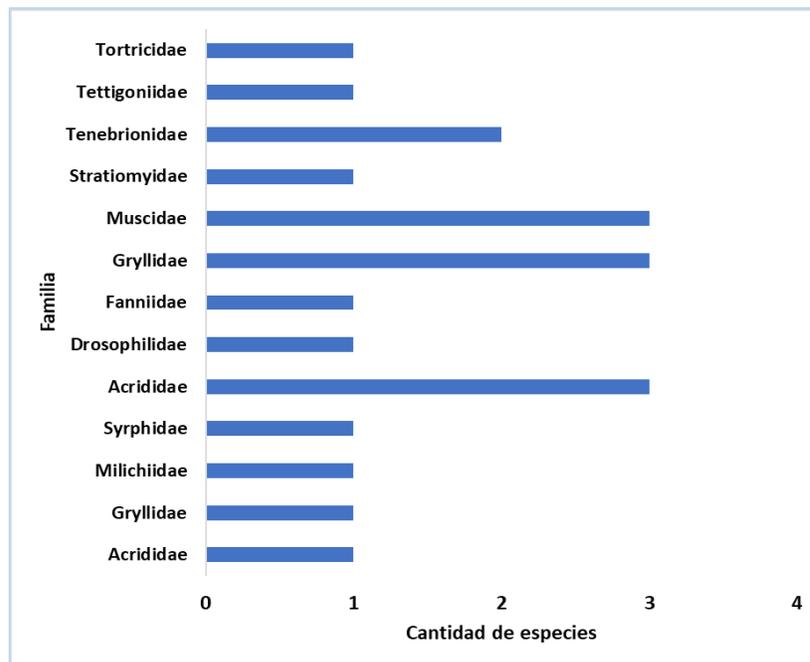


Figura 2

Cantidad de especies de insectos por familia con potencial de ser utilizados en el procesamiento de basura



4. Discusión

En Panamá existe una gran biodiversidad de especies dentro de los órdenes Coleóptera, Diptera, Lepidoptera y Orthoptera (Quintero y Aiello, 1992), órdenes que para el presente estudio presentaron una mayor frecuencia de especies con potencial para procesar basura orgánica.

Diversas especies de estos órdenes bajo condiciones controladas y de estricta bioseguridad, pueden ser utilizadas en investigaciones básicas para el procesamiento de basura orgánica como es el caso de *Abracris dilecta* Walker (Orthoptera: Acrididae) (Atencio-Valdespino et al., 2021) y el uso de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae), (Atencio et al., 2020) para la biodegradación de plásticos (Zhu et al., 2021).

Las 20 especies de insectos previamente indicadas tienen como características el potencial de procesar desechos orgánicos considerando características tales como su flexibilidad para criar, conversión alimenticia eficiente y estudios documentados a nivel mundial como agentes para el procesamiento de basura orgánica, como el caso de la mosca soldado negra (*H. illucens*) y el gusano de la harina (*T. molitor*) (Adhikari et al., 2021) que son especies que pertenecen a la entomofauna nativa de Panamá (Molinar, 2022; Smithsonian Tropical Research Institute, 2023).

En el caso de estas dos especies se reporta una conversión promedio de 1.5 kg de residuos orgánicos ingeridos por kilogramo de insecto producido de *T. molitor* (Protiberia, 2023) y una biomasa de rendimiento de 800 gramos larvarios de *H. illucens* a partir de 4 kg de desecho orgánico (Della, 2022), está última producida en Panamá dentro de la Finca Agrícola Chispita en la provincia de Coclé (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, 2023).

Estas dos especies de insectos tienen potencial en Panamá para ser utilizadas como bioconvertidores de la basura orgánica proveniente de hogares y restaurantes; residuos municipales; residuos de la jardinería; residuos de establecimientos pecuarios; residuos industriales del procesamiento de arroz, caña de azúcar, café, maíz y la elaboración de cerveza (Newton et al., 2005; Diener et al., 2011; Ravzanaadii et al., 2012; Dreassi et al., 2017; Uushona et al., 2019; Zhang et al., 2019; Miranda et al., 2020; Adhikari et al., 2021).

En los próximos años, los insectos jugarán un papel preponderante en el flujo de nutrientes provenientes de reciclaje de residuos de mercados públicos y vertederos que acumulan miles de toneladas de basura orgánica (Lalander y Vinnerås, 2022).

En Panamá, las iniciativas de uso de los insectos para la bioconversión, como las ya existentes, pueden ser financiadas por capital gubernamental y privado, con el fin de divulgar y promover el uso de especies que cumplan con las características necesarias para ser utilizadas como bioconvertidores como ocurre en las regiones de América del Norte, Asia y Europa (Fowles y Nansen, 2019; Mariod, 2020).

La implementación de dichas iniciativas requiere la utilización y desarrollo de innovaciones tecnológicas, amigables con el ambiente y sostenibles para la cría masiva de las especies seleccionadas para dicho fin, lo que involucraría el trabajo de equipos interdisciplinarios de universidades, institutos de investigación, empresas privadas e interesados en producir dichos insectos (Adhikari et al., 2021).

5. Conclusiones

El constante incremento de producción de basura orgánica en Panamá requiere considerar el uso de insectos que tengan potencial para dicho fin, dentro de las medidas de manejo y procesamiento.

Los órdenes de insectos con mayor potencial para ser utilizados en el procesamiento de basura orgánica incluyen Orthoptera, Diptera, Coleoptera y Lepidoptera, presentes en Panamá.

Dentro de estas especies de insectos destaca para su utilización en Panamá, la mosca soldado negra (*H. illucens*) que presenta una conversión promedio de 1.5 kg de residuos orgánicos ingeridos por kilogramo de insecto producido, cuya producción, por ejemplo, se ha logrado en la Finca Agrícola Chispita en la provincia de Coclé.

La promoción, financiamiento, emprendimiento e investigación básica y aplicada de insectos con potencial para ser utilizados para el procesamiento de basura orgánica son requeridos en Panamá.

Referencias Bibliográficas

- Adhikari, P., Aryal, N., Ghimire, A., & Khanal, P. (2021). Sustainable biowaste recycling using insects. In V. Tyagi & K. Aboudi (Eds.), *Clean energy and resources recovery* (p. 399-420). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85223-4.00007-5>
- Atencio V, R., Goebel, F. R., Guerra, A., y Lopéz, S. (2020). Uso de *Galleria mellonella* L. (Lep.: Pyralidae) como presa centinela para evaluar el impacto de enemigos naturales sobre *Diatraea tabernella* Dyar (Lep.: Crambidae) en caña de azúcar en Panamá. *Revista Colegiada De Ciencia*, 1(2), 31–44. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/revcolciencia/article/view/1347>
- Atencio-Valdespino, R., Zachrisson, B., Collantes-G., R., Lezcano-B., J., González-Dufau, G., y Barba-Alvarado, A. (2021). La familia Acrididae (Orthoptera: Acridoidea) y su impacto en la agricultura en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 32, 71-94. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/421>
- Autoridad de Aseo Urbano y Domiciliario de Panamá. (2021). Diagnóstico de los Vertederos a Nivel Nacional. <https://www.aud.gob.pa/index.asp?sec=Proyectos/Diagnostico&id=diagnostico>
- Čičková, H., Newton, G. L., Lacy, R. C., & Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste management (New York, N.Y.)*, 35, 68–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>
- Della Penna, A.A. (2022). Larvas de mosca soldado negra, proteínas y aceites de residuos orgánicos. Great Italian Food Trade. [https://www.greatitalianfoodtrade.it/es/innovazione/larve-di-mosca-soldato-nera-proteine-e-oli-dagli-scarti-organici/#:~:text=Con%20un%20rendimiento%20medio%20de,\) %20del%20desecho%20\(sustrato\)](https://www.greatitalianfoodtrade.it/es/innovazione/larve-di-mosca-soldato-nera-proteine-e-oli-dagli-scarti-organici/#:~:text=Con%20un%20rendimiento%20medio%20de,) %20del%20desecho%20(sustrato))
- Diener, S., Solano, N.M.S., Gutiérrez, F.R., Zurbrügg, C., & Tockner, K. (2011). Biological treatment of municipal organic waste using black soldier fly larvae. *Waste Biomass Valor*, 2, 357–363. <https://doi.org/10.1007/s12649-011-9079-1>
- Dreassi, E., Cito, A., Zanfini, A., Materozzi, L., Botta, M., & Francardi, V. (2017). Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Lipids*, 52(3), 285–294. <https://doi.org/10.1007/s11745-016-4220-3>
- Fowles, T.M., & Nansen, C. (2019). Artificial selection of insects to bioconvert pre-consumer organic wastes. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 39, 31. <https://d-nb.info/1195613199/34>

- Fowles, T.M., & Nansen, C. (2020). Insect-Based Bioconversion: Value from Food Waste. In NÄrvänen, E., Mesiranta, N., Mattila, M., Heikkinen, A. (eds), *Food Waste Management*. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20561-4_12
- Fuah, A.M., Caroline, H., Siregar, H., & Endrawati, Y.C. (2015). Cricket farming for animal protein as profitable business for small farmers in Indonesia. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 5, 296–304. <https://doi.org/10.17265/2161-6256/2015.04.008>
- Galway, L., Seckar, K., & Church, R. (2006). Manejo de Desechos. Universidad de McGill y Madres Maestras. <https://www.mcgill.ca/pfss/files/pfss/GenericWasteGuide2006.pdf>
- Ghosh, S., Haldar, P., & Mandal, D.K. (2016). Evaluation of nutrient quality of a short horned grasshopper, *Oxya hyla hyla* Serville (Orthoptera: Acrididae) in search of new protein source. *Journal of entomology and zoology studies*, 4, 193-197. <https://www.entomoljournal.com/archives/?year=2016&vol=4&issue=1&ArticleId=806>
- Haldar, P., Das, A., & Gupta, R.K. (1999). A laboratory based study on farming of an Indian grasshopper *Oxya fuscovittata* (Marschall) (Orthoptera: Acrididae). *Journal of Orthoptera Research*, 8, 93-97. <https://doi.org/10.2307/3503431>
- Harsányi, E., Juhász, C., Kovács, E., Huzsvai, L., Pintér, R., Fekete, G., Varga, Z.I., Aleksza, L., & Gyuricza, C. (2020). Evaluation of Organic Wastes as Substrates for Rearing *Zophobas morio*, *Tenebrio molitor*, and *Acheta domesticus* Larvae as Alternative Feed Supplements. *Insects*, 11, 9, 604. <https://doi.org/10.3390/insects11090604>
- Lalander, C., & Vinnerås, B. (2022). Actions needed before insects can contribute to a real closed-loop circular economy in the EU. *Journal of Insects as Food and Feed*, 8(4): 337-342. <https://www.ingentaconnect.com/content/wagac/jiff/2022/00000008/%20000000%2004/art00001?crawler=true&mimetype=application/pdf>
- Newton, L., Sheppard, C., Watson, D.W., Burtle, G., & Dove, R. (2005). Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Centre, North Carolina State University, Raleigh, NC. <https://p2infohouse.org/ref/37/36122.pdf>
- Mariod, A.A. (2020). Nutrient composition of desert locust (*Schistocerca gregaria*). In Mariod A.A. (Ed.). *African edible insects as alternative source of food, oil, protein and bioactive components*. pp. 257–263. Springer International Publishing. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-32952-5_18

- Miech, P., Berggren, Å., Lindberg, J.E., Chhay, T., Khieu, B., & Jansson, A. (2016). Growth and survival of reared Cambodian field crickets (*Teleogryllus testaceus*) fed weeds, agricultural and food industry by-products. *Journal of Insects as Food and Feed*, 2, 285–292. <https://doi.org/10.3920/JIFF2016.0028>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá. (2023). Finca Agrícola Chispita, un modelo de producción orgánica. <https://mida.gob.pa/finca-agricola-chispita-un-modelo-de-produccion-organica/>
- Miranda, C.D., Cammack, J.A., & Tomberlin, J.K. (2020). Life-history traits of house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), reared on three manure types. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6, 81–90. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0001>
- Morales, G.E., & Wolff, M. (2010). Insects associated with the composting process of solid urban waste separated at the source. *Revista Brasileira de Entomologia*, 54(4). <https://doi.org/10.1590/S0085-56262010000400017>
- Peguero, D.A., Gold, M, Vandeweyer, D., Zurbrügg, C., & Mathys, A. (2022) A Review of Pretreatment Methods to Improve Agri-Food Waste Bioconversion by Black Soldier Fly Larvae. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5:745894. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.745894>
- Protiberia. (2023). El valor del *Tenebrio molitor* como alternativa sostenible frente a las fuentes de proteína tradicionales. Cría de insectos. <https://protiberia.com/el-tenebrio-como-alternativa-a-las-fuentes-de-proteina-tradicionales/>
- Quintero, D., & Aiello, A. (1992). *Insects of Panama and Mesoamerica—Selected Studies*. Oxford University Press, New York.
- Ravzanaadii, N., Kim, S-H., Choi, H., Hong, S-J., & Kim, N.J. (2012). Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. *International Journal of Industrial Entomology*, 25, 93–98. <https://doi.org/10.7852/ijie.2012.25.1.093>
- Rumbos, C.I., & Athanassiou, C.G. (2021). The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera:Tenebrionidae): A ‘Sleeping Giant’ in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science*, 21. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab014>
- Smithsonian Tropical Research Institute. (2023). Search Taxon. iNaturalist-Animals-Panama. <https://stricollections.org/stri/collections/list.php?db=18&taxontype=2&reset=1&taxa=Musca>

- Ssepuyua, G., Smets, R., Nakimbugwe, D., Van Der Borght, M., & Claes, J. (2019). Nutrient composition of the long-horned grasshopper *Ruspolia differens* Serville: Effect of swarming season and sourcing geographical area. *Food chemistry*, 301, 125305. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125305>
- Statista. (2023). Topic: Waste generation worldwide. Statista. <https://www.statista.com/topics/4983/waste-generation-worldwide/>
- Uushona, T., Simasiku, A., & Petrus, N.P. (2019). Evaluation of *Musca domestica* (house fly) larvae production from organic waste. *Welwitschia International Journal of Agricultural Sciences*, 1, 35–40. <https://journals.unam.edu.na/index.php/WIJAS/article/view/1361>
- Wang, D., Bai, Y-Y., Li, J-H., & Zhang, C-X. (2004). Nutritional value of the field cricket (*Gryllus testaceus* walker). *Insect Sci.* 11, 275–283. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2004.tb00424.x>
- Wang, D, Zhai, S.-W., Zhang, C.-X., Zhang, Q., & Chen, H. (2007). Nutrition value of the Chinese grasshopper *Acrida cinerea* (Thunberg) for broilers. *Animal Feed Science and Technology*, 135 (1–2), 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.05.013>.
- Zhang, X., Tang, H., Chen, G., Qiao, L., Li, J., Liu, B., Liu, Z., Li, M., & Liu, X. (2019). Growth performance and nutritional profile of mealworms reared on corn stover, soybean meal, and distillers' grains. *European Food Research and Technology*, 245, 2631–2640. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03336-7>
- Zhu, P., Pan, X., Li, X., Liu, X., Liu, Q., Zhou, J., Dai, X., & Qian, G. (2021). Biodegradation of plastics from waste electrical and electronic equipment by greater wax moth larvae (*Galleria mellonella*). *Journal of Cleaner Production*, 310, 127346. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127346>