

Mónica Vanessa Oviedo Olvera, Juan Fernando García Trejo y Claudia Gutiérrez Antonio



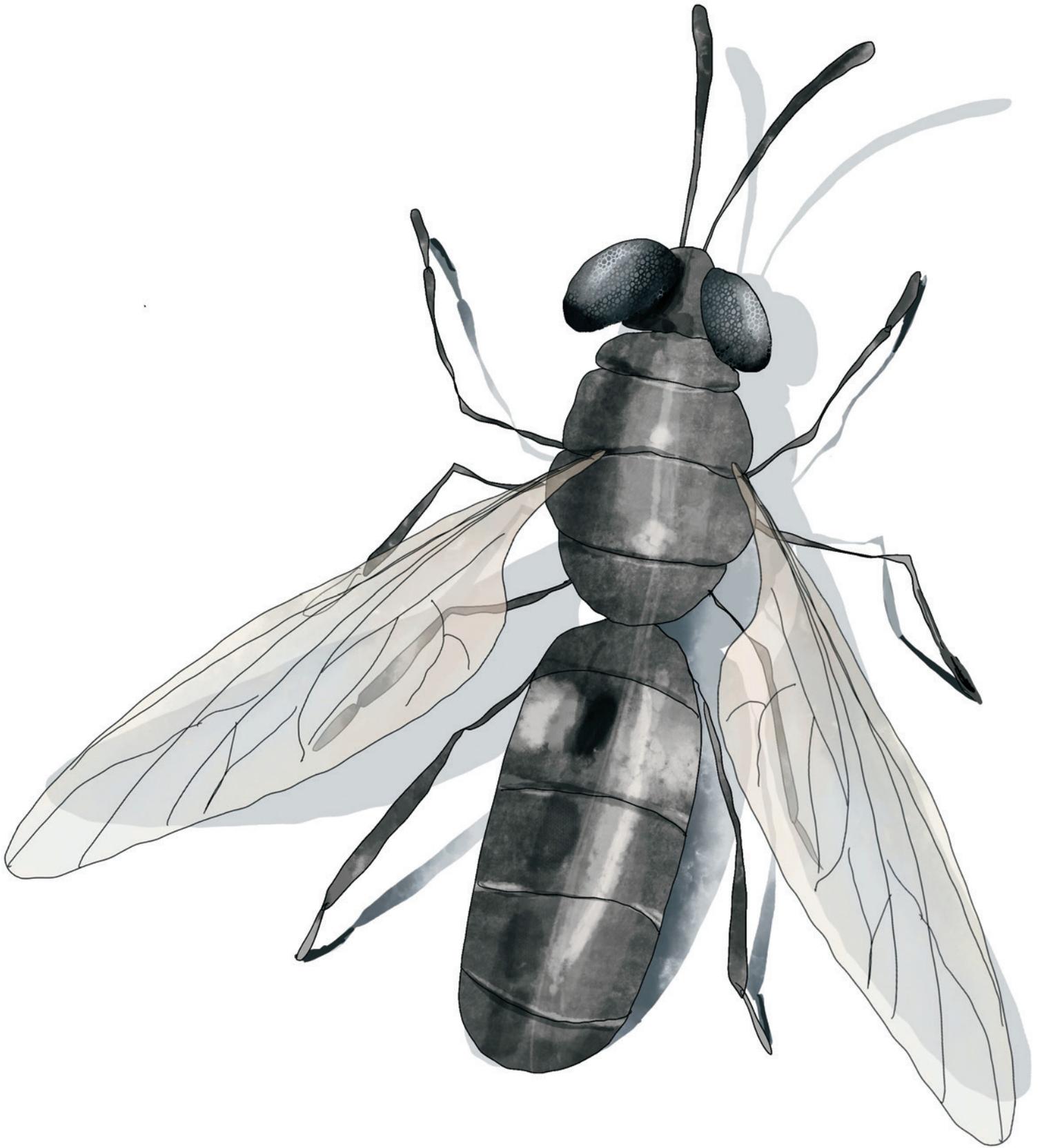
Mosca soldado negra: eslabón perdido en la cadena de revalorización de residuos orgánicos

La revalorización permite generar nuevos productos a partir de los residuos, los cuales representan un problema de contaminación. Existen diferentes procesos de revalorización, pero los biológicos han recibido gran atención. Por ello, en este artículo se presenta el uso de la mosca soldado negra como una estrategia eficiente para la revalorización de los residuos orgánicos.

Introducción

Como parte de las actividades cotidianas de la sociedad, se generan residuos, por ejemplo, cuando se bebe un refresco y desecha la botella plástica que lo contenía, o bien al tirar la cáscara de alguna fruta consumida. Los residuos se clasifican en dos grupos principales con base en su composición química y facilidad de degradación: inorgánicos y orgánicos. Los residuos inorgánicos son aquellos que no contienen carbono dado que no son de origen biológico y, por ello, tardan mucho tiempo en degradarse en el ambiente; dentro de este grupo se encuentran la botella plástica y el vidrio, así como los componentes electrónicos. En contraparte, los residuos orgánicos son aquellos que contienen carbono dado su origen biológico, por lo que logran descomponerse rápidamente en el ambiente; dentro de este grupo de residuos se encuentran las cáscaras de fruta, restos de comida procesada y verduras en mal estado, así como aquellos derivados de las actividades agropecuarias.

Sin importar si los residuos son orgánicos o inorgánicos, por lo general ambos son considerados basura, lo cual provoca un problema de contaminación. En particular, los residuos orgánicos se producen en mayor cantidad y representan más de la mitad de los desechos que se generan en el mundo. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), cada año se desperdicia un tercio de la comida para consumo humano que se produce



en el mundo. Para dimensionar el grave problema que esto representa, consideremos que la cantidad de comida que se desecha en los países más ricos es la misma que se produce en África para alimentar a su población (Quiñones, 2018).

Debido a esta situación, la disminución de la generación de residuos orgánicos, así como su manejo adecuado, se han convertido en tareas de interés global. Una de las estrategias más conocidas es la revalorización, que se define como el proceso mediante el cual los residuos son transformados en nuevos productos con el fin de satisfacer algunas de las necesidades de la sociedad. La revalorización di-

fiere del reciclaje de residuos en que este último hace referencia al procesamiento de los desechos para obtener el mismo producto; por ejemplo, los desechos de papel usado se pueden procesar para generar de nuevo papel útil; esto es reciclaje. En contraste, la conversión de residuos orgánicos en productos bioenergéticos es un claro ejemplo de la revalorización.

Los procesos de revalorización son específicos para cada tipo de residuo, ya que la composición de cada material es diferente. Existen muchas tecnologías que actualmente se usan en escala comercial para la revalorización de los residuos, con diversas ventajas y desventajas. No obstante, todas estas tecnologías tienen un efecto negativo en el ambiente debido a su consumo de energía, que en muchos de los casos es elevado y no necesariamente se garantizan altos rendimientos. Por ello, se han propuesto y analizado nuevas tecnologías amigables con el ambiente que permiten el máximo aprovechamiento de los residuos para la generación de nuevos productos y servicios.

Entre estas nuevas tecnologías, el tratamiento biológico de residuos ha capturado la atención de la comunidad científica. Este proceso consiste en el cultivo y crecimiento de organismos o microorganismos mediante el consumo de residuos orgánicos. El tratamiento biológico tiene varias ventajas, como la reducción en volumen de la materia orgánica, la estabilización de los componentes de los desechos, así como la destrucción de agentes patógenos presentes en los residuos. Como parte de los tratamientos biológicos, el uso de insectos es una alternativa factible y sustentable para la revalorización de residuos. Así, en este artículo se presenta información sobre el ciclo de vida de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*, Diptera: Stratiomyidae) y su aplicación en el tratamiento de residuos para la obtención de productos con valor agregado.



Mosca soldado negra

Con el objetivo de comprender cómo la mosca soldado negra se vincula con los procesos de reducción y revalorización de residuos, es importante conocer su origen y ciclo de vida. Esta especie, cuyo nom-

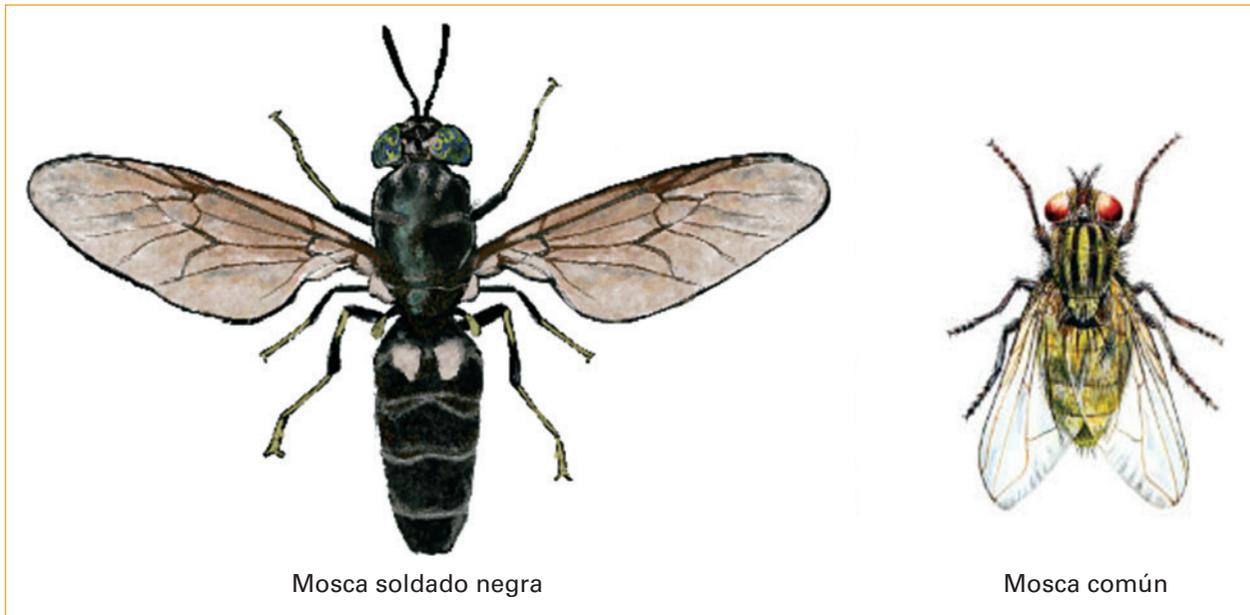


Figura 1. Comparación anatómica de la mosca soldado negra respecto a la mosca común. Fuente: elaboración propia.

bre científico es *Hermetia illucens*, se clasifica en el orden Diptera, el cual se conforma principalmente de insectos que cuentan con alas posteriores en su anatomía (véase la Figura 1). Físicamente se caracteriza por tener una estructura alargada en color negro, muy diferente a la mosca común. Este insecto se puede encontrar fácilmente en regiones de clima tropical y altas temperaturas; la primera vez donde se localizó fue en la isla Hilo en Hawái (Singh y Kumari, 2019).

El ciclo de vida de la mosca soldado negra consta de cinco etapas: huevecillo, larva, prepupa, pupa y adulta (véase la Figura 2); en total, dura aproximadamente de 10 a 31 días, pero puede extenderse hasta cinco meses por las condiciones ambientales en las que se encuentre, así como debido a la calidad y cantidad de alimento que consume este organismo (Makkar y cols., 2014). Por ejemplo, a bajas temperaturas y con poca disponibilidad de alimento, la mosca puede mantenerse en su estado larval hasta por cuatro meses, en comparación con las dos semanas que dura en esta etapa en condiciones óptimas. Esta fase es considerada la de mayor relevancia durante el desarrollo de la mosca, debido a que en la etapa larval logra aprovechar con mayor eficiencia los residuos con los que se alimenta.

Con respecto a la alimentación, las larvas de la mosca soldado negra son capaces de consumir casi cualquier tipo de materia orgánica, tanto alimentos en buenas condiciones como en descomposición, así como excremento y animales muertos. A pesar de alimentarse de este tipo de residuos, un aspecto interesante de este insecto es que no transmite pató-



Figura 2. Diagrama de las fases del ciclo de vida de la mosca soldado negra. Fuente: elaboración propia.

Pollinaza ▶ Excremento proveniente de aves de corral.

genos; incluso se ha sugerido que en la larva existen de manera natural antibióticos, por lo que la inocuidad de su biomasa no se ve afectada (Makkar y cols., 2014). Así, la larva de esta mosca consume la materia orgánica y la convierte en biomasa para su crecimiento y en nutrientes de alta calidad.

Cabe mencionar que el tipo de nutrientes que genera depende del tipo de alimento que la larva consume; por ejemplo, cuando es alimentada con residuos de frutas puede producir 37.8% de proteína, mientras que cuando se le proporciona estiércol de animales puede producir hasta 44% de proteína (Wang y Shelomi, 2017). Además de proteínas, también se generan grasas durante el crecimiento de la larva de mosca. El contenido de grasas depende también del tipo de dieta; se ha reportado un porcentaje de grasa en la larva de 42-49% cuando es alimentada con residuos ricos en aceites, 35% con

estiércol bovino y 15-25% con **pollinaza** (Makkar y cols., 2014).

■ **Cultivo de la mosca soldado negra para el tratamiento de residuos**

■ El cultivo de la mosca soldado negra como una tecnología para la conversión de residuos es relativamente una técnica nueva. Las condiciones de cultivo que se han reportado hasta ahora requieren la introducción de la larva de mosca junto con el residuo en contenedores; éstos cuentan por lo general con una rampa por la que las larvas suben y se separan de los residuos antes de comenzar su estadio de pupa. Las condiciones de temperatura tienen un rango estrecho, entre 29 y 31 °C, al igual que la humedad relativa en la que deben ser cultivadas, de 50 a 70%. También se considera necesario mantener una colo-





nia de moscas adultas dentro de un invernadero de mínimo 66 m³ que permita el paso de luz natural; esto es para continuar con el ciclo de producción de huevo de mosca soldado. En adición, el invernadero deberá contar con un contenedor con **atrayente** para que las hembras depositen los huevos, y éstos puedan ser recolectados con facilidad (Makkar y cols., 2014).

En México, el cultivo de larva de mosca soldado negra es una tecnología que se encuentra en una etapa incipiente de desarrollo. Hasta el momento, sólo es cultivada en una planta a escala piloto, ubicada en el Laboratorio de Bioingeniería del Campus Amazcala de la Universidad Autónoma de Querétaro. Actualmente, dicha planta produce de 20 a 40 kg de biomasa a la semana, y continúa en proceso de investigación y desarrollo.

Un aspecto interesante de esta tecnología es que permite reducir de manera significativa el volumen de los residuos; el porcentaje de reducción dependerá del tipo de residuo, pero por lo general los resultados son favorables. Por ejemplo, residuos como estiércol de animales pueden reducirse hasta 63% en peso húmedo; residuos de vegetales, 74% en peso húmedo; mientras que los desechos de la industria cervecera hasta en 59%, también en base húmeda

(Gold y cols., 2018). Asimismo, es importante mencionar que los residuos que no son consumidos pueden emplearse como fertilizantes o mejoradores del suelo, en combinación con los productos sobrantes provenientes de la larva de mosca soldado negra, mejor conocido como Frass (Schmitt y Vries, 2020).

En la última década, la comunidad científica se ha dedicado al estudio de este insecto para conocer sus condiciones óptimas de crecimiento, así como tiempos de desarrollo. Uno de los intereses principales consiste en saber qué tipo de residuos puede consumir la larva y el efecto que éstos tendrán en la calidad y composición de su biomasa; por ejemplo, identificar si una dieta basada en residuos vegetales permitirá obtener una mayor cantidad de proteínas y grasas, en comparación con una dieta de residuos de frutas.

Es importante determinar el efecto que el tipo de alimentación tiene sobre el desarrollo de la larva de la mosca, ya que de esta manera será posible destinarla, de forma más específica, a la generación de nuevos productos. La extracción de sus nutrientes, tales como proteínas, grasas y carbohidratos, posibilitará su uso para la generación de productos con valor agregado, como suplementos alimenticios o bioenergéticos, entre otros.

Atrayente

Mezcla de sustancias que resultan agradables y atraen a los insectos.

■ **Revalorización de residuos**

■ El aprovechamiento de la larva de mosca para la generación de nuevos productos depende de su contenido nutricional. La larva de mosca contiene, en promedio, entre 32 y 58% de proteína y 15 a 39% de grasas (Gold y cols., 2018), dos de los nutrientes con mayor valor para la industria; además, contiene minerales, aminoácidos y carbohidratos, los cuales han permitido atribuirle diferentes aplicaciones distribuidas en los sectores económicos. No obstante, como se mencionó anteriormente, la composición exacta depende de las condiciones de cultivo, así como del tipo de residuo empleado para su alimentación.

Una de las aplicaciones que ha resultado atractiva es el uso de la larva como suplemento en la alimentación de peces, gallinas, porcinos y vacunos; de ahí que los esfuerzos del sector alimentario, en conjunto con investigadores, se han enfocado en la formulación de dichos alimentos y sus pruebas en los animales antes mencionados. El objetivo del sector alimentario es aprovechar el contenido de proteína y

carbohidratos principalmente, ya que estos nutrientes resultan vitales para la buena nutrición de animales. Hasta el momento se han reportado trabajos de investigación en los cuales la suplementación de larva de mosca seca en dietas animales no afecta su crecimiento y desarrollo (Wang y Shelomi, 2017). Sin embargo, no se han publicado efectos posteriores del uso de animales alimentados con larva de mosca soldado sobre la nutrición humana.

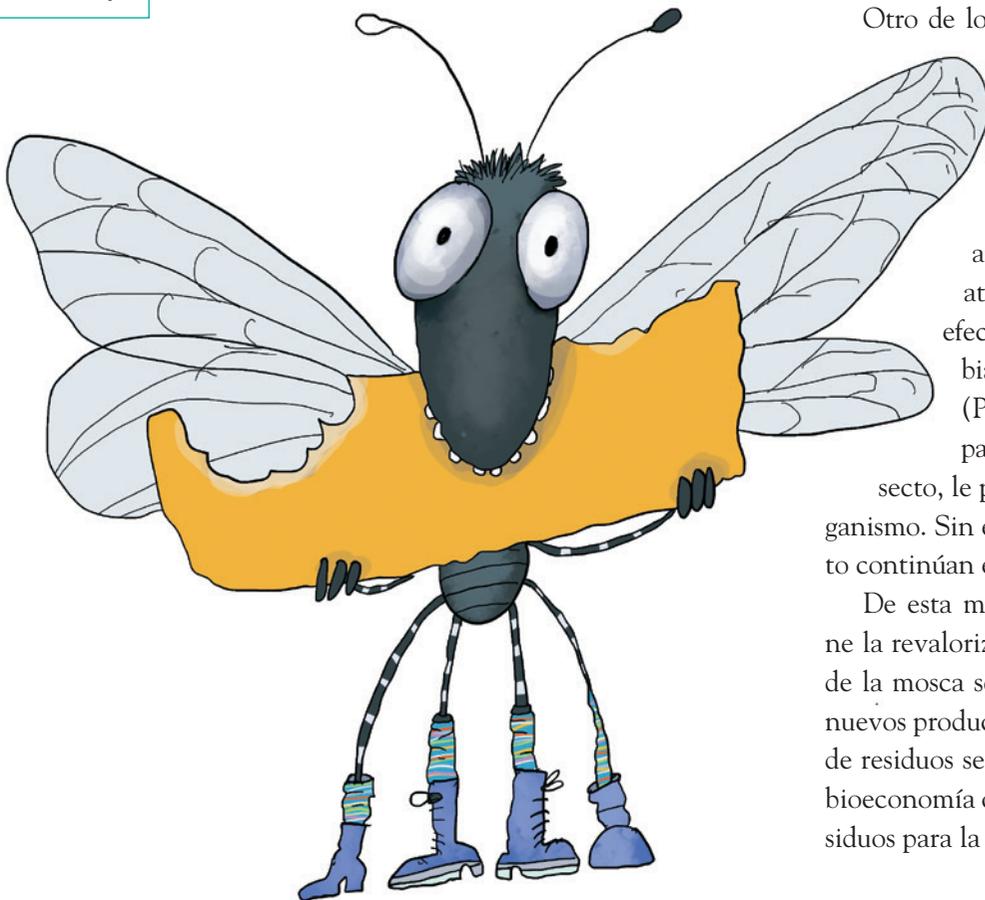
Otra aplicación que ha resultado interesante es la producción de biocombustibles, los cuales emergen como una alternativa de bajo impacto ambiental a los combustibles fósiles. Las grasas contenidas en la larva de mosca soldado negra se han estudiado como una materia prima para la síntesis de biodiésel. En este contexto se ha reportado que pueden producirse 43.8 g de biodiésel con el aceite contenido en 2 000 larvas de 0.25 g aproximadamente. Este rendimiento es considerado alto debido al gran contenido de **lignocelulosa** presente en el sustrato con el que fueron alimentadas. También es importante mencionar que dichas larvas se generaron a partir de 1 kg de estiércol (Sing y Kumari, 2019).

Otro de los productos de valor agregado derivados de la mosca soldado negra es la quitina, polisacárido de gran interés biotecnológico con interesantes aplicaciones en biomedicina, farmacéutica, alimentos e industrias ambientales; esto, debido a que se le han atribuido funciones como antioxidante, efecto antiinflamatorio, efecto antimicrobiano e inmunoestimulante, entre otros (Park y Kim, 2010). La quitina forma parte importante del exoesqueleto del insecto, le proporciona soporte y protección al organismo. Sin embargo, su extracción y procesamiento continúan en desarrollo (Diener y cols., 2011).

De esta manera, se ilustra el potencial que tiene la revalorización de residuos mediante el cultivo de la mosca soldado negra, lo cual permite generar nuevos productos. Cabe añadir que la revalorización de residuos se encuentra alineada al concepto de la bioeconomía circular, que considera el empleo de residuos para la generación de nuevos productos.

Lignocelulosa

Componente principal de la biomasa, proveniente de materia seca vegetal.



Conclusión

La revalorización de los residuos orgánicos es una alternativa viable para resolver el problema de contaminación que representan. De manera particular, una alternativa de revalorización es el cultivo de la mosca soldado negra, que es un tratamiento biológico para la reducción de residuos. Esta tecnología no sólo permite reducir el volumen de los residuos orgánicos, sino que también genera una biomasa que puede convertirse en productos de valor agregado o biocombustibles. A pesar de que esta tecnología se encuentra aún en desarrollo, se considera que tiene todo el potencial para convertirse en un eslabón esencial para la cadena de revalorización de residuos.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo económico brindado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología a la beca de manutención de Vanessa Oviedo para la realización de este trabajo.

Mónica Vanessa Oviedo Olvera

Universidad Autónoma de Querétaro.
mvanessaoviedo@gmail.com

Juan Fernando García Trejo

Universidad Autónoma de Querétaro.
fernando.garcia@uaq.mx

Claudia Gutiérrez Antonio

Universidad Autónoma de Querétaro.
claudia.gutierrez@uaq.m

Referencias específicas

- Abdel-Shafy, H. I. y M. S. M. Mansour (2018), "Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization", *Egyptian Journal of Petroleum*, 27:1275-1290.
- Diener, S. et al. (2011), "Black soldier fly larvae for organic waste treatment – prospects and constraints", *Proceedings of the WasteSafe 2011 – 2nd International Conference on Solid Waste Management in the Developing Countries*, 52:1-8.
- FAO (2017), "Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe", *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Disponible en: <<http://www.fao.org/3/a-i7248s.pdf>>, consultado el 5 de febrero de 2020.
- Gold, M., J. K. Tomberlin, S. Diener, C. Zurbrügg y A. Mathys (2018), "Decomposition of biowaste macronutrients, microbes, and chemicals in black soldier fly larval treatment: A review", *Waste Management*, 82:302-318.
- Graziani, P. (2018), *Economía circular e innovación tecnológica en residuos sólidos: oportunidades en América Latina*, Caracas, Banco de Desarrollo de América Latina/Corporación Andina de Fomento.
- Makkar, H. P., S. G. Tran, V. Hauzé y P. Ankers (2014), "State-of-the-art on use of insects as animal feed", *Animal Feed Science and Technology*, 197:1-33.
- Park, B. K. y M. M. Kim (2010), "Applications of chitin and its derivatives in biological medicine", *International Journal of Molecular Sciences*, 11:5152-5164.
- Quiñones, L. (2018), "El desperdicio de comida, una oportunidad para acabar con el hambre", *Noticias ONU*. Disponible en: <<https://news.un.org/es/story/2018/10/1443382>>, consultado el 5 de febrero de 2020.
- Schmitt, E. y W. de Vries (2020), "Potential benefits of using *Hermetia illucens* frass as a soil amendment on food production and for environmental impact reduction", *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 25:100335.
- Singh, A. y K. Kumari (2019), "An inclusive approach for organic waste treatment and valorization using Black Soldier Fly larvae: A review", *Journal of Environmental Management*, 251:105569.
- Wang, Y. S. y M. Shelomi (2017), "Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food", *Foods*, 6:1-23.