

# UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



## **Eficiencia de larvas de *Rhynchophorus Palmarum* en la degradación del polietileno de baja densidad**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

### **Autor:**

Gilder Pizango Chanchari

Delmes Yshuiza Cachique

Kleyder Soriano Vega

### **Asesor:**

Mtro. Carmelino Almestar Villegas

Morales, octubre del 2021

## DECLARACIÓN JURADA DE AUDITORÍA DE TESIS

Mtra. Kátherin Jina Luz Pinedo Gómez, de la facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFICIENCIA DE LARVAS DE RHYNCHOPHORUS PALMARUM EN LA DEGRADACIÓN DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD”**, constituye la memoria que presenta los Bachilleres Gilder Pizango Chanchari, Delmes Yshuiza Cachique y Kleyder Soriano Vega para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Morales, a los 19 días del mes de octubre del año 2021.



---

Kátherin Jina luz Pinedo Gómez

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En San Martín, Tarapoto, Morales, a...4..... día(s) del mes de.....octubre.....del año 20..21. siendo las....10:30...horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Tarapoto, bajo la dirección del (de la) presidente(a): ..... Mtra. Katterin Jina Luz Pinedo Gómez....., el (la) secretario(a): ..... Ing. Jhon Patrick Rios Bartra.....y los demás miembros: ..... MSc. Andres Erick Gonzales Lopez..... y el (la) asesor(a) ..... Mtro. Carmelino Almestar Villegas..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Eficiencia de larvas de Rhynchophorus palmarum en la degradación de polietileno de baja densidad.

..... del(los) bachiller/es: a) Gilder Pizango Chanchari

..... b) Delmes Yshuiza Cachique

..... c) Kleyder Soriano Vargas

..... conducente a la obtención del título profesional de: .....

Ingeniero Ambiental

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller-(a): ..... Gilder Pizango Chanchari .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	15	B-	Bueno	Muy bueno

Bachiller -(b): ..... Delmes Yshuiza Cachique .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	15	B-	Bueno	Muy bueno

Bachiller -(c): ..... Kleyder Soriano Vega .....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	15	B-	Bueno	Muy bueno

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente/a

  
\_\_\_\_\_  
Secretario/a

\_\_\_\_\_  
Asesor/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Bachiller (a)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (b)

\_\_\_\_\_  
Bachiller (c)

(\*) **Tabla de Calificación**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	20	A+	Con nominación de <b>Excelente</b>	Excelencia
	19	A		
	18	A-	Con nominación de <b>Muy Bueno</b>	Sobresaliente
	17	B+		
	16	B	Con nominación de <b>Bueno</b>	Muy Bueno
	15	B-		
	14	C	Con nominación de <b>Aceptable</b>	Bueno
DESAPROBADO	Menos de 14	D	Con nominación de <b>Deficiente</b>	Insuficiente

## **Tipo de publicación: Artículo original**

### **Eficiencia de larvas de *Rhynchophorus palmarum* en la degradación del polietileno de baja densidad**

Efficiency of *Rhynchophorus palmarum* larvae in low-density polyethylene degradation

Gilder Pizango Chanchari<sup>\*1</sup>, Delmes Yshuiza Cachique<sup>1</sup>, Kleyder Soriano Vega<sup>1</sup>, Carmelino Almestar Villegas<sup>1</sup>

1. Universidad Peruana Unión, Tarapoto. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Jr. Los Mártires, 218, Morales, San Martín, Perú. Correos electrónicos: gilderpizango@upeu.edu.pe (G. Pizango \*Autor de correspondencia), delmesyshuiza@upeu.edu.pe, kleydersoriano@upeu.edu.pe, carmelino.almestar@upeu.edu.pe

#### **Resumen**

Se evaluó la eficiencia de larvas de *Rhynchophorus palmarum* en la degradación del polietileno de baja densidad (PEBD). Para ello se seleccionó un diseño experimental con tres tratamientos (0, 10, 15 y 20 larvas) y seis repeticiones, con un total de 24 unidades experimentales (recipientes rectangulares). En cada recipiente se agregó cinco cuadrados PEBD de 4 cm de lado. Se midió el porcentaje de degradación del PEBD mediante el análisis de varianza. Las muestras de PEBD se pesaron al inicio y al final del ensayo, el cual tuvo una duración de cinco días. A nivel muestral se obtuvo mayor porcentaje de degradación (1.8%) con el tratamiento 10 larvas por recipiente, seguido de los tratamientos de 15 y 20 larvas. A pesar de que, no se obtuvo diferencia significativa en el porcentaje de degradación en los tratamientos, se recomienda continuar con el desarrollo de futuros trabajos de investigación que consideren la biodegradación del PEBD, ya que los plásticos constituyen un problema ambiental que afecta a nuestro planeta.

**Palabras clave:** Biodegradación, Plásticos, Suri

#### **Abstract**

The efficiency of *Rhynchophorus palmarum* larvae in low-density polyethylene (LDPE) degradation was evaluated. For this, an experimental design was selected with three treatments (0, 10, 15 and 20 larvae) and six repetitions, with a total of 24 experimental units (rectangular containers). Five 4 cm side LDPE squares were added to each container. The percentage of degradation of LDPE was measured by analysis of variance. The LDPE samples were weighed at the beginning and at the end of the test, which lasted five days. At the sample level, a higher percentage of degradation (1.8%) was obtained with the treatment of 10 larvae per container, followed by the treatments of 15 and 20 larvae. Despite the fact that no significant difference was obtained in the percentage of degradation in the treatments, it is recommended to continue with the development of future research works that consider the biodegradation of LDPE, since plastics constitute an environmental problem that affects our planet.

**Keywords:** Biodegradation, Plastics, Suri

#### **INTRODUCCIÓN**

En los últimos 50 años, la producción de plástico se ha incrementado exponencialmente, siendo que, en 27 países de la Unión Europea, más Noruega y Suiza; alrededor del 38% del plástico es desechado a los botaderos, constituyéndose así en un problema ambiental.

Asimismo, el 26% se destina al reciclaje y el restante 36% se utiliza en la recuperación de energía a través de la combustión (Bombelli & Bertocchini, 2016).

Para solucionar este problema creciente, se han desarrollado investigaciones sobre la biodegradación de polietileno de baja densidad por microorganismos como bacterias y hongos (Brandon et al., 2018), teniendo en cuenta que el origen de los estudios relacionados con la biodegradación fueron realizados con el objetivo de analizar el mecanismo de degradación de estos materiales por bacterias, hongos y otros organismos vivos (Rosa, Chui, Pantano, & Agnelli, 2002). Asimismo, la consecuencia de la generación y acumulación de plásticos en grandes cantidades se requieren nuevas soluciones para la degradación del polietileno (Rodrigues, Castro, Inagaki, & Araújo, 2018).

Recientemente, se está descubriendo que varias especies de organismos, dentro de ellos los coleópteros y lepidópteros, disponen de una alta capacidad para consumir y degradar distintos tipos de polímeros sintéticos. Durante muchos años el polietileno (PE) se ha estimado como un producto no biodegradable, sin embargo, investigaciones recientes demostraron que larvas de insectos vivos como la *Plodia Interpunctella* (gusanos de la harina de la India) albergan dos cepas bacterianas las cuales migraron hacia el polietileno. Del mismo modo, el *Tenebrio molitor* (gusano de la harina) ingiere y metaboliza polietileno y poliestireno (Cassone et al., 2020; Yang et al., 2014).

Desde el principio de los años setenta, los investigadores sobre la biodegradación del polietileno (PE) encontraron cepas que degradan este polímero, entre ellas, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Streptomyces*, *Brevibacterium*, *Nocardia*, *Moraxella*, *Penicillium* y *Aspergillus*. No obstante, debido a las características que tiene el PE como la fuerte hidrofobicidad, la alta energía de enlace químico y peso molecular hacen que la degradación sea eficiente, principalmente si son evaluadas por un periodo corto de tiempo (Yang et al., 2014).

El objetivo del artículo fue evaluar la eficiencia de larvas de *Rhynchophorus palmarum* en la degradación del polietileno de baja densidad.

## **MATERIALES Y MÉTODO**

### *Área de estudio*

La investigación se realizó en el mes abril de 2021 en la Asociación de viviendas Los Girasoles cuyas coordenadas son 344167 (E) y 9282774 (N), perteneciente al distrito de Morales, provincia de San Martín y departamento del mismo nombre. La precipitación y temperatura media anual son respectivamente 1213 mm y 25.3°C; una altitud de 330 msnm y zona de vida bosque seco tropical.

### *Métodos*

Para el desarrollo del estudio, se seleccionó un diseño experimental, con tres tratamientos (0, 10, 15, 20 larvas); y seis repeticiones haciendo un total de 24 unidades experimentales. Se utilizó un total de 270 larvas de *Rhynchophorus palmarum*. El peso y longitud de las larvas fue respectivamente  $10.68 \pm 1.81$  g y  $5.20 \pm 0.27$  cm. Cada unidad experimental estuvo conformada por un recipiente rectangular de plástico con las siguientes dimensiones 24 cm x 15 cm x 8 cm. En cada recipiente se agregó cinco cuadrados de PEBD de 4 cm de lado. Estos cuadrados se pesaron con una balanza de precisión al inicio y al final del ensayo. Las evaluaciones se realizaron desde el 23/04/2017 hasta 27/04/2021. Asimismo, se midió la temperatura al interior de las unidades experimentales obteniendo un valor de 25.3°C. Por otro lado, después de 24 horas, se agregó pulpa de *Mauritia flexuosa* como alimento (20 g por unidad experimental). También se registró diariamente el número de individuos muertos en los tratamientos.

### *Análisis de datos*

Para el análisis de datos se utilizó el análisis de varianza del porcentaje de degradación. Asimismo, se realizó el análisis descriptivo de la mortalidad de cada uno de los tratamientos.

## RESULTADOS

### *ANOVA de la degradación porcentual del PEBD*

Se obtuvo un p-valor de 0.056; el cual es mayor que 0.05, por ello se aceptó la  $H_0$ ; ya que no se encontró diferencia significativa entre el número de larvas que degradan el PEBD (ver tabla 1).

### *Gráfico de medias del porcentaje de degradación del PEBD*

El gráfico de medias del porcentaje de degradación del plástico PEBD se muestra en la figura 1. Se obtuvo un mayor porcentaje de degradación del PEBD a nivel muestral con el tratamiento de 10 larvas, siendo este porcentaje de 1.8%; seguido de los tratamientos de 15 larvas y 20 larvas.

### *Mortalidad porcentual de larvas*

Se encontró un mayor porcentaje de mortalidad con el tratamiento de 15 larvas (76.67%), seguido del tratamiento 20 larvas (72.22%), como se muestra en la tabla 2. Mientras que, con el tratamiento de 10 larvas se obtuvo un menor porcentaje de mortalidad (66.67%).

## DISCUSIÓN

Se encontró una eficiencia de degradación del PEBD del 1.8% con 10 larvas *Rhynchophorus palmarum* por unidad experimental. Asimismo, los plásticos generalmente son resistentes a la degradación biológica, por ello el proceso de biodegradación es lenta y en menor proporción. Es por ello que la innovación y el desarrollo tecnológico se consideran fundamentales para abordar la problemática de la contaminación ambiental de los plásticos; para lo cual se propone alternativas biológicas utilizando organismos vivos tales como la *G. mellonella* y *Tenebrio molitor*, las cuales son eficientes en la degradación de estos materiales (Mukherjee & Chatterjee, 2014). Por otro lado, en la investigación desarrollada por Doroteo, Alves and Campos (2020), se utilizó larvas de *T. molitor* en un periodo de diez días para determinar el consumo de polietileno PEAD de colores, obteniéndose mayor eficiencia de degradación (22.10%) con los plásticos transparentes. En otro estudio (Suresh & Chandrabanda, 2019) desarrollado con larvas de polilla de arroz (*Corcyra cephalonica*) se encontró una eficiencia de degradación del 21% del PEBD; asimismo los autores sostienen que el proceso de biodegradación se debe a las bacterias que habitan en el intestino de la larvas. Estas bacterias liberan enzimas digestivas, las cuales desempeñan un papel importante en la degradación del plástico. Por otro lado, Montazer, Habibi Najafi and Levin (2021), encontraron que, la incubación de *Bacillus aryabhattai* de las larvas de la polilla de la cera con polietileno de baja densidad tuvo efectos significativos sobre la pérdida de peso del polietileno de baja densidad y la producción de biomasa bacteriana.

Sin embargo Ghatge *et al.*, (2020), indican que, el análisis de los cambios fisicoquímicos y la pérdida de peso de las muestras del polietileno de baja densidad, no son suficientes para probar su real biodegradación. Asimismo, los autores mencionan que se debe analizar la actividad enzimática en el proceso de biodegradación del PEBD.

Asimismo, es importante mencionar que, de acuerdo a los resultados del experimento se obtuvo una eficiencia de 1.8% de degradación con el tratamiento de 10 larvas por unidad experimental; mientras que en las unidades experimentales con mayor número de larvas la eficiencia fue menor. El mayor porcentaje de biodegradación que se tuvo con la unidad experimental de larvas, se debe a factores como el espacio adecuado para conseguir el alimento, la mínima competencia, y la menor temperatura del entorno generada por el metabolismo de las larvas.

## CONCLUSIÓN

Del estudio realizado, se concluye que el número de larvas *Rhynchophorus palmarum* no influye en la disminución del peso de las muestras del PEBD, aunque de los tres tratamientos aplicados, el mayor porcentaje de pérdida de peso del PEBD de las seis réplicas se obtuvo con el tratamiento de 10 larvas. Por ello se recomienda realizar futuras investigaciones que consideren la biodegradación del PEBD, ya que es una alternativa ambientalmente sostenible para la degradación de polímeros sintéticos como el PEBD, los cuales vienen causando impactos negativos al ambiente como la contaminación del paisaje, pérdida de biodiversidad alteración de los ecosistemas. Entre los estudios futuros se deben considerar otros factores que influyen en la biodegradación del PEBD como análisis estereoscópico de las muestras, análisis microbiológico y enzimático del sistema digestivo de las larvas de *R. palmarum*.

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos especialmente al Mg. Carmelino Almestar Villegas, por la asesoría durante el desarrollo del presente estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bombelli, P., & Bertocchini, F. (2016). Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Encyclopedia of Parasitology*, 4, 1096–1096. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-43978-4\\_1240](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43978-4_1240)
- Brandon, A. M., Gao, S. H., Tian, R., Ning, D., Yang, S. S., Zhou, J., ... Criddle, C. S. (2018). Biodegradation of Polyethylene and Plastic Mixtures in Mealworms (Larvae of *Tenebrio molitor*) and Effects on the Gut Microbiome [Research-article]. *Environmental Science and 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., & 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*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 287(1922), 9–11. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0112>
- Doroteo, T., Alves, A., & Campos, R. (2020). Biodegradação de polietileno de alta densidade (PEAD) por meio de larvas de *Tenebrio molitor* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Tenebrionidae). *Revista Agrotecnologia, Ipameri*, 11(2), 57–64. Retrieved from <https://www.revista.ueg.br/index.php/agrotecnologia/article/view/10427>
- Ghatge, S., Yang, Y., Ahn, J. H., & Hur, H. G. (2020). Biodegradation of polyethylene: a brief review. *Applied Biological Chemistry*, 63(1). <https://doi.org/10.1186/s13765-020-00511-3>
- Montazer, Z., Habibi Najafi, M. B., & Levin, D. B. (2021). In vitro degradation of low-density polyethylene by new bacteria from larvae of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *Canadian Journal of Microbiology*, 67(3), 249–258. <https://doi.org/10.1139/cjm-2020-0208>
- Mukherjee, S., & Chatterjee, S. (2014). A comparative study of commercially available plastic carry bag biodegradation by microorganisms isolated from hydrocarbon effluent enriched soil. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*, 3(5), 318–325. Retrieved from [https://www.ijcmas.com/vol-3-5/Suman Mukherjee and Shamba Chatterjee.pdf](https://www.ijcmas.com/vol-3-5/Suman%20Mukherjee%20and%20Shamba%20Chatterjee.pdf)
- Rodrigues, L. V., Castro, E., Inagaki, F., & Araújo, J. H. (2018). Biodegradação de polietileno de alta densidade por meio de larvas e insetos de *Galleria mellonella* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Pyralidae). *Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 5(10), 771–777. <https://doi.org/10.21438/rbgas.051025>
- Rosa, D. S., Chui, Q. S. H., Pantano, R., & Agnelli, J. A. M. (2002). Avaliação da Biodegradação de Poli-beta-(Hidroxibutirato), Poli-beta-(Hidroxibutirato-co-valerato) e



Poli-épsilon-(caprolactona) em Solo Compostado. *Polímeros*, 12(4), 311–317.  
<https://doi.org/10.1590/s0104-14282002000400015>

Suresh, S., & Chandrabanda, S. (2019). First report on biodegradation of low density polyethylene by rice moth larvae, *Corcyra cephalonica* (stainton). *The Holistic Approach to Environment*, 9(4), 79–83. <https://doi.org/10.33765/thate.9.4.2>

Yang, J., Yang, Y., Wu, W. M., Zhao, J., & Jiang, L. (2014). Evidence of polyethylene biodegradation by bacterial strains from the guts of plastic-eating waxworms. *Environmental Science and Technology*, 48(23), 13776–13784.  
<https://doi.org/10.1021/es504038a>

### **CONFLICTO DE INTERÉS**

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Tabla 1. ANOVA del porcentaje de degradación

<b>Fuente de variación</b>	<b>SC</b>	<b>GL</b>	<b>SCM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Entre tratamientos	10.54	3	3.51	2.97	0.056
Dentro de los tratamientos	23.63	20	1.18		
Total	34.16	23			

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad de larvas

<b>Réplicas</b>	<b>Número de larvas</b>		
	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>
1	70.00	73.33	83.33
2	60.00	86.67	66.67
3	70.00	60.00	83.33
4	40.00	93.33	38.89
5	80.00	66.67	88.89
6	80.00	80.00	72.22
Media	66.67	76.67	72.22
SD	15.06	12.47	18.26

Figura 1. Porcentaje de degradación del PEBD, según tratamiento

