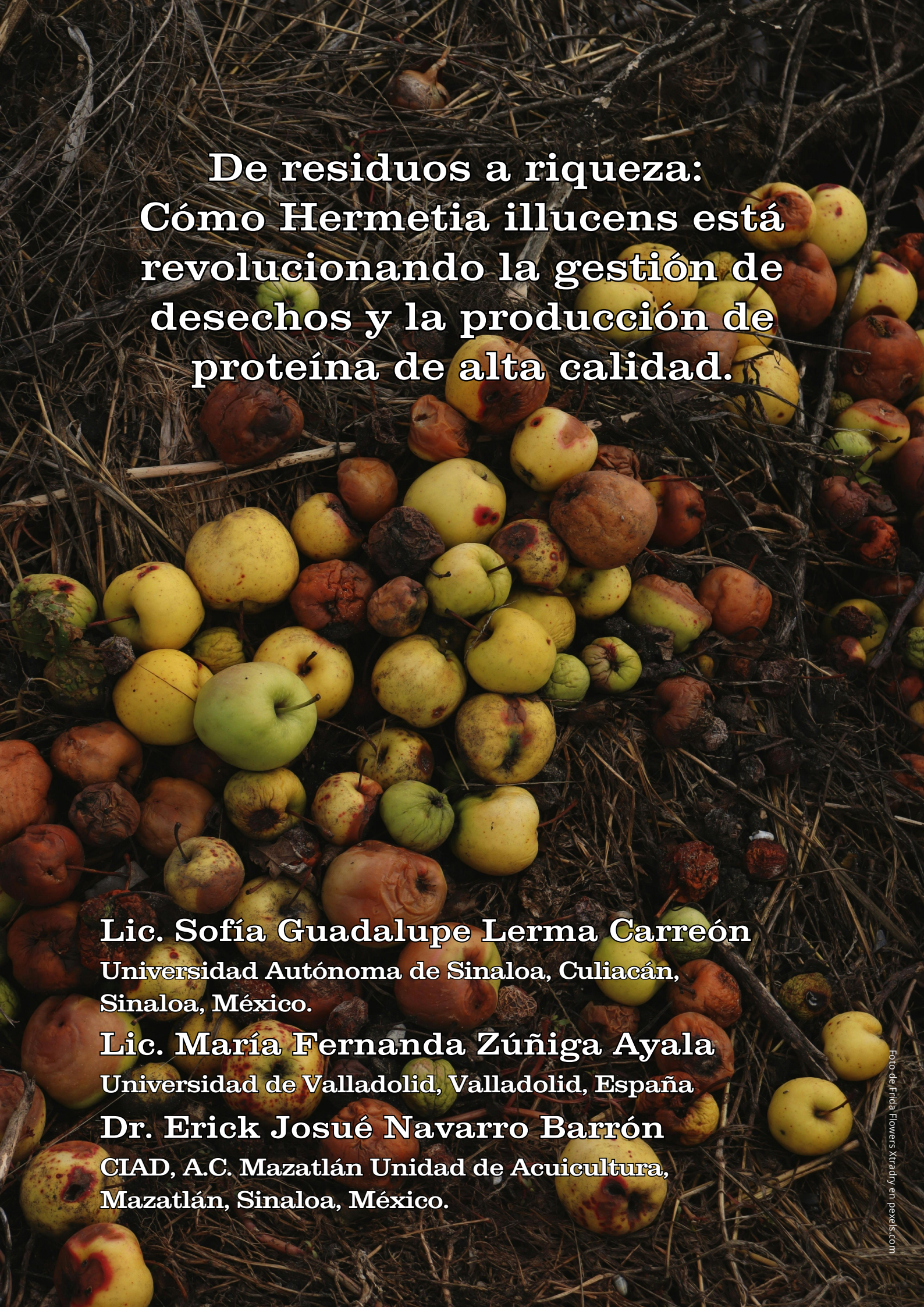




**De residuos a riqueza:
Cómo *Hermetia illucens* está
revolucionando la gestión de
desechos y la producción de
proteína de alta calidad.**

Lic. Sofía Guadalupe Lerma Carreón
Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán,
Sinaloa, México.

Lic. María Fernanda Zúñiga Ayala
Universidad de Valladolid, Valladolid, España

Dr. Erick Josué Navarro Barrón
CIAD, A.C. Mazatlán Unidad de Acuicultura,
Mazatlán, Sinaloa, México.

Abstract

This article discusses the use of *Hermetia illucens*, or black soldier fly, in the bioconversion of organic waste, highlighting its ability to convert waste into animal protein and fertilizer. The ecological and economic benefits of this process are described, along with the results of an experiment using agricultural and fishery waste, showing the larvae's potential to degrade waste and produce protein biomass. Finally, the opportunities and challenges of scaling up this technology are explored.

Keywords: Bioconversion, waste management, animal protein, black soldier fly.

Resumen

Se aborda el uso de *Hermetia illucens* o mosca soldado negra en la bioconversión de residuos orgánicos, destacando su capacidad para convertir desechos en proteína animal y fertilizante. Se describen los beneficios ecológicos y económicos de este proceso, así como los resultados de un experimento con residuos agrícolas y pesqueros, que demuestran el potencial de las larvas para degradar residuos y generar biomasa proteica. Finalmente, se exploran las oportunidades y desafíos de implementar esta tecnología a mayor escala.

Palabras clave: Bioconversión, gestión de desechos, proteína animal, mosca soldado negra.

Introducción

Toda actividad humana genera desechos, ya sean orgánicos o inorgánicos. A lo largo del tiempo, los seres humanos hemos desarrollado diversas formas para gestionarlos, aunque muchas no han sido las más sostenibles. Los residuos orgánicos, en particular,

presentan desafíos debido a su rápida descomposición. Sin embargo, una solución innovadora está transformando este problema en una oportunidad: *Hermetia illucens*, la mosca soldado negra (Oviedo, 2017). Este insecto convierte desechos orgánicos en larvas ricas en proteínas, valiosas para la alimentación animal. Además, el subproducto conocido como "frass" puede emplearse como fertilizante orgánico. Aunque el cultivo de la mosca soldado negra es relativamente nuevo, ha demostrado un gran potencial ecológico y económico (Lopes *et al.*, 2022), revolucionando la manera en que gestionamos los desechos orgánicos.

Ciclo de vida y características de la *H. illucens*

El ciclo de vida de la mosca soldado negra tiene cinco etapas: huevo, larva, prepupa, pupa y mosca. Los huevos tardan 5 días en eclosionar, la fase larvaria se extiende por hasta 20 días, y la etapa de prepupa dura unos 5 días más. En su fase de pupa, el insecto se transforma durante aproximadamente dos semanas antes de convertirse en una mosca adulta, que vive solo de los nutrientes acumulados durante su etapa larvaria, sobreviviendo entre 2 y 3 semanas (Figura 1).

Las larvas recién nacidas crecen rápidamente, impulsadas por una alta actividad enzimática en su sistema digestivo. Las moscas adultas tienen un aspecto distintivo: cuerpo oscuro con alas marrones o negras, antenas largas y patas negras con puntas blancas, lo que les da una apariencia similar a la de una avispa (Bullock *et al.*, 2015).

A diferencia de otras moscas, las moscas soldado negras no pican ni transmiten enfermedades. No son buenos voladores y suelen encontrarse

cerca de instalaciones de producción animal. Además, su larva juega un papel crucial en la revalorización de residuos orgánicos, que usa como alimento (Cabrera y López, 2021). El subproducto que generan, conocido como “frass”, es un excelente fertilizante rico en nutrientes como nitrógeno, fósforo y

potasio.

Otro aspecto que hace destacar a la larva como fuente de proteína es su riqueza en aminoácidos esenciales como isoleucina, leucina y lisina, lo que la convierte en una opción prometedora para la alimentación animal (Cullere, 2016).



Figura 1: Ciclo de vida de la mosca soldado negra desde el huevo hasta su etapa adulta.

La magia de la bioconversión

La mosca soldado negra es uno de los insectos más destacados para la bioconversión de desechos orgánicos en recursos valiosos como proteínas, grasas y sustancias bioactivas. Este proceso es ambientalmente amigable y sostenible. Los residuos que utiliza incluyen desechos alimentarios, subproductos agroindustriales y residuos animales y vegetales, lo que otorga un valor económico adicional en la cadena alimentaria (Franco *et al.*, 2021).

Las larvas de la mosca soldado negra son capaces de convertir y recuperar nutrientes de compuestos orgánicos,

reduciendo la biomasa residual hasta en un 60%. Esto es posible gracias a las funciones de su sistema digestivo, dividido en tres secciones con distintos niveles de acidez (pH). Estas diferencias permiten una mayor actividad enzimática, facilitando la digestión de nutrientes y la eliminación de sustancias nocivas, al tiempo que establecen una microbiota intestinal eficiente (Surendra *et al.*, 2020).

El crecimiento demográfico y la creciente demanda de alimentos han generado problemas como el agotamiento de recursos y el cambio climático. En este contexto, las larvas de la mosca soldado negra se consideran una

solución ecológica y eficiente, ya que su cultivo requiere menos recursos como tierra y agua en comparación con otras fuentes proteicas. Además, la grasa de estos insectos puede ser una alternativa económica y sostenible para satisfacer la demanda de aceites vegetales y biocombustibles, productos tradicionalmente asociados con la deforestación y la pérdida de biodiversidad en regiones tropicales (Franco *et al.*, 2021).

Aplicaciones nutricionales y beneficios digestivos de *H. illucens*

Reducir la pérdida y el desperdicio de alimentos tiene grandes beneficios para la sostenibilidad.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), los alimentos desperdiciados generan entre el 8% y el 10% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero. Abordar este problema no solo ayuda a mitigar el cambio climático, sino que también mejora la seguridad alimentaria y la eficiencia de los sistemas agroalimentarios. Además, la reducción del desperdicio permite recuperar nutrientes valiosos, lo que contribuye a mejorar el impacto ambiental.

Se estima que aproximadamente el 14% de los alimentos producidos a nivel mundial se pierden entre el momento de la cosecha y su venta al por menor (FAO, 2017). A esto se suma que un 17% de los alimentos disponibles para los consumidores termina desperdiciándose en los hogares y tiendas, lo que representa una pérdida significativa de recursos que podrían haberse aprovechado. Este desperdicio no solo genera un impacto ambiental, sino que contribuye a fenómenos meteorológicos extremos como sequías e inundaciones, afectando la calidad de

los cultivos y la seguridad alimentaria a nivel global (FAO, 2017).

Por otro lado, las larvas de *H. illucens* han demostrado ser una alternativa prometedora como fuente de proteína en la acuicultura. En estudios realizados con especies como el salmón del Atlántico y la trucha arcoíris, se ha comprobado que reemplazar hasta el 50% de la harina de pescado con estas larvas no afecta negativamente el crecimiento de los peces ni la calidad de sus filetes. Las larvas ofrecen un perfil nutricional rico en proteínas (36-48%) y grasas (31-33%), con un balance de aminoácidos esenciales que cumple con las necesidades alimenticias de estas especies (Rimoldi *et al.*, 2021).

Además de sus propiedades nutricionales, la mosca soldado negra también contribuye a mejorar la salud intestinal de los peces.

La inclusión de sus larvas en la dieta puede favorecer la proliferación de bacterias beneficiosas como las bacterias lácticas, conocidas por sus efectos probióticos. La quitina presente en su exoesqueleto también tiene propiedades antimicrobianas y prebióticas, lo que ayuda a combatir bacterias perjudiciales y mejora la salud digestiva de los peces (Rimoldi *et al.*, 2021).

Por último, las larvas de *H. illucens* contienen altos niveles de aminoácidos esenciales como la leucina, lisina y valina, que superan los niveles presentes en fuentes como la soya y las dietas convencionales de pescado.

Estos aminoácidos son absorbidos eficientemente por aves de corral y ganado porcino, lo que resalta el valor nutricional de estas larvas como una fuente de proteína sostenible (Smets *et al.*, 2020).

Crecimiento de las larvas de *H. illucens* alimentadas con desechos agrícolas y pesqueros

Estudios recientes evaluaron el crecimiento de las larvas de *H. illucens* alimentadas con diferentes tipos de residuos orgánicos. Tras eclosionar en una dieta estándar conocida como Gainesville, las larvas fueron separadas en grupos y alimentadas con distintas proporciones de desechos de mango (pulpa y cáscara) o de pescado (vísceras y piel). Los grupos incluyeron dietas con inclusiones del 25 %, 50 % y 100 % de estos residuos, junto con un grupo control que se alimentó únicamente con la dieta estándar.

Los resultados mostraron que las larvas alimentadas con la inclusión de desechos de mango al 50 % alcanzaron un mayor peso que las alimentadas

solo con la dieta estándar (Figura 2). Sin embargo, las larvas alimentadas únicamente con desechos de mango presentaron un crecimiento mínimo, probablemente debido a la composición del hueso del mango, que dificultó su digestión. Por otro lado, en el caso de los desechos de pescado, tanto la inclusión del 25 % como la del 50 % en la dieta produjeron un mayor peso en comparación con las larvas del grupo control. Incluso las larvas alimentadas exclusivamente con desechos de pescado (100 %) alcanzaron buenos rendimientos de peso final (Figura 3). Estos resultados refuerzan el potencial de *H. illucens* para aprovechar desechos agrícolas y pesqueros, subrayando su capacidad de bioconversión y la generación de biomasa rica en nutrientes para diversas aplicaciones.

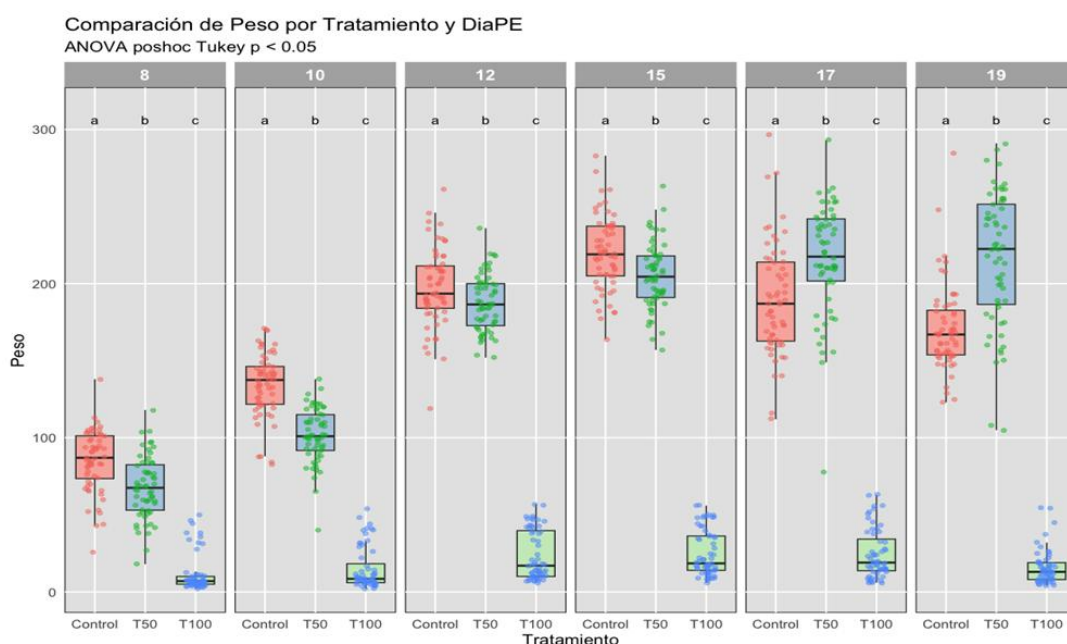


Figura 2: Bioensayo de crecimiento de larvas de mosca soldado negra alimentadas con una dieta Control (mezcla de maíz, trigo y alfalfa), una inclusión de 50 % de residuos de mango (cáscara y hueso) en la dieta estándar (T50) y una dieta de 100 % residuos de mango (T100). Resultados de un bioensayo llevado a cabo por Carreón S. (2024).

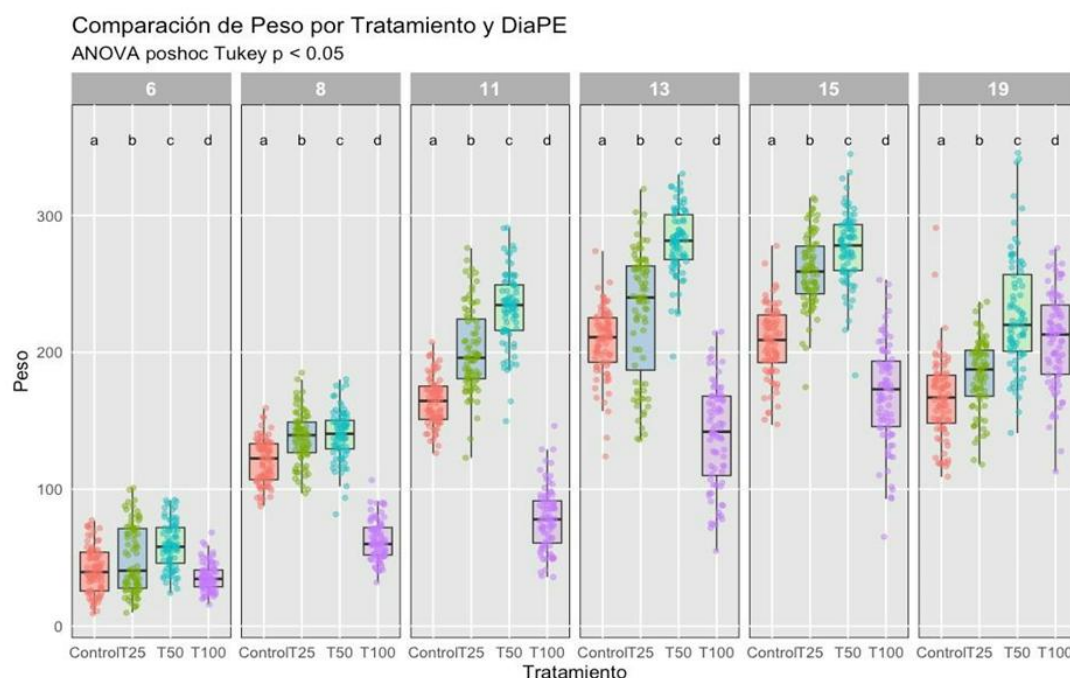


Figura 3: Crecimiento de larvas de mosca soldado negra alimentadas con una dieta Control (mezcla de maíz, trigo y alfalfa), una inclusión del 50 % de residuos de pescado (piel y vísceras) en la dieta control (T50) y una dieta con 100 % residuos de pescado (T100). Resultados de un bioensayo llevado a cabo por Carreón S. (2024).

Desafíos y oportunidades

La gestión de los desechos orgánicos generados por la industria alimentaria sigue siendo un desafío global. La creciente producción de residuos plantea serios problemas ambientales, desde la contaminación hasta la emisión de gases de efecto invernadero.

En este contexto, la mosca soldado negra emerge como una solución prometedora para transformar esos residuos en recursos valiosos. Sin embargo, uno de los principales desafíos que enfrenta la implementación de esta tecnología es la creación de infraestructuras eficientes para la cría a gran escala de esta especie y su integración en los sistemas industriales (Olvera, 2022).

Las oportunidades que ofrece son múltiples. El cultivo de la mosca soldado negra no solo permite el aprovechamiento de desechos, sino que también genera proteína animal de alta calidad, contribuyendo a la seguridad

alimentaria, especialmente en regiones donde el acceso a alimentos es limitado. Además, su bajo requerimiento de agua y recursos, sumado a su capacidad para reducir emisiones de gases de efecto invernadero, la posicionan como una alternativa sostenible y ecológica frente a los métodos tradicionales de producción de proteína.

El futuro del uso de *Hermetia illucens* puede revolucionar tanto la gestión de desechos como la producción de proteínas, ofreciendo una vía para reducir el impacto ambiental y combatir la inseguridad alimentaria. Sin embargo, para aprovechar todo su potencial, es necesario invertir en investigación, innovación tecnológica y generar conciencia pública sobre sus beneficios. Con el enfoque adecuado, esta especie podría convertirse en una herramienta clave para un futuro más sostenible, donde los residuos se transformen en riqueza y recursos nutritivos.

Conclusión

La mosca soldado negra nos demuestra que la naturaleza tiene respuestas innovadoras a los desafíos creados por el ser humano. La capacidad de esta especie para transformar residuos en recursos valiosos, como proteína y fertilizante, ofrece una vía hacia un futuro más eficiente y sostenible. Sin embargo, aprovechar su potencial va más allá de implementar esta tecnología; nos invita a reconsiderar cómo gestionamos nuestros desechos y a valorar la integración de la ciencia con los procesos naturales.

El éxito en la adopción de esta tecnología dependerá de nuestra habilidad para combinar la innovación científica con las soluciones que ya nos ofrece la naturaleza. La clave para un futuro más sustentable está en trabajar en armonía con nuestro entorno, usando tanto el conocimiento como los recursos naturales para afrontar los retos ambientales y crear un equilibrio entre producción y conservación.

Referencias

- [1] Bullock, N., Chapin, E., Evans, A., Elders, B., Givens, M., & Jeffay, N. (2015). Optimal conditions for BSFL in The Black Soldier Fly How to Guide. Fayetteville: UNC-Chapel Hill. Carolina del Norte 4-5.
- [2] Cabrera D. & López A. (2021). Evaluación de la larva de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) como alternativa para la degradación de residuos sólidos urbanos. Trabajo de grado, Fundación Universidad de América, Repositorio Institucional Lumieres Bogotá, marzo de 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8329>.
- [3] FAO (2017). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Boletín 4. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <https://www.fao.org/documents/card/en/c/CA1552ES/>. Consultado el 08 de julio de 2024.
- [4] FAO (2022). Hacer frente a la pérdida y el desperdicio de alimentos: una oportunidad de ganar por partida triple. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de <https://www.fao.org/newsroom/detail/FAO-UNEP-agriculture-environment-food-loss-waste-day-2022/es>. Consultado el 14 de agosto de 2024.
- [5] Franco, A., Scieuzo, C., Salvia, R., Petrone, A. M., Tafi, E., Moretta, A., Schmitt, E., & Falabella, P. (2021). Lipids from *Hermetia illucens*, an innovative and sustainable source. Sustainability, 13(18), 10198. <https://doi.org/10.3390/su131810198>.
- [6] Lerma, S. 2024. Cultivo y análisis metagenómicos de larva de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) alimentadas con residuos orgánicos para la identificación taxonómica y funcional de la microbiota intestinal. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán, Sinaloa, México (2024).
- [7] Lopes, I. G., Yong, J. W., & Lalander, C. (2022). Frass derived from black soldier fly larvae treatment of biodegradable wastes. A critical review and future perspectives. Waste Management, 142, 65–76. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.007>.
- [8] Olvera, M., García, F., & Gutiérrez, C. (2022). Mosca soldado negra:

- eslabón perdido en la cadena de revalorización de residuos orgánicos. *Ciencia*, 73, 52–59.
- [9] Rimoldi, S., Antonini, M., Gasco, L., Moroni, F., & Terova, G. (2021). Intestinal microbial communities of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) may be improved by feeding a *Hermetia illucens* meal/low-fishmeal diet. *Fish Physiology and Biochemistry*; 47(2):365–380. <https://doi.org/10.1007/s10695-020-00918-1>.
- [10] Smets, R., Verbinnen, B., Van De Voorde, I., Aerts, G., Claes, J., & Van Der Borgh, M. (2020). Sequential Extraction and Characterisation of Lipids, Proteins, and Chitin from Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae, Prepupae, and Pupae. *Waste and Biomass Valorization*, 11(12), 6455–6466. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00924-2>.
- [11] Surendra, K. C., Tomberlin, J. K., van Huis, A., Cammack, J. A., Heckmann, L.-H. L., & Khanal, S. K. (2020). Rethinking organic wastes bioconversion: Evaluating the potential of the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (Diptera: Stratiomyidae). *Waste Management*, 117, 58-80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.07.050>