

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Revisión de la eficiencia del Galleria mellonella en la degradación  
de polietileno de baja densidad.**

Por:

Gilder Pizango Chanchari

Kleyder Soriano Vega

Asesor:

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

**Tarapoto, agosto de 2020**

## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

*Yo, Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo* de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “REVISIÓN DE LA EFICIENCIA DEL GALLERIA MELLONELLA EN LA DEGRADACIÓN DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD” constituye la memoria que presentan los estudiantes Gilder Pizango Chanchari y Kleyder Soriano Vega; para aspirar al Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

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

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Tarapoto, a los 12 días del mes de agosto del año 2020.



---

Asesor

Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Revisión de la eficiencia del Galleria mellonella en la degradación de polietileno de baja densidad

## TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Presentado para optar el Grado de Bachiller de Ingeniería Ambiental

### JURADO CALIFICADOR



Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra  
Presidente



Ing. Carmelino Almestar Villegas  
Secretario



Ing. Kátherin Jina Luz Pinedo Gómez

Vocal



Mtra. Betsabeth Teresa Padilla Macedo

Asesor

Tarapoto, 11 de agosto de 2020

## Resumen

Los residuos plásticos se encuentran presentes en cuerpos de agua y suelo, en distintas presentaciones, clases y tipos; y debido a su bajo costo son generados en gran cantidad. Estos poseen un ciclo de uso muy corto, ocasionando que se deseche de manera rápida. Además, que una vez utilizado pasa a ser acumulado y, debido a su extenso tiempo de degradación se convierte en un problema para el medio ambiente.

El presente trabajo tiene como objetivo revisar la eficiencia del *Galleria mellonella* en la degradación de polietileno de baja densidad, empleando dos métodos: uso del homogenizado proveniente del tracto digestivo del *Galleria mellonella* y el uso del lepidóptero *Galleria mellonella* bajo condiciones térmicas controladas, para lo cual, se llevó a cabo la búsqueda en bases de datos como Redalyc, Scielo, ScienceDirect y otros repositorios. Como resultado se obtuvo que el homogenizado procedente del tracto digestivo del *Galleria mellonella* es más eficiente en la degradación del polietileno de baja densidad, en comparación con el lepidóptero, el cual estuvo bajo condiciones térmicas controladas.

Se concluye que, el uso del homogenizado es una buena opción para biodegradar el polietileno de baja densidad.

**Palabras claves:** *Galleria mellonella*; biodegradación; polietileno de baja densidad; homogenizado; condiciones térmicas controladas.

## **Abstract**

The plastic wastes are in the bodies of water and soil, in different presentations, classes and types; due to the low cost, they are generated in large quantity. These have a very short usage cycle, causing to be disposed of quickly, in addition, once used they become accumulated, and on account of their extended degradation time, it becomes an environmental issue.

This research aims at the efficiency review of *Galleria mellonella* in the low density polyethylene degradation, utilizing two methods: The use of homogenized from the *Galleria mellonella* digestive tract and the use of *Lepidoptera*: *Galleria mellonella* under controlled thermic conditions, for which, the research was carried through data bases such us, Redalyc, Scielo, ScienceDirect and other data repositories. This research revealed the homogenized originating from *Galleria mellonella* digestive tract is more efficient in the low density polyethylene degradation, in comparison with the *Lepidoptera*, which was under controlled thermic conditions.

It therefore follows that, the use of the homogenized is a good option to biodegrade the low density polyethylene.

**Keywords:** shedding; downloads; drain; environmental; multiparameter

## 1. Introducción

Los plásticos no benefician al ambiente, sin embargo, su consumo se ha vuelto masivo en los últimos tiempos, convirtiéndose en una fuente importante de desperdicio y contaminación para nuestro planeta; esto debido al uso irresponsable y a la práctica de usar y desechar.

En el 2017 la producción de plástico en Europa alcanzó un total de 64.4 toneladas, según lo informa (PlasticsEurope, 2018). Por otro lado, en América del sur, específicamente Colombia, de acuerdo con (Álvarez, Chávez, Guzmán, & Montes, 2012), en su informe “Análisis de la contaminación generada por las botellas de plástico en Barranquilla y creación de botellas de papel como producto innovador” declara que: “en Colombia se estima que solo en las ciudades de Bogotá, Cali, Medellín y Barranquilla se producen semanalmente 88.100 toneladas de basuras y residuos plásticos de las cuales solo es recogido el 70%”.

Según (MINAM, 2018), en el Perú consumimos 3 mil millones de bolsas por año, de los cuales corresponde a un promedio de 30 kg por persona, además, sabiendo que, después de su uso generalmente o por costumbre este material es arrojado a los tachos de basura o al medio que nos rodea.

Se afirma que el mayor porcentaje de este plástico lo constituyen las bolsas, los especialistas están convencidos de que son parte fundamental del problema. Su vida útil media es de 12 minutos y se suelen usar solo una vez, pero demoran en degradarse 500 años (Vásquez et al., 2018). Es importante señalar que el reciclaje de plásticos es una excelente opción para reaprovechar los residuos generados, sin embargo, evitar la generación de estos, o buscar alternativas de solución de este problema es una opción mucho más efectiva.

Debido a su característica de ser inertes, los materiales plásticos no son atacados fácilmente por los microorganismos presentes en el ambiente, razón por la que estos materiales, actualmente de uso masivo y derivados del gas natural o del petróleo, se han considerado prácticamente no biodegradables. Frente a este problema, las investigaciones

se han dirigido a la búsqueda de diferentes alternativas, de separación y reuso o biodegradación física. (Gutiérrez, 2013)

Es por eso que el presente trabajo tiene como objetivo revisar la eficiencia del *Galleria mellonella* en la degradación de polietileno de baja densidad, empleando dos métodos: uso del homogenizado proveniente del tracto digestivo del *Galleria mellonella* y el uso del lepidóptero *Galleria mellonella* bajo condiciones térmicas controladas.

### **1.1. Biodegradación**

Según Joutey, Bahafid, Sayel, & el ghachtouli (2014), la biodegradación se define como la reducción catalizada biológicamente de la complejidad del compuesto químico. De hecho, la biodegradación es el proceso mediante el cual las sustancias orgánicas se descomponen en compuestos más pequeños por organismos microbianos vivos. Cuando de completa la biodegradación, el proceso se llama “mineralización”. Sin embargo, en la mayoría de los casos, el término biodegradación se usa generalmente para describir caso cualquier cambio biológicamente mediado en un sustrato. (p.2)

### **1.2. Polietileno**

Según Cardona, Lavernia, & Alcerro, (2010) menciona que, el polietileno es un plástico perteneciente a la familia de los termoplásticos. Actualmente se cuenta con cuatro subgrupos de materiales industriales de mayor uso: polietileno, polipropileno, poliestireno y el polivinilcloro. El polietileno es un polímero de cadena repetitiva de etileno (CH<sub>2</sub>). Es una molécula compuesta únicamente de átomos de carbono e hidrógeno que se caracterizan por tener propiedades químicas y mecánicas sobresalientes, resistentes al impacto y abrasión, y por ser químicamente inerte. (p.123)

(Pérez, 2015) menciona que, el polietileno se clasifica en varias categorías basadas sobre todo en su densidad y ramificación. Sus propiedades mecánicas dependen en gran medida de variables tales como la extensión y el tipo de ramificación, la estructura cristalina y el peso molecular. Dentro de los grados de polietileno más importantes se encuentra el polietileno de alta densidad (PEAD) y el polietileno de baja densidad (PEBD), o High density

polyethylene (HDPE) y Low density polyethylene LDPE en inglés, respectivamente (Kesti & Sharana, 2019).

### **1.3. Polietileno de alta densidad (HDPE)**

Estrada (2008), menciona que, este material tiene una estructura lineal muy ordenada con pocas ramificaciones, que, además, son muy cortas, por lo que es un material altamente cristalino. La temperatura de fusión de este plástico es de 130-136°C y se caracteriza por tener densidades entre 0.940-0.970 g/cm<sup>3</sup>. Presenta alta resistencia al ataque de agentes químicos, la cual mejora con el aumento de la densidad y el peso molecular, resiste muy bien los ácidos (no oxidantes) y bases fuertes. (p.5)

### **1.4. Polietileno de baja densidad (LDPE)**

Es un polímero termoplástico con densidad en el rango de 0.910-0.925 g/cm<sup>3</sup>, este material, aunque es considerado semi-cristalino tiene una estructura en su mayor parte amorfa, por lo que su apariencia es translúcida. El LDPE presenta una cantidad considerable de ramificaciones que no permiten la formación de cristales por lo que se obtiene un material con densidades relativamente bajas, con ramificaciones de grupos etilo y butilo. (Estrada, 2008, p.6)

### **1.5. Galleria mellonella**

Calizaya (2019), menciona que, la Galleria mellonella también llamada polilla de cera de abeja, cuya larva es conocida como gusano de cera, es una especie de insecto lepidóptero del sub orden glossata y del clado ditrysia, es la principal plaga destructiva y económicamente importante del panal de cera debido a sus hábitos de alimentación. (p.12)

Es un lepidóptero que está presente en cualquier parte del mundo donde se realiza el rubro apícola, demostrando ser un insecto bastante tolerante a las condiciones adversas de temperatura y humedad. (Zamorano, 2009, p.8)

## **2. Métodos**

### **2.1. Etapa 1:**

Identificación de las investigaciones, la cual consiste en recopilar información bibliográfica, como libros, revistas, artículos, tesis, entre otros. Para los cuales se tuvo que indagar repositorios nacionales e internacionales, teniendo como base la degradación de polietileno mediante el uso del lepidóptero *Galleria mellonella*. Después de haber recopilado la información, se analizó cada uno de ellas, se determinó dos investigaciones como principales para el desarrollo de esta investigación (“Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Galleria mellonella* bajo condiciones térmicas controladas en el 2017” y “Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, Lima – 2018”). Se consideró revisar otras fuentes adicionales, respecto al tema, para respaldar y discutir los resultados de las investigaciones.

### **2.2. Etapa 2:**

Desarrollamos el sintagma gnoseológico, es decir, captar información y conceptualizar el evento a comparar y el evento de clasificación. Se debe profundizar las ideas de la justificación en torno a la necesidad de comparar y debe presentar investigaciones anteriores referidas tanto a la descripción del evento de comparación. Revisamos la factibilidad de la investigación, es decir revisar investigaciones anteriores que permiten estimar las posibilidades reales de llevar a cabo la investigación, posibles estrategias e instrumentos que se han utilizado anteriormente.

Este estudio lo podemos diagramar de la siguiente manera:

**Tabla 1.** Diagrama del diseño de investigación descriptiva comparativa.

<b>Observaciones</b>		
	<b>Caso 1</b>	<b>Caso 2</b>
<b>Aspecto A</b>	A1	A2
<b>Aspecto B</b>	B1	B2
<b>Aspecto C</b>	C1	C2

Fuente: Adaptado de Hernández, Fernández, & Baptista (2010)

### **2.3. Etapa 3:**

Análisis, radica en emplear una matriz comparativa de métodos, para llevar a cabo el análisis detallado de cada uno de los procesos desarrollados en las investigaciones.

Asimismo, se comparará los resultados de las investigaciones, empleando un cuadro comparativo de resultados, en la cual, los datos obtenidos serán sistematizados en un gráfico, utilizando el programa Excel.

## **3. Resultados y Discusión**

### **3.1. Resultados**

#### **3.1.1. Comparación metodológica de las investigaciones de Velasco (2017) y Revilla (2018)**

##### **3.1.1.1. Metodología de Velasco (2017)**

La metodología aplicada en la investigación de Velasco (2017) fue, en primer lugar establecer un invernadero, en la cual se colocó las dos muestras a dos temperaturas (muestra A 25°C y muestra B 35°C) utilizando un termohigrómetro, para obtener información real de la Temperatura y Humedad, por un tiempo de 12 horas, con un porcentaje de humedad de 62%, además, se llevó a cabo el peso inicial de las bolsas plásticas para cada muestra de temperatura; en segundo lugar la selección del lepidóptero, en la que se eligieron 10 lepidópteros al azar, que fueron puestas en las bolsas plásticas, dentro del invernadero correspondiente, y se empezó a monitorear durante las 12 horas. Pasada las 12

horas se sacaron los lepidópteros, para posteriormente observar algún cambio en ambas muestras.

Una vez que se sacó la bolsa plástica y los lepidópteros se llevó a cabo el pesado final.

### **3.1.1.2. Metodología de Revilla (2018)**

En la investigación desarrollada por Revilla (2018), la metodología empleada se detalla mediante etapas, teniendo como primera etapa la recopilación de todos los elementos a utilizar (insumos, materiales e insumos); recolección de larvas de *Galleria mellonella*, seguidamente de generaron las muestras de PEBD, determinando que el área del polietileno sería de 200 cm<sup>2</sup>. Segunda etapa, consiste netamente la parte de laboratorio, en la que se considera la preparación del homogeneizado, comprendiendo el sacrificio de larvas por congelación, desinfección de larvas, pesado de larvas, extracción del tracto y desintegración con uso de mortero. Tercera etapa, se realizó el procesamiento de la información obtenida como resultado de la segunda etapa, desarrollando actividades como: Prueba gravimétrica cuantitativamente de la biodegradación de las muestras de PEBD tratadas, el cual consistió en determinar el porcentaje de peso perdido de las muestras tratadas en un tiempo determinado de 7 días; procesamiento de la data, se realizó el peso final y las comparaciones, con el uso de las Hojas de llenado de datos, para posteriormente ser tratados con el uso de Excel 2013.

### **3.1.2. Análisis comparativo de los resultados obtenidos por Velasco (2017) y Revilla (2018)**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos por los investigadores Velasco (2017) y Revilla (2018), según la metodología aplicada.

#### **3.1.2.1. Resultados de la investigación de Velasco (2017)**

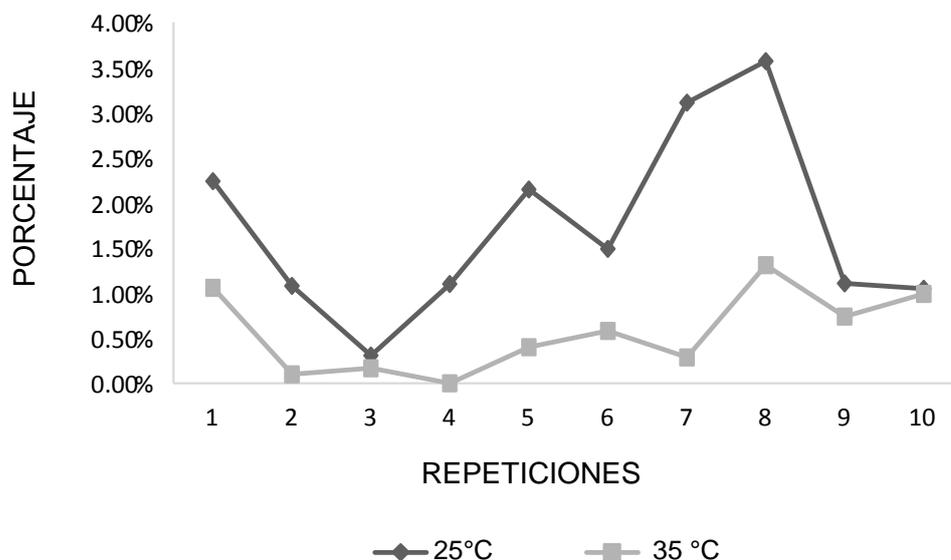


Figura N° 1. Diferencia de masas.

Fuente: Adaptado de Velasco (2017)

Cómo se puede ver en la Figura 1, el mayor porcentaje de degradación de polietileno de baja densidad se obtiene al emplear una temperatura de 25°C.

En cuanto a las características del lepidóptero *Galleria mellonella*, se determinó que el tamaño ideal para realizar una mejor degradación del polietileno de baja densidad está entre 20mm y 27 mm, en donde, además, presenta una coloración gris oscuro y, en cuanto a su alimentación se elaboró una preparación a base de salvado de trigo con miel de abeja, mientras que Restrepo, Arias, & Soto (2019), mencionan al “azúcar morena como una alternativa viable en la dieta convencional”. Incluso se llegó a registrar 7 mudas.

### 3.1.2.2. Resultados de la investigación de Revilla (2018)

Asimismo, de manera gráfica se representa la eficiencia del tratamiento aplicado al Polietileno de Baja Densidad (PEBD) de tipo Bolsas plásticas y Film, y como se puede observar, de todas las concentraciones analizadas, el más eficiente fue el de 10 ml de homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*.

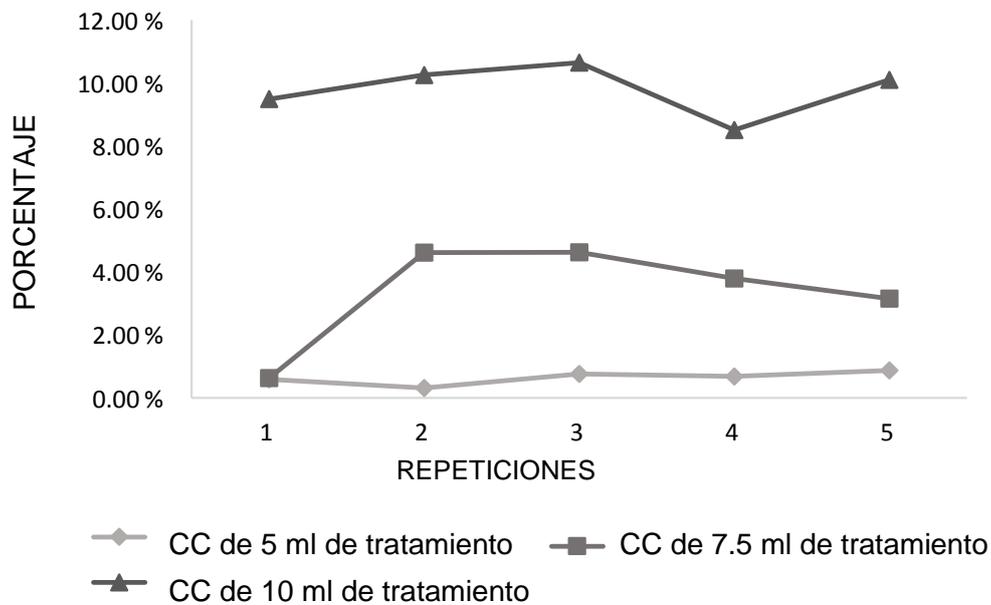


Figura N° 2. Eficiencia del tratamiento aplicado al PEBD tipo Bolsas Plásticas.

Fuente: Adaptado de Revilla (2018)

Al aplicar una mayor cantidad de homogenizado (10ml) a las muestras de polietileno de baja densidad tipo bolsas plásticas, se puede notar que el porcentaje de degradación es mucho más que las dosis menores (5ml y 7.5ml).

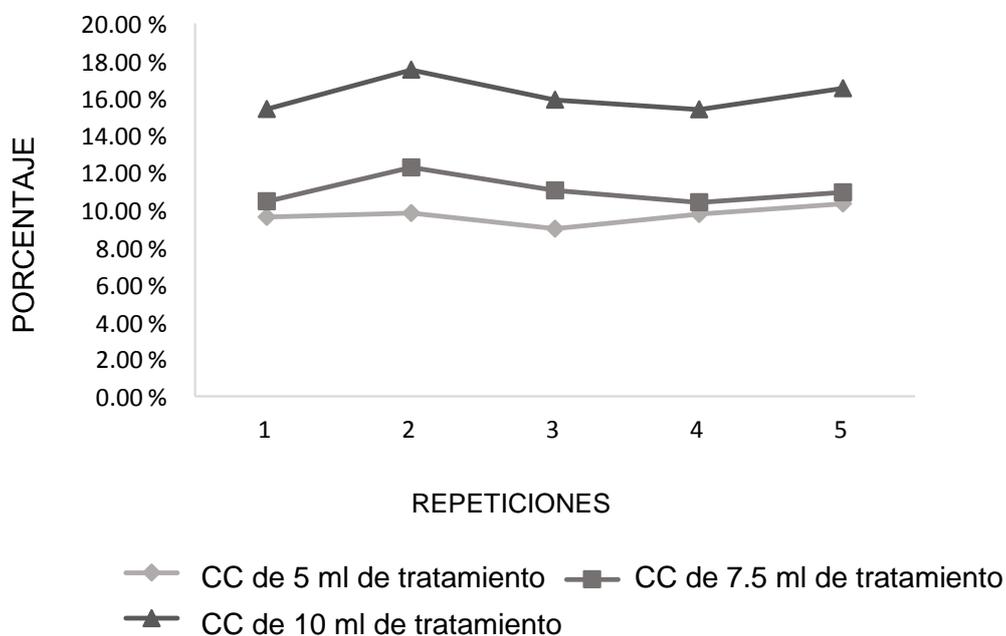


Figura N° 3. Eficiencia del tratamiento aplicado al PEBD tipo Film.

Fuente: Adaptado de Revilla (2018)

Asimismo, en el Gráfico N° 3 se observa que, el mayor porcentaje de degradación se presentó cuando se aplicó la dosis mayor (10ml), en comparación con las dosis menores (5 y 7.5ml), como ocurre también con la *Pseudomona aeruginosa* según Barbarán, Cabanillas, & Rubio (2018), que a mayor concentración bacteriana presentan mayores porcentajes de biodegradación de polietileno tereftalato.

### **3.2. Discusiones**

- Según Bombelli, Howe, & Bertocchini (2017), quienes evaluaron la eficiencia del homogeneizado procedente del tracto digestivo, indican que “el contacto físico entre el polietileno y el homogenizado modifica la integridad del polímero”. Sin embargo, Deras (2018) menciona que, las larvas de *Galleria mellonella* que son alimentadas y acondicionadas en laboratorio, no son las que llevan a cabo la degradación del polietileno de baja densidad, sino que, existe la probabilidad que aquellas que permanecen en su hábitat natural presenten microorganismos aptos para biodegradar.
- En cuanto al uso de temperaturas para ver el potencial de degradación del *G. mellonella*, Rodríguez (2015) menciona que, al aplicar temperaturas altas la fase larval se reduce, mientras que, a temperatura baja la fase larval se extiende.
- Las pruebas de espectroscopia infrarroja, se ha venido empleando en gran manera para determinar si existe degradación por partes de las larvas, como es el caso de Márquez (2019), quien observó el cambio en las características superficiales del polietileno, asimismo la presencia de microplásticos en las heces, siendo esta una hipótesis en la mortalidad de las larvas, ya que “no se pueden utilizar los materiales plásticos a modo de alimentación”.
- Martín (2012), al analizar un grupo de 24 artículos sobre microorganismos que realizan la biodegradación de polietileno, concluye que, los más

importantes fueron *Bacillus cereus*, *Bacillus sphaericus*, *Pseudomonas* sp. y *Rhodococcus* sp., mencionando, además, que “el mecanismo empleado por los microorganismos es una acción sinérgica con la degradación abiótica y la biológica conducida por enzimas como las peroxidasas, oxidasas e hidrolasas”. Mientras que Butrón (2020), al evaluar el potencial de *Pseudomona aeruginosa* frente al polietileno de baja densidad, este manifestó alta capacidad para biodegradar a temperatura de 25 y 35°C. Por lo que Gutiérrez (2013) menciona que, el uso de microorganismo para la biodegradación, podría ser la solución ante la problemática del plástico, sin embargo, aún no se ha encontrado uno que sea capaz de biodegradar completamente en corto tiempo.

#### **4. Conclusiones**

En la búsqueda de nuevas alternativas para combatir en excesivo uso del plástico, los microorganismos han tomado mucha fuerza en los últimos años, una de ellos es el *Galleria mellonella*, por lo que dentro del análisis realizado a las investigaciones de Velasco (2017) y Revilla (2018), se ha identificado que al aplicar concentraciones cada vez más altas de homogenizado procedente del tracto digestivo del *Galleria mellonella*, presenta una mayor efectividad en la degradación del polietileno de baja densidad, tal como lo demuestra Revilla (2018), quien aplicó concentraciones de 5, 7.5 y 10 ml. Siendo este una alternativa óptima para disminuir la problemática ocasionada por el desmedido uso del plástico.

Asimismo, existen otros microorganismos que fueron presentados en esta investigación, los cuales muestran alto índice de degradación. Sin embargo, se recomienda realizar más investigaciones aplicando concentraciones de homogenizado cada vez más altas de las ya presentadas.

## 5. Agradecimientos

Agradecer a Dios, por la vida, los cuidados y la fortaleza que me brinda para continuar con mis metas. Seguidamente, a nuestros amados padres quienes nos inculcaron valores y ansias de superación. De igual forma, a nuestros compañeros, quienes nos acompañaron a lo largo de mi preparación como profesional. Finalmente, a los Ingenieros Jhon Patrick Ríos Bartra y Betsabeth Teresa Padilla Macedo, quienes fueron una guía importante para la elaboración de esta investigación.

## 6. Referencias

- Álvarez, R. N., Chávez, Y. E., Guzmán, L. F., & Montes, E. I. (2012). Análisis de la contaminación generada por las botellas de plástico en Barranquilla y creación de botellas de papel como producto innovador. *ACADEMIA LIBRE*, 10(10), 71–76. Retrieved from <http://www.unilibrebaq.edu.co/ojsinvestigacion/index.php/academialibre/article/view/594>
- Barbarán, H. M., Cabanillas, L. J., & Rubio, Y. E. (2018). *Biodegradación de polietileno tereftalato (PET) por acción de Pseudomonas aeruginosa, en condiciones de laboratorio*. Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32118>
- Bombelli, P., Howe, C. J., & 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>
- Butrón, S. B. (2020). *Capacidad de biodegradación de Pseudomonas aeruginosa frente al polietileno de baja densidad* (Universidad Nacional del Altiplano). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/13475>
- Calizaya, C. A. M. (2019). *Evaluación del polietileno como alimento de la Galleria Mellonella como alternativa en la biodegradación* (Universidad Privada de Tacna). Retrieved from <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1264>
- Cardona, D., Lavernia, C. J., & Alcerro, J. C. (2010). *Polietileno*. 24(2), 123–128. Retrieved from <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2010/or102m.pdf>
- Deras, G. A. (2018). *Efecto del consumo del polietileno de baja densidad en el desarrollo de la polilla de la cera (Galleria mellonella, Lepidóptera: Pyralidae)*. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6367/1/IAD-2018-T011.pdf>
- Estrada, A. N. (2008). *Síntesis de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) mediante el sistema (n-BuCp)2ZrHAIH4/SiO2/MAO y evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas* (Centro de Investigaciones en Química Aplicada). Retrieved from

[https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/255/1/Alba Nidia Estrada Ramirez Maestria.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/255/1/Alba%20Nidia%20Estrada%20Ramirez%20Maestria.pdf)

Gutiérrez, J. (2013). *Biodegradación de polietileno de baja densidad por consorcios microbianos*. Retrieved from [https://www.zaragoza.unam.mx/wpcontent/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis\\_gutierrez\\_pescador.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wpcontent/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_gutierrez_pescador.pdf) Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2010). *Metodología de la Investigación: Quinta Edición* (Quinta Edi; S. A. D. C. V. EDITORES, INTERAMERICANA, Ed.). Retrieved from [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodología de la investigación 5ta Edición.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%205ta%20Edici3n.pdf)

Joutey, N. T., Bahafid, W., Sayel, H., & el ghachtouli, N. (2014). Biodegradation: Involved Microorganisms and Genetically Engineered Microorganisms. *IntechOpen*, 33. <https://doi.org/10.5772/56194>

Kesti, S., & Sharana, S. (2019). Physical and Chemical Characterization of Low Density Polyethylene and High Density Polyethylene. *ScienSage*, (August), 1–6. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/335260300\\_Physical\\_and\\_Chemical\\_Characterization\\_of\\_Low\\_Density\\_Polyethylene\\_and\\_High\\_Density\\_Polyethylene](https://www.researchgate.net/publication/335260300_Physical_and_Chemical_Characterization_of_Low_Density_Polyethylene_and_High_Density_Polyethylene)

Márquez, A. C. (2019). *Viabilidad de la biodegradación de Polietileno y Poliuretano por la polilla de la cera (Galleria mellonella): Factores que afectan tasas de degradación y supervivencia*. Retrieved from <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/44251>

Martín, K. F. (2012). *Bioprospección de la degradación del polietileno*. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10554/11849>

Pérez, V. J. (2015). *Caracterización De Materiales Termoplásticos : Polietileno*. Retrieved from <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/60367/fichero/Caracterización+de+materiales+termoplásticos+polietileno.pdf>

PlasticsEurope. (2018). *An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Retrieved from [https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics\\_the\\_facts\\_2018\\_AF\\_web.pdf](https://www.plasticseurope.org/application/files/6315/4510/9658/Plastics_the_facts_2018_AF_web.pdf)

Restrepo, A. M., Arias, P. L., & Soto, A. (2019). Efecto de diferentes fuentes de miel en la cría de *Galleria mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) para la multiplicación de nemátodos entomopatógenos. *Boletín Científico Centro de Museo de Historia Natural*, 23(1), 73–81. <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.4>

Revilla, S. M. (2018). *Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad,*

Lima - 2018. Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/20217>  
Rodríguez, L. C. (2015). *CICLO BIOLÓGICO DE Galleria mellonella Linnaeus*

(LEPIDOPTERA: PYRALIDAE). Retrieved from  
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2107>

Vásquez, A., Sotelo, P. X., Espinoza, R. M., Velasco, M., Quecholac, X., Beltrán, M., & Álvarez, J. C. (2018). *Degradación y Biodegradación*. Retrieved from  
[https://www.researchgate.net/publication/330524250\\_Degradacion\\_Biodegradacion\\_de\\_Plasticos\\_RESUMEN\\_EJECUTIVO\\_2018](https://www.researchgate.net/publication/330524250_Degradacion_Biodegradacion_de_Plasticos_RESUMEN_EJECUTIVO_2018)

Velasco, M. J. (2017). *Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero Galleria mellonella bajo condiciones térmicas controladas en el 2017*. Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12614>

Zamorano, D. E. (2009). *Uso de Bacillus thuringiensis L. como agente de control de larvas de la polilla mayor de la cera Galleria Mellonella L. (Lepidóptera: Pyralidae)*.

(Universidad Austral de Chile). Retrieved from  
<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/UPT/1264>