



Received: Dec 12, 2025 / Accepted: Jun 02, 2026

Comunicación corta

## Capacidad de biodegradación de larvas de polilla de la cera (*Galleria mellonella*) sobre polietileno de baja densidad y plásticos biodegradables

### Biodegradación capacity of greater wax moth (*Galleria mellonella*) Larvae on low-density polyethylene and biodegradable plastics

M. H. Córdova-Antauroco<sup>1,\*</sup> , R. R. Valle-Gamarra<sup>1</sup> , J. Y. Díaz-Ramos<sup>1</sup> ,  
D. T. Arratea-Tineo<sup>1</sup> 



<https://doi.org/10.51431/par.v8i1.1114>

#### RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la capacidad de biodegradación de larvas de la polilla de la cera (*Galleria mellonella*) sobre el polietileno de baja densidad (PEBD), PEBD pigmentado (verde) y plástico biodegradable. **Metodología:** Se emplearon 84 larvas distribuidas equitativamente en tres grupos de 28 individuos para los siguientes tratamientos: T1 (1.4 g de PEBD natural), T2 (1.4 g de PEBD verde) y T3 (1.3 g de plástico biodegradable). El experimento se condujo durante 30 días bajo condiciones controladas, determinando la biodegradación mediante el cálculo de la tasa de pérdida de masa diaria. **Resultados:** La degradación de los polímeros mostró diferencias significativas entre los tratamientos. El plástico biodegradable registró la mayor susceptibilidad con una reducción de masa del 38.5% (de 1.3 g a 0.8 g), seguido por el PEBD natural con un 28.6% (de 1.4 g a 1.0 g) y el PEBD verde con un 21.4% (de 1.4 g a 1.1 g). Asimismo, se observó una desaceleración en la ingesta hacia el día 30, coincidiendo con la fase prepupal del insecto. **Conclusiones:** *Galleria mellonella* posee un alto potencial para la biofragmentación y degradación de polímeros convencionales y alternativos, mostrando una marcada preferencia y eficiencia hacia el plástico biodegradable.

**Palabras clave:** Gestión de residuos sólidos, biofragmentación, entomología aplicada, fase prepupal, polímeros sintéticos

#### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the biodegradation capacity of greater wax moth (*Galleria mellonella*) larvae on low-density polyethylene (LDPE), pigmented (green) LDPE, and biodegradable plastic. **Methodology:** A total of 84 larvae were distributed equally into three groups of 28 individuals assigned to the following treatments: T1 (1.4 g of natural LDPE), T2 (1.4 g of green LDPE), and T3 (1.3 g of biodegradable plastic). The experiment was conducted over 30 days under controlled conditions, and biodegradation was determined by calculating the daily mass loss rate. **Results:** Polymer degradation showed significant differences among treatments. Biodegradable plastic exhibited the highest susceptibility, with a 38.5% mass reduction (from 1.3 g to 0.8 g), followed by natural LDPE at 28.6% (from 1.4 g to 1.0 g), and green LDPE at 21.4% (from 1.4 g to 1.1 g). Furthermore, a slowdown in consumption was observed toward day 30, coinciding with the prepupal stage of the insect. **Conclusions:** *Galleria mellonella* possesses high potential for the biofragmentation and degradation of both conventional and alternative polymers, showing a marked preference and efficiency toward biodegradable plastic.

**Keywords:** Solid waste management, biofragmentation, applied entomology, prepupal stage, synthetic polymers.

<sup>1</sup>Universidad Privada de Huánuco

\* autor para la correspondencia: [miller.cordova@udh.edu.pe](mailto:miller.cordova@udh.edu.pe)

## Introducción

La contaminación con plásticos representa una de las crisis ambientales más graves a nivel mundial (Lou et al., 2020; Hwang, 2025). Los plásticos son omnipresentes en nuestra sociedad, sin embargo, apenas alrededor del 9 % de los residuos plásticos se recicla, mientras que el resto termina en vertederos, es incinerado o se libera al medio ambiente (United Nations environment Programme [UNEP]. (2018). Esto agrava los impactos en los ecosistemas, debido a la acumulación de residuos y a la presencia de millones de toneladas de microplásticos que afectan la salud humana y la biodiversidad (Andrady, 2011; Mhaddolkar et al., 2024). El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) señala que cada minuto se vierte en los océanos un camión de basura de plástico, lo que evidencia la magnitud del desafío (UNEP, 2018).

A pesar de los avances en el reciclaje y en el desarrollo de plásticos biodegradables, las soluciones actuales resultan insuficientes frente al volumen creciente de residuos plásticos y las limitaciones de degradación en ambientes naturales. En este contexto, existen alternativas naturales como el gusano de la cera, *Galleria mellonella*, cuyas larvas tienen capacidad para degradar diversos polímeros (Kwadha et al., 2017; Spinola-Amilibia et al., 2023). Estudios previos evidencian que estas larvas poseen enzimas y microorganismos intestinales capaces de descomponer polímeros sintéticos (Bombelli et al., 2017; Cassone et al., 2020, Vilchez, 2025), especialmente el polietileno, lo que abre nuevas perspectivas en el tratamiento biológico de residuos plásticos.

La biodegradación es el proceso natural mediante el cual los microorganismos transforman materiales complejos en compuestos simples. En este ámbito, los bioplásticos están diseñados para desintegrarse por acción biológica bajo condiciones ambientales específicas. Estos conceptos constituyen la base teórica del presente estudio, el cual evalúa la capacidad de *Galleria mellonella* para degradar diversos polímeros.

La relevancia de esta investigación es científica y ambiental. Académicamente, aporta evidencia sobre el potencial del "gusano de la cera" en biotecnologías emergentes para la gestión de residuos. Desde la perspectiva

ambiental, explora alternativas ecológicas a los métodos convencionales, como la incineración o el vertido, y se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 12, 13 y 15). Bajo este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la degradación de polietileno de baja densidad (PEBD) natural y de color verde y plásticos biodegradables por parte de *G. mellonella* en condiciones controladas de laboratorio.

## Metodología

### *Tipo y enfoque de investigación*

El estudio fue de carácter experimental y comparativo, adoptando un enfoque cuantitativo. La evaluación del proceso se fundamentó en la cuantificación objetiva de la biodegradación, determinada a través de la pérdida de masa molecular, el tiempo de exposición y las alteraciones microestructurales de los materiales poliméricos.

### *Diseño de tratamientos*

Se evaluaron tres tratamientos distribuidos de la siguiente manera:

T1: 1.4 g de polietileno de baja densidad (PEBD) natural.

T2: 1.4 g de PEBD pigmentado verde.

T3: 1.3 g de plástico biodegradable.

A cada tratamiento se le asignaron aleatoriamente 28 larvas de *Galleria mellonella* en estado activo, totalizando 84 especímenes para el desarrollo global del ensayo.

### *Técnicas e instrumentos de recolección de datos*

La fase experimental se ejecutó en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, bajo condiciones ambientales controladas durante un periodo de 30 días. Para el monitoreo y recolección de datos, se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos:

*Análisis gravimétrico:* Registro sistemático de la masa de los polímeros antes y después del ensayo mediante una balanza analítica de precisión, siguiendo el protocolo metodológico adaptado de Spínola-Amilibia et al. (2023).

*Registro fotográfico digital:* Captura periódica y normalizada de las modificaciones

macroscópicas visibles en la superficie de los polímeros.

**Ficha de observación estructurada:** Instrumento diseñado para el seguimiento cualitativo y cuantitativo de perforaciones, desgarros, fragmentación y cambios morfológicos en las láminas.

#### Procedimiento experimental

El proceso se desarrolló secuencialmente en las siguientes etapas:

**Selección y aclimatación de las larvas:** Se seleccionaron especímenes homogéneos, sanos y en una fase de desarrollo larval activo.

**Estandarización de los sustratos:** Las muestras de PEBD natural, PEBD verde y plástico biodegradable se acondicionaron en láminas de dimensiones uniformes, registrando un peso inicial estandarizado según el tratamiento correspondiente.

**Monitoreo temporal:** Las evaluaciones gravimétricas y morfológicas se efectuaron de manera cronológica a los 10, 15, 20, 25 y 30 días de exposición.

**Evaluación final:** Se determinaron los porcentajes de remoción de masa y las alteraciones estructurales mediante el procesamiento de las capturas fotográficas y los análisis microscópicos. La densidad poblacional de las larvas y el manejo biológico se alinearon con las directrices de Chávez-Mestanza y Lizana-Nicolás (2022).

#### Análisis de datos y modelamiento matemático

La dinámica de consumo de los polímeros se determinó cuantitativamente mediante el cálculo de la tasa diaria de biodegradación (TDB) y el porcentaje de pérdida de masa total (PMT), empleando las siguientes ecuaciones:

$$TDB (g/día) = (M_i - M_f) / t$$

$$PMT (\%) = (M_i - M_f / M_i) \times 100$$

Donde:

$M_i$  = Es la masa inicial del polímero provisto al inicio del ensayo (Día 0), expresada en gramos (g).

$M_f$  = Es la masa residual del polímero registrada al término del ensayo (Día 30), expresada en gramos (g).

$t$  = Es el tiempo total de exposición biótica (30 días).

## Resultados

### Pérdida de masa de los polímeros

El monitoreo gravimétrico de los tres sustratos poliméricos expuestos a la actividad biótica de *Galleria mellonella* durante un periodo de 30 días reveló variaciones cuantitativas diferenciadas entre los tratamientos (Tabla 1). El material catalogado como plástico biodegradable exhibió la mayor susceptibilidad a la degradación biológica, registrando la reducción de masa más pronunciada tanto en términos absolutos como porcentuales en comparación con los polímeros de origen convencional.

Un hallazgo biológico relevante en la cinética de consumo fue la existencia de una fase de latencia inicial; durante los primeros 10 días de exposición, no se registraron modificaciones en la masa de ninguno de los tres tratamientos. La actividad de ingesta y fragmentación principal se concentró entre los días 10 y 25, seguida de una fase de estabilización o meseta hacia el día 30.

**Tabla 1**

*Variación cronológica de la masa (g) de polímeros por acción de G. mellonella.*

| Días | Fecha      | PEBD (g) | PEBD Verde (g) | Biodegradable (g) |
|------|------------|----------|----------------|-------------------|
| 0    | 2/10/2025  | 1.4      | 1.4            | 1.3               |
| 10   | 12/10/2025 | 1.4      | 1.4            | 1.3               |
| 15   | 16/10/2025 | 1.3      | 1.3            | 1.1               |
| 20   | 21/10/2025 | 1.3      | 1.2            | 1                 |
| 25   | 26/10/2025 | 1        | 1.1            | 0.8               |
| 30   | 1/11/2025  | 1        | 1.1            | 0.8               |

### Tasa de degradación

Los indicadores cinéticos calculados confirmaron que la mayor eficiencia de degradación biológica se obtuvo en el tratamiento con plástico biodegradable (T3), alcanzando una tasa diaria de biodegradación de 0.0167 g/día y un porcentaje de degradación total del 38.50% (Tabla 2). Al realizar el análisis comparativo inter-tratamiento respecto al porcentaje de degradación total, el plástico biodegradable superó en 9.90 puntos porcentuales al polietileno de baja densidad natural (PEBD, 28.60%) y en 17.10 puntos porcentuales al PEBD pigmentado verde (21.40%), consolidándose este último como el material más resistente a la acción de las larvas.

**Tabla 2**

Parámetros cinéticos y tasas de biodegradación de polímeros por larvas de *G. mellonella* al término de 30 días

| Polímero               | Masa Inicial (g) | Masa Final (g) | Masa pérdida Total (g) | Tasa diaria degradación | Tasa total degradación (%) |
|------------------------|------------------|----------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| PEBD                   | 1.4              | 1              | 0.4                    | 0,0133                  | 28.60                      |
| PEBD Verde             | 1.4              | 1.1            | 0.3                    | 0,0100                  | 21.40                      |
| Plástico Biodegradable | 1.3              | 0.8            | 0.5                    | 0,0167                  | 38.50                      |

## Discusión

Los hallazgos del presente estudio confirman que las larvas de *Galleria mellonella* poseen una capacidad biofragmentadora efectiva sobre los polímeros evaluados, con variaciones determinadas por la naturaleza química de cada material. Esta capacidad de degradación no es meramente mecánica, sino bioquímica, lo que coincide con lo expuesto por Bombelli et al. (2017), quienes demostraron que este lepidóptero puede romper los enlaces de carbono-carbono del polietileno mediante enzimas específicas.

El plástico biodegradable exhibió la mayor pérdida de masa. Este resultado es consistente con los hallazgos de Ren et al. (2019), quienes señalan que los polímeros diseñados para la biodegradación poseen enlaces éster más lábiles, facilitando la hidrólisis enzimática y la colonización microbiana acelerada en comparación con los polímeros sintéticos convencionales. Por su parte, el PEBD convencional mostró una degradación moderada pero constante, validando las teorías sobre la acción sinérgica entre el insecto y su microbiota. Según Yang et al. (2014), la degradación de polietileno está estrechamente vinculada a la presencia de bacterias como *Enterobacter* en el intestino de la larva, las cuales facilitan la oxidación del polímero.

Un punto crítico de análisis es la menor tasa de degradación observada en el PEBD de color verde. Estos resultados sugieren que los pigmentos y agentes estabilizadores actúan como barreras fisicoquímicas que incrementan la resistencia del material. Al respecto, autores como Brandon et al. (2018) señalan que ciertos aditivos plásticos y colorantes pueden inhibir la actividad enzimática o reducir la palatabilidad del material, lo que explicaría por qué el PEBD es procesado con mayor rapidez que el plástico

pigmentado.

La fase de latencia inicial de 10 días, donde la pérdida de masa fue nula en todos los tratamientos, puede atribuirse al periodo de inanición previa y aclimatación metabólica. Al ser introducidas a un entorno con el plástico como única fuente de carbono, las larvas experimentan un estrés nutricional inicial. Al respecto, Bombelli et al. (2017) y Yang et al. (2014) sugieren que durante este letargo inicial, ocurre una modulación en la microbiota intestinal del insecto; las bacterias endosimbiontes (como especies de *Enterococcus* y *Bacillus*) requieren un tiempo de inducción para expresar las enzimas específicas (como esterasas y lipasas) capaces de romper los enlaces de alta densidad del PEBD y los polímeros biodegradables.

La aceleración drástica en la pérdida de masa entre los días 10 y 25 demuestra el establecimiento exitoso de la actividad mecánica de masticación y la biofragmentación química. En esta etapa, el consumo acumulado ejerce su máximo efecto. La marcada preferencia por el plástico biodegradable en esta fase (alcanzando el 38.5% de degradación) se debe a que las uniones químicas de los bioplásticos (frecuentemente enlaces éster) poseen una menor energía de activación y son estructuralmente más accesibles para las enzimas hidrolíticas del tracto digestivo de la larva en comparación con los enlaces carbono-carbono del PEBD convencional (Lou et al, 2020; Bombelli et al., 2017).

La desaceleración de la pérdida de masa hacia el día 30 responde al ciclo biológico holometábolo de *G. mellonella*. Al alcanzar la fase prepupal, las larvas cesan su ingesta para iniciar la síntesis de seda y la diferenciación celular. Este comportamiento ha sido documentado por Lou et al. (2020), quienes enfatizan que la máxima eficiencia de

biodegradación se limita a los estadios larvales tardíos, decayendo drásticamente al iniciar la metamorfosis.

La heterogeneidad en los resultados confirma que la degradación depende de la estructura molecular del plástico. Estos datos posicionan a *G. mellonella* como un agente biotecnológico con potencial real para la gestión de residuos. Tal como sugieren Chávez-Mestanza y Lizana-Nicolás (2022), la integración de estos sistemas biológicos en procesos de pre-tratamiento podría acelerar la mineralización de plásticos persistentes, alineándose con las metas de economía circular y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

## Conclusiones

Las larvas de *Galleria mellonella* poseen una capacidad biofragmentadora efectiva, logrando una mayor degradación en plásticos biodegradables (38.5% de pérdida de masa) frente al PEBD convencional y al PEBD verde. Este hallazgo posiciona a *G. mellonella* como una alternativa biotecnológica viable y sostenible para la gestión de residuos plásticos, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

## Referencias

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Bombelli, P., Howe, C. J., and Bertocchini, F. (2017). Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Current Biology*, 27(8), R292–R293. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.02.060>
- Brandon, A. M., Gao, S. H., Tian, R., Ning, D., Yang, S. S., Zhou, J., Wu, W. M., and Criddle C. S (2018). Biodegradation of Polyethylene and Plastic Mixtures in Mealworms (Larvae of *Tenebrio molitor*) and Effects on the Gut Microbiome. *Environmental Science & Technology*, 52(11), 6526–6533. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02301>
- Cassone, B. J., Grove, H. C., Elebute, O., Villanueva, S. M. P, and LeMoine, C. M. R. (2020). Role of the intestinal microbiome in low-density polyethylene degradation by caterpillar larvae of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *Proceeding Biological Sciences*, 287(1922), 20200112. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0112>
- Chávez-Mestanza, J., y Lizana-Nicolás, R. (2022). *Cantidad óptima de larvas del "gusano de la cera" *Galleria mellonella* L. en la biodegradación del polietileno de baja densidad*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica Sedes Sapientiae]. <https://es.scribd.com/document/697135439/Tesis-betty-Lizana-Nicolas-mac-Neil-Chavez-Mestanza-fia>.
- Hwang, S. (2025). Systematic review on bioplastics and biodegradable materials: Advances and limitations. *Journal of Sustainable Materials*, 9(1), 45–62. <https://www.mdpi.com/1996-1944/18/18/4247>
- Kwadha, C. A., Ong'amo, G. O., Endegwa, P., Suresh, S., and Raina, S. K. (2017). The biology and control of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *Insects*, 8(2), 61. <https://doi.org/10.3390/insects8020061>
- Lou, Y., Li, Y., Wang, H., Liu, Q., & Zhang, W. (2020). Biodegradation of polyethylene and polystyrene by wax moth larvae (*Galleria mellonella* L.) and the effect of diet supplementation on gut microbiome composition. *Science of the Total Environment*, 714, 136862. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136862>
- Mhaddolkar, U., Astrup, T., and Vollprecht, D. (2024). Biodegradable plastics in waste management: Challenges and limitations in real-world scenarios. *Waste Management & Research*, 42(6), 1134–1148. <https://doi.org/10.1177/0734242X241231408>
- Ren, L., Men, L., Zhang, Z., Guan, F., Tian, J., Wang, B., Wang, J., Zhang, M., and Liu, W. (2019). Biodegradation of Polyethylene by *Enterobacter* sp. D1 from the Guts of Wax Moth *Galleria mellonella*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(11), 1941.

<https://doi.org/10.3390/ijerph16111941>

Spinola-Amilibia, M., Sanluis-Verdes, A., and Bertocchini, F. (2023). Plastic degradation by insect hexamerins: Near-atomic resolution structures of polyethylene-degrading proteins from wax worm saliva. *Nature Communications*, 14, 5568. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33100-0>

United Nations environment Programme [UNEP]. (2018). ISingle use plastics. A Roadmap for sustainability. [c h r o m e - extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefind mkaj/https://www.reloopplatform.org/wp-content/uploads/2018/06/UNEP-report-on-single-use-plastic.pdf](https://www.reloopplatform.org/wp-content/uploads/2018/06/UNEP-report-on-single-use-plastic.pdf)

Vilchez, E. (2025). *Caracterización molecular de la diversidad bacteriana en la degradación del poliestireno expandido (EPS) por el microbioma intestinal de larvas de Galleria mellonella* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo].

Yang, J., Yang, Y., Wu, W. M., Zhao, J., & Jiang, L. (2014). Evidence of polyethylene biodegradation by bacterial strains from the guts of waxworms (*Galleria mellonella*). *Environmental Science & Technology*, 48 ( 2 2 ) , 1 3 3 5 0 - 1 3 3 5 6 . <https://doi.org/10.1021/es504038a>