



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EFICIENCIA DEL HOMOGENIZADO PROVENIENTE DEL TRACTO  
DIGESTIVO DE LA *Galleria mellonella* EN LA BIODEGRADACIÓN DE  
DOS TIPOS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD, LIMA - 2018**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORA**

Revilla Torres, Sandra Macol

**ASESOR**

Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Tratamiento y Gestión de los residuos

LIMA-PERÚ

2018



ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

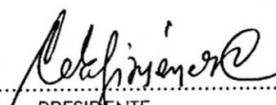
Código : F07-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don

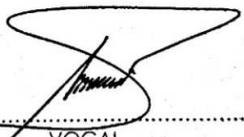
(a) Sandra Macd Revilla Torres  
cuyo título es: "Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la Galleria mellonella en la biodegradación de dos tipos de Polietileno de baja densidad. Lima - 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (número)  
QUINCE (letras).

Los Olivos... 16 de Julio del 2018 .

  
PRESIDENTE  
Dr. Jiménez Calderón, Cesar

  
SECRETARIO  
Mg. Constanza Castromonte, Cecilia

  
VOCAL  
Dr. Jorge Nakayo, Jorge Leonardo

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

**Dedicatoria:**

A la vida, y a quienes me la dieron.

**Agradecimientos:**

Agradezco a Dios, a la Virgen y a las fuerzas del universo, por permitirme tomar este camino, en esta vida, en este tiempo, y en este espacio.

A mis padres, por inculcarme lo correcto y apoyarme en mi decisión de ser Ingeniera Ambiental.

A mis hermanos, por ser mis mejores amigos y compañeros siempre.

A mi Asesor, Dr. Jave Nakayo, Jorge Leonardo por su aporte y apoyo en mi investigación.

A mis docentes universitarios por brindarme los conocimientos adquiridos e incentivar en mí el amor por la vida y la naturaleza.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Sandra Macol Revilla Torres, identificado con DNI N° 47656124, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, de la Escuela Académico Profesional de Ingeniera Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 16 de Julio del 2018



---

Sandra Macol Revilla Torres

DNI. 47656124

## **PRESENTACIÓN**

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “EFICIENCIA DEL HOMOGENIZADO PROVENIENTE DEL TRACTO DIGESTIVO DE LA *Galleria mellonella* EN LA BIODEGRADACIÓN DE DOS TIPOS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD LIMA-2018”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniera Ambiental.

Sandra Macol Revilla Torres

**Autora**

## INDICE

<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....	v
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>ABSTRACT</b> .....	xii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1. Realidad Problemática</b> .....	2
<b>1.2. Trabajos previos</b> .....	3
<b>1.2.2. Internacionales</b> .....	3
<b>1.2.3. Locales</b> .....	9
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema</b> .....	10
<b>1.3.1. Plásticos en el Perú</b> .....	10
<b>1.3.2. Simbología de plásticos</b> .....	11
<b>1.3.3. Clasificación de los plásticos</b> .....	11
<b>1.3.4. <i>Galleria mellonella</i> (gusano de cera)</b> .....	12
<b>1.3.5. Larvas de <i>Galleria mellonella</i></b> .....	13
<b>1.3.6. Ciclo biológico de la <i>Galleria mellonella</i></b> .....	14
<b>1.3.7. Eficiencia</b> .....	15
<b>1.3.8. Plásticos</b> .....	15
<b>1.3.9. Polietileno de baja densidad</b> .....	15
<b>1.3.10. Degradación biológica</b> .....	15
<b>1.3.11. Homogenizado</b> .....	15
<b>1.3.12. Análisis Gravimétrico</b> .....	16
<b>1.3.13. Biodegradable</b> .....	16
<b>1.3.14. Residuo</b> .....	16
<b>1.3.15. Biotecnología</b> .....	16
<b>1.3.16. Contaminante</b> .....	16
<b>1.3.17. Minimización</b> .....	16
<b>1.3.18. Relleno Sanitario</b> .....	17
<b>1.4. Formulación del problema</b> .....	17
<b>1.4.1. Problema General</b> .....	17
<b>1.4.2. Problemas Específicos</b> .....	17
<b>1.5. Justificación del estudio</b> .....	18

1.6.	Hipótesis .....	19
1.7.	Objetivos .....	20
1.7.1.	Objetivo General: .....	20
1.7.2.	Objetivos Específicos: .....	20
II.	MÉTODO.....	21
2.1.	Diseño de investigación .....	22
2.2.	Variables, operacionalización .....	22
2.3.	Población y muestra .....	29
2.3.1.	Población .....	29
2.3.2.	Muestra .....	29
2.3.3.	Marco muestral .....	30
2.3.4.	Muestreo.....	31
2.3.5.	Unidad de muestra .....	31
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	31
2.4.1.	Etapas de la investigación: .....	31
2.4.2.	Instrumentos de Validación: .....	43
2.4.3.	Validación y confiabilidad del instrumento .....	46
2.5.	Métodos de análisis de datos .....	46
2.6.	Aspectos éticos .....	46
III.	RESULTADOS.....	47
3.1.	Análisis de Pesos y Volúmenes del tratamiento de <i>Galleria mellonella</i> .....	48
3.2.	Pruebas de Gravimetría Bolsas plásticas .....	48
3.2.1.	Concentración de 5ml de Tratamiento.....	48
3.2.2.	Concentración con 7.5 ml de tratamiento. ....	50
3.2.3.	Concentración con 10 ml de tratamiento. ....	51
3.3.	Pruebas de Gravimetría Film.....	52
3.3.1.	Concentración con 5 ml de Tratamiento .....	52
3.3.2.	Concentración con 7.5 ml de tratamiento. ....	54
3.3.3.	Concentración con 10 ml de tratamiento. ....	55
3.4.	Eficiencia de los tratamientos.....	56
3.4.1.	Eficiencia del tratamiento aplicado al PEBD tipo Bolsas Plásticas. ....	56
3.4.2.	Eficiencia del Tratamiento al PEBD tipo Film. ....	58
3.5.	Análisis de los resultados .....	59
3.6.	Análisis de Varianza con un factor (ANOVA).....	60
IV.	DISCUSIONES .....	66

<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	69
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	71
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	72
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	75

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de Cepas bacterianas asociadas con la biodegradación del polietileno.....	8
Tabla 2: Tabla de Cepas de hongos asociados con la biodegradación de polietileno. ....	9
Tabla 3: Clasificación de los plásticos .....	12
Tabla 4: Cuadro de Variables y Operacionalización.....	25
Tabla 5: Prueba gravimétrica cuantitativa.....	44
Tabla 6: Cálculo de Eficiencias.....	45
Tabla 7: Técnicas e Instrumentos de recolección de datos. ....	46
Tabla 8: Check list de verificación. ....	48
Tabla 9: Tabla de Diferencia de Pesos-C1-Tipo bolsas plásticas.....	48
Tabla 10: Tabla de diferencia de pesos C2-Tipo bolsas plásticas .....	50
Tabla 11: Tabla de diferencia de pesos C3-Tipo bolsas plásticas .....	51
Tabla 12: Tabla de diferencia de pesos C1-Tipo film .....	52
Tabla 13: Tabla de diferencia de pesos C2-Tipo film.....	54
Tabla 14: Tabla de diferencia de pesos C3-Tipo film.....	55
Tabla 15: Tabla de Eficiencias-PEBD Tipo Bolsas plásticas.....	57
Tabla 16: Tabla de Eficiencias-PEBD Tipo Film .....	58
Tabla 17: ANOVA-Bolsas Plásticas .....	61
Tabla 18: Comparaciones múltiples. ANOVA-Tukey .....	61
Tabla 19: Medias para los subconjuntos de Volumen de tratamiento (V1, V2 y V3).....	62
Tabla 20: ANOVA-Film .....	63
Tabla 21: Comparaciones múltiples-Tukey .....	64
Tabla 22: Medias para los subconjuntos de volumen de tratamiento (V1, V2 y V3) .....	64

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Simbología de Plásticos .....	11
Ilustración 2: Larva de Galleria mellonella.....	14
Ilustración 3: Film. ....	23
Ilustración 4: Bolsas Plásticas .....	23
Ilustración 5: Dimensiones de la muestra de polietileno de baja densidad .....	29
Ilustración 6: Flujograma de las Etapas de la investigación. ....	32
Ilustración 7: Cuadro de insumos, materiales e instrumentos. ....	32
Ilustración 8: Diagrama de flujo para la elaboración del sustrato. ....	33
Ilustración 9: Larvas de Galleria mellonella en la cera.....	35
Ilustración 10: <i>Galleria mellonella</i> .....	35

Ilustración 11: Muestra de Polietileno-Bolsas plásticas .....	36
Ilustración 12: Muestra de Polietileno-Film.....	36
Ilustración 13: Proceso de elaboración del Homogenizado .....	37
Ilustración 14: Sacrificio de larvas.....	37
Ilustración 15: Desinfección de larvas. ....	38
Ilustración 16: Pesado previo de larvas.....	38
Ilustración 17: Extracción. ....	39
Ilustración 18: Pesado de muestra de film.....	40
Ilustración 19: Volúmenes de homogenizado 5, 7.5 y 10 ml. ....	41
Ilustración 20: Derecha: Colocación de homogenizado en la muestra de PEBD. Izquierda: Preparación de homogenizado. ....	41
Ilustración 21: Muestras en incubadora.....	42
Ilustración 22: Gráfico del Análisis Gravimétrico C1-Bolsas plásticas.....	49
Ilustración 23: Gráfico del Análisis Gravimétrico C2-Bolsas plásticas.....	51
Ilustración 24: Gráfico de Análisis Gravimétrico C3-Bolsas plásticas. ....	52
Ilustración 25: Gráfico de Análisis Gravimétrico C1-Film.....	53
Ilustración 26: Gráfico de Análisis Gravimétrico C2-Film.....	55
Ilustración 27: Gráfico de Análisis Gravimétrico C3-Tipo film .....	56
Ilustración 28: Grafica del Promedio de Eficiencias.....	60
Ilustración 29: Gráfico de relación de variables.....	63
Ilustración 30: Gráfica de relación de variables.....	65

## RESUMEN

La presente investigación determinó la eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* para la biodegradación del polietileno de baja densidad en dos tipos comerciales, siendo evaluados el film y bolsas plásticas, se determinó el volumen de homogenizado que es más eficiente para la biodegradación del film y bolsas plásticas, siendo comparados tres volúmenes en iguales condiciones, los volúmenes fueron de 5 ml, 7.5 ml y 10 ml y finalmente se determinó la eficiencia en términos de tiempo para los dos tipos de polietileno de baja densidad anteriormente mencionados. La metodología aplicada se enfoca en el cálculo de eficiencia, que está en función a la diferencia de pesos iniciales (PI) y pesos finales (PF), obtenidos al contacto con el homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* durante siete días consecutivos no interrumpidos, para los dos tipos de polietileno de baja densidad, y en cinco repeticiones. De la data obtenida en el laboratorio de Biotecnología y el procesamiento estadístico, donde la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, es la variable dependiente y el homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, es la variable independiente, se obtuvo que están directamente relacionados. El cálculo de la eficiencia se realizó con la aplicación de la fórmula  $(W.Plástico (P_i - P_f)) / P_f\%$ . Los resultados obtenidos indicaron existencia de biodegradación. Los promedios obtenidos de la eficiencia para la biodegradación del tipo bolsas plásticas, en una muestra de 20 cm x10 cm, con el volumen de 5 ml de tratamiento fue de 0.64%, con el volumen de 7.5 ml de tratamiento fue de 3.36% y con el volumen de 10 ml fue de 9.79%, lo que representaría un promedio parcial de 4.60%. El promedio de la eficiencia para la biodegradación del film, fue mayor, evidenciándose que 5 ml pueden biodegradar con la eficiencia de 9.70%, con 7.5 ml fue de 11.02% y con 10 ml fue de 16.13%. Obteniéndose como promedio parcial de 12.28%. Lo que indicaría que a mayor volumen de tratamiento, existe una mayor eficiencia, y realizando un comparativo en iguales condiciones entre ambos tipos de polietileno de baja densidad, hay mayor porcentaje de biodegradación en el film, siendo éste tipo el más óptimo para el tratamiento de éste tipo.

**Palabras clave:** *Galleria mellonella*, homogenizado, eficiencia, biodegradación, polietileno de baja densidad.

## ABSTRACT

The present investigation determined the efficiency of the Homogenized digestive tract of *Galleria mellonella* for the biodegradation of the low density polyethylene in two of his commercial types: plastic film and polybags. The more efficient volume of homogenized was determined by comparing the biodegradation of three volumes of samples in equal conditions; the volumes were 5 ml, 7.5 ml and 10 ml and finally the efficiency in terms of time was determined for the two types of low density polyethylene mentioned before.

The applied methodology focuses on the calculation of efficiency, which is a function of the difference in initial weights (PI) and final weights (PF), obtained from the samples in contact with the homogenized digestive tract of *Galleria mellonella* during seven uninterrupted consecutive days. This method was applied for the two types of low density polyethylene in five repetitions. From the data obtained from the Biotechnology laboratory and statistical processing, where the dependent variable was the biodegradation of two types of low density polyethylene and the homogenized digestive tract of *Galleria mellonella* was the independent variable, it was obtained that they are directly related. The calculation of the efficiency was made with the application of the formula  $(W.Plastic (Pi - Pf)) / Pf\%$ . The results obtained indicated the existence of biodegradation. The averages efficiency for the biodegradation of the plastic bags type, in a sample of 20 cm x10 cm, with the volume of 5 ml of treatment was 0.64%, with the volume of 7.5 ml of treatment was of 3.36% and with the volume of 10 ml was 9.79%, which would represent a partial average of 4.60%. The average efficiency for biodegradation of the film was greater, showing that 5 ml can biodegrade with the efficiency of 9.70%, with 7.5 ml it was 11.02% and with 10 ml it was 16.13%. Obtaining as a partial average of 12.28%. This would indicate that the higher the volume of homogeneize, the greater the efficiency, and making a comparison at same conditions for both types of low density polyethylene, there is a higher percentage of biodegradation in the film, being the most optimal for the treatment of this type.

**Keywords:** *Galleria mellonella*, homogeneized, efficiency, biodegradation, low density polyethylene.

## **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1. Realidad Problemática**

Greenpeace, (2011); en el dossier de prensa llamado “Plásticos en los océanos. Datos comparativos e impactos”, menciona que 8 millones de toneladas de plásticos tienen como destino final los mares y océanos cada año y representa 60-80% de la basura marina y la gran proporción se encuentra en forma de micro plásticos (5 mm). No se tiene la cantidad con exactitud pero se estima que 5-50 billones de fragmentos se encuentran en los mares, excluyendo los trozos que son encontrados en el fondo marino. Hay 5 islas de basura conformadas por plásticos, que en la gran mayoría está conformada por microplásticos, dos de ellas se encuentran en el Pacífico, dos en el Atlántico y una en el Índico. El MINAM, (2014), en el “Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del ámbito municipal y no municipal 2013”, menciona que en el año 2013 en el país se generó un valor promedio de 0.56 kg/hab./día de residuos sólidos, y en Lima se generó 5 684 258 kg/día, lo que representaría el 0.591 kg/hab./día; además el 30.0% de la composición física corresponde a los Residuos no peligrosos reaprovechables, y el 4.41 % corresponde a bolsas, 2.48% a plástico duro y 3.63% de plástico PET, es decir que según estas referencias podríamos llegar a la conclusión que en el día, en Lima se genera 250 675. 7 kg de bolsas, 140 969. 6 kg de plástico duro y 206 338. 5 kg de Polietileno de baja densidad.

En la actualidad, la problemática ambiental referente a los residuos sólidos, es un tema creciente debido a la demanda de servicios e incremento de la población. El incremento desmesurado de la generación de residuos sólidos trae consigo uno de los tipos de residuos más abundantes por ser uno de los más usados, estamos hablando del plástico (polietileno), que son fabricados en enormes cantidades debido a la demanda que éstos puedan tener, sin embargo al ser un derivado del petróleo por el uso del polietileno y polipropileno en su fabricación, éste tipo de producto termina siendo caro, pues si bien es cierto lo encontramos en casi todo lado, es uno de los contaminantes más importantes debido al tiempo de degradación, por lo que puede tardar miles de años dependiendo el tipo de plástico, para poder degradarse en forma natural. Frente a esta problemática, diversos estudios han orientado la biodegradación como una alternativa frente a la problemática actual, en la cual se busca acelerar la degradación de los residuos plásticos que se encuentran presentes en el ambiente o minimizar la generación de este material mediante mecanismos de reemplazo, no fabricación y reciclaje. Antecedentes a la presente investigación, el tratamiento del polietileno con el uso de hongos y bacterias; obteniéndose como resultado la biodegradación del polietileno pero en pequeñas cantidades. El objetivo

de la presente investigación es determinar la eficiencia del homogenizado a base del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* para degradar dos tipos de polietileno de baja densidad, realizar el seguimiento y documentar ésta alternativa de tratamiento para este tipo de residuo por ser una solución efectiva y rápida para reducir y mitigar la contaminación actual y hacer frente a la producción irresponsable de plásticos. El lugar de aplicación de la parte experimental fue en el Laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo, en la cual las muestras de polietileno de baja densidad fueron verificadas en un estado principal óptimo, sin ningún tipo de contaminante o deterioro notable, con la finalidad de observar con mayor claridad los signos de biodegradación. Se escogió éste tipo de elementos para someter a las pruebas basándose en su complejidad para la degradación natural, y además de continuar con la investigación de la Dra. Bertocchini, quien descubrió de manera casual que las larvas de *Galleria mellonella* eran capaces de corroer el film por las capacidades metabólicas que éstas poseen.

## **1.2. Trabajos previos**

### **1.2.2. Internacionales**

VILLA-CARBAJAL, [ét al] (2008), en su artículo “Degradación biológica de polímeros mediante la selección y producción de potenciales cultivos indicadores”, tuvo como principal objetivo realizar la degradación biológica con el uso de microorganismos, específicamente con la *Brevibacillus borstelensis*, en la cual debido a las capacidades metabólicas propias, pudo degradar el polietileno debido a que es capaz de consumir el polietileno de baja densidad (PEBD) como una fuente de carbono. El ensayo de laboratorio tomo en cuenta tres procedimientos previos a la incubación: Exposición a radiación ultravioleta, procesado térmico y una combinación de radiación ultravioleta y tratamiento térmico, continuamente se procedió a minimizar el tamaño del plástico a trozos circulares de 1cm de diámetro, finalmente se procedió a lavar los trozos de plástico en etanol durante una noche previa a la incubación. Como conclusión se obtuvo la biodegradación del polietileno mediante la *Brevibacillus borstelensis*.

AGAMUTHU, (2005), en su artículo “Biodegradabilidad de los residuos plásticos degradables”, tuvo como objetivo principal demostrar la degradación de plásticos biodegradables provenientes de Mac Donals (Malasia) y bolsas de basura de Japón o Hong Kong, con la finalidad de dar a ver que éstos materiales pueden compostarse. Los resultados fueron positivos, debido al crecimiento de *P.aeruginosa* en las muestras de

polietileno, usándolas como fuente de carbono para su desarrollo. En conclusión se demostró que debido a las cualidades de los microorganismos, éstos pueden degradar el polietileno.

ALONSO, [ét al], en su estudio de “Biodegradación de polietileno: evaluación gravimétrica y por espectroscopia infrarroja”, tuvo como finalidad demostrar la degradación de bandejas de polipropileno con microorganismos que están presentes en el humus proveniente de la lombricultura, se realizó el análisis de la pérdida de peso de bandejas de polipropileno mediante el enterramiento de humus, en ambientes de 25°C y 40-50% de humedad; y finalmente las muestras fueron expuestas a espectros infrarrojo de muestra y testigo. Finalmente la muestra obtenida con 14 meses de incubación y al testigo respectivo, fue expuesta a un espectrómetro infrarrojo. Como resultado se obtuvo el rompimiento de las moléculas de carbono metínico y mediante pruebas gravimétricas se pudo corroborar la pérdida en peso de las bandejas. Como conclusión se obtuvo que los microorganismos provenientes del humus pueden degradar el polietileno.

QUINCHÍA y MAYA, (2015), en su estudio de “Degradabilidad de polietileno de baja densidad-LPDE-utilizando *Pycnoporus sanguineus* UTCH 03”, tuvo como objetivo principal realizar la degradación del polietileno de baja densidad mediante un hongo, sometió bandas de polietileno en contacto con el hongo *Pycnoporus sanguineus* UTCH03. Se usó polietileno de baja densidad (mediante pellets y bolsas plásticas que sirven de empaque en láminas de 5cm x 5 cm) como sustrato de crecimiento para el hongo, conjuntamente con la humedad (semillas de songo) y temperatura (10 °C y 22 °C). Los análisis se realizaron en un tiempo de 6 meses y se analizaron los cambios mediante análisis gravimétricos y visualización de cambios a nivel de superficie del polietileno (Microscopia electrónica de barrido), asimismo también la Espectrofotometría Infrarroja por Transformada de Fourier-FTIR y Calorimetra Diferencial de Barrido. Los análisis fueron realizados en laboratorio, en las cuales se corroboró que el hongo incrementa la degradación del polietileno de baja densidad, debido a que llegan a cubrir el sustrato casi por completo en la condición más óptima de temperatura y humedad, debido a que el hongo se adapta en el sustrato del songo y polietileno, y da como resultado la proliferación de hifas y esporas; por consiguiente la depolimerización es identificada en las pruebas

microscópicas de cambios en la superficie del polímero. Como conclusión obtuvo que la degradación del polietileno es posible con el uso de del hongo *Pycnoporus sanguineus UTCH03*.

BOMBELLI, HOWE Y BERTOCCHINI, (2017), en el artículo científico “Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*”, tienen como principal objetivo demostrar que la *Galleria mellonella* o conocido comúnmente como “Gusano de Cera”, es capaz de degradar el polietileno por las características propias que ésta larva posee. En primera instancia se dejó un film en contacto con las larvas (100), observándose la generación de agujeros luego de 40 minutos de contacto (2,2 +- 1.2 orificios/larva/hora); posteriormente con la finalidad de excluir la posibilidad que la acción masticatoria haya sido la única opción para la ruptura del polietileno, se realizó el homogenizado de larva, el que fue untado sobre una superficie de polietileno (bolsa común de compras), obteniéndose la pérdida del 13% del peso inicial del polietileno en un rango de 14 horas de exposición. El mencionado análisis representa una mayor velocidad de degradación en comparación con los más recientes tratamientos con microorganismos. A fin de analizar la variación en la composición química del polímero, se realizó el análisis FTIR, obteniéndose como resultado la generación de etilenglicol; a fin de analizar y fortalecer la teoría de biodegradación se procedió a analizar el efecto del homogeneizado en la superficie del polietileno, mediante la Microscopía de Fuerza Atómica, en la que se obtuvo como resultado un aumento mayor al 140% en el cambio de la rugosidad del material. Como conclusión general se obtiene que la *Galleria mellonella*, es capaz de biodegradar el polietileno, ya sea mediante la masticación y en el contacto del polietileno con su homogenizado; y además que la velocidad en modificar la estructura del polietileno es mayor en comparación a los estudios más recientes de biodegradación mediante microorganismos.

YANG, [ét al], (2015), en el artículo “Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests”, se investigó a las larvas de la harina (*Tenebrio molitor Linnaeus*, una especie de escarabajo oscuro) en relación a la degradación del poliestireno, a fin de obtener la disminución del polietileno de baja densidad mediante el aislamiento de la cepa bacteriana degradante del poliestireno del intestino de los gusanos de harina, llamada *Exiguobacterium sp cepa YT2*, la cual era capaz de formar una biopelícula en el

poliestireno durante 28 días de incubación. Se obteniéndose como resultado la generación de agujeros y cavidades de 0,2-0,3 mm de ancho en superficies de poliestireno relacionadas a la disminución de la hidrofobicidad y generación de asociaciones polares C-O. Un cultivo de 108 células provenientes de la suspensión de la cepa generó el resultado de 7,4+- 0,4% de degradación de piezas de polietileno de 2500mg/l durante 60días. Previamente se puso en contacto a las larvas con espuma de poliestireno, sin añadir catalizadores y aditivos, ésta espuma fue adquirida de Sigma-Aldric, St. Louis, MO. Los gusanos o larvas de harina fueron obtenidos de diferentes fuentes y criados en salvado, colocándoseles en recipientes que contenían bloques de espuma de poliestireno; la pérdida de masa del bloque fue incrementando conforme el tiempo de contacto, el cual fue medido en períodos de tiempo establecidos hasta un total de 30 días.

Como resultado de la investigación se obtuvo que los gusanos de la harina de Beijing y Qinhuangdao, China y Ham Lake, MN, son capaces de degradar el poliestireno debido las bacterias presentes en los intestinos.

YOSHIDA, [ét al] (2016), en su artículo de investigación denominado “A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate), Una bacteria que degrada y asimila poli (tereftalato de etileno), se trata de la *sakalensis Ideonella* 201-F6, una bacteria capaz de degradar el plástico usando el PET como principal fuente de carbono y energía para su desarrollo, originado dos enzimas que pueden degradar el PET (hidrolizar), éstas enzimas pueden descomponer al PET en sus dos monómeros ácido tereftálico y etilenglicol. Los cuales son inofensivos para el medio ambiente, en comparación con el polietileno. Para la realización de este estudio se tomaron 250 muestras de residuos de plásticos, incluyendo suelo, sedimentos, aguas residuales y lodos activados provenientes de un sitio de reciclaje de PET. En los sedimentos analizados se pudo apreciar un consorcio microbiano que había ocasionado cambios en la morfología de una lámina de PET. Se logró encontrar una mezcla de bacterias, levaduras y protozoos, éste consorcio microbiano tiene una velocidad de degradación de 0.13 mg cm<sup>-2</sup> día a 30°C, y 75% de degradación de carbono, además que película de PET se cataboliza en CO<sub>2</sub> a 28°C. El uso de diluciones limitantes se hizo posible aislar la cepa, una nueva especie del género *Ideonella*, se le denominó *sakalensis Ideonella*. Se realizó un comparativo con otro consorcio también encontrado pero con ausencia de *sakalensis Ideonella*, en la que se perdió la efectividad de la degradación. Sin embargo, en la que sí estaba presente la *sakalensis Ideonella*, se obtuvo daños muy

importantes causados al PET y fue casi completamente degradada en el tiempo de 6 semanas a 30 C°. En conclusión se obtuvo que la *sakalensis Ideonella* está principalmente implicada en la degradación del PET.

J-M. RESTREPO-FLÓREZ, [ét al] (2014), en su artículo “Microbial degradation and deterioration of polyethylene-A Review” hace referencia y sintetiza estudios previos relacionados a la degradación y biodegradación del polietileno, en los que se indica que puede darse por factores abióticos, como la irradiación UV, temperatura y por factores bióticos, como son los microorganismos que se caracterizan por consumir el polímero y usarlo como principal fuente de carbono para su desarrollo, lo que conlleva un cambio en las propiedades del polímero, es decir la biodegradación. En la revisión realizada se ha analizado estudios de investigación de los últimos 30 años, sin embargo la gran mayoría siempre ha tenido como resultado procesos lentos. Debido a las características del polietileno, éste no es tan fácil de ser degradado, puesto a que posee gran peso molecular, insolubilidad y falta de grupos funcionales; en el análisis indica que hace falta conocer más referente a los procesos metabólicos de los microorganismos o enzimas que son capaces de modificar las propiedades del polietileno. El análisis realizado por RESTREPO-FLÓREZ [ét al], se centró en 3 temas: Resumen de informes previos y microorganismos involucrados en la biodegradación del polietileno, Efectos de los microorganismos sobre el polietileno y un esquema basado en la secuencia de degradación del polietileno. Menciona los 7 Efectos de la actividad microbiana en el polietileno, siendo la hidrofobicidad, grupos funcionales en la superficie, cristalinidad, superficie, topografía, propiedades mecánicas y la distribución del peso molecular.

En la Tabla N°1, se hace referencia al consolidado elaborado por RESTREPO-FLÓREZ [ét al], quienes realizaron la recopilación de estudios previos en donde se han analizados ciertas bacterias que fueron asociadas a la biodegradación del polietileno.

Tabla 1: Tabla de Cepas bacterianas asociadas con la biodegradación del polietileno.

Genus	Species	Reference
<i>Achromobacter</i>	<i>Daumenonii</i>	Nowak et al., 2011
<i>Arthrobacter</i>	<i>spp</i>	Balasubramanian et al., 2010: Satlewal et al., 2008
	<i>Paraffinicus</i>	Albertsson et al., 1995: Albertsson et al., 1998
<i>Bacillus</i>	<i>Viscosus</i>	Nowak et al., 2011
	<i>Amylolyticus</i>	Nowak et al., 2011
	<i>Brevetes</i>	Watanabe et al., 2009 Roy et al., 2008; Nowak et al., 2011; Satlewal et al., 2008; Sudhakar et al., 2008
	<i>Cereus</i>	Watanabe et al., 2009
	<i>Circinans</i>	Roy et al., 2008
	<i>Halodentificans</i>	Nowak et al., 2011: Seneviratne et al., 2006
	<i>Myoides</i>	Roy et al., 2008; Satlewal et al., 2008; Nowak et al., 2011
	<i>Pumilus</i>	Kawai et al., 2004: Sudhakar et al., 2008
	<i>Thurigiensis</i>	Nowak et al., 2011
<i>Brevibacillus</i>	<i>Borstelensis</i>	Hadad et al., 2005
<i>Delftia</i>	<i>Acidovorans</i>	Koutny et al., 2009
<i>Flavobacterium</i>	<i>spp</i>	Nowak et al., 2011
<i>Micrococcus</i>	<i>Luteus</i>	Nowak et al., 2011
	<i>Lyiae</i>	Nowak et al., 2011
<i>Microbacterium</i>	<i>Paraoxydans</i>	Rajandas et al., 2012
<i>Nocardia</i>	<i>Asteroides</i>	Bonhomme et al., 2003: Koutny et al., 2005b
<i>Paenibacillus</i>	<i>Macerans</i>	Nowak et al., 2011
<i>Pseudomonas</i>	<i>spp</i>	Balasubramanian et al., 2010; Youn et al., 2012; Tribedi and Sil, 2013
	<i>Aeruginosa</i>	Koutny et al., 2009: Rajandas et al., 2012
	<i>Fluorescens</i>	Nowak et al., 2011
<i>Rahnella</i>	<i>Aquavilis</i>	Nowak et al., 2011
<i>Ralstonia</i>	<i>spp</i>	Koutny et al., 2009
<i>Rhodococcus</i>	<i>Ruber</i>	Gilan et al., 2004; Sivan et al., 2006; Sauto et al., 2012
	<i>Rhodocinous</i>	Bonhomme et al., 2003: Koutny et al., 2005b:

Fuente: J-M. Restepo-Flórez [ét al]. Biodeterioro y biodegradación Internacional. 2014.

En la Tabla N°2, se hace referencia al consolidado elaborado por RESTEPO-FLÓRES [ét al] en donde se hace mención las cepas de hongos asociados con la biodegradación del polietileno.

Tabla 2: Tabla de Cepas de hongos asociados con la biodegradación de polietileno.

Genus	Species	Reference
<i>Acremonium</i>	<i>Kiliense</i>	Karlsson et al., 1988
<i>Aspergillus</i>	<i>Niger</i>	Raghavan and Torma, 1992
		Volke-Sepulveda et al., 2002, Manzur et al., 2004
	<i>Versicolor</i>	Karlsson et al., 1988; Pramila and Ramesh, 2011 b
	<i>Flavus</i>	Koutny et al., 2006b; Pramila and Ramesh, 2011 a
<i>Chaetomium</i>	<i>spp</i>	Sowniya et al., 2012
<i>Cladosporium</i>	<i>Cladosporioides</i>	Boulioume et al., 2003; Koutny et al., 2006b
<i>Fusarium</i>	<i>Redolens</i>	Albertsson, 1980; Karlsson et al., 1988; Albertsson and Karlsson, 1990
<i>Glioclodium</i>	<i>Virens</i>	Manzur et al., 2004
<i>Mortierella</i>	<i>Alpina</i>	Koutny et al., 2006b
<i>Mucor</i>	<i>Circinelloides</i>	Pramila and Ramesh, 2011 a
<i>Penicillium</i>	<i>Stimplicisstrium</i>	Yamada-Onodera et al., 2001
	<i>Pinophilum</i>	Volke-Sepulveda et al., 2002; Manzur et al., 2004
	<i>Frequentans</i>	Seneviratne et al., 2006
<i>Phanerochaete</i>	<i>Clyosporium</i>	Manzur et al., 1997; Orhan and Büyükgüngör, 2000; Manzur et al., 2004
<i>Verticillium</i>	<i>Lecanti</i>	Karlsson et al., 1988

Fuente: Elaboración Propia, con información de J-M. Restepo-Flórez et al. Biodeterioro y biodegradación Internacional. 2014.

### 1.2.3. Locales

URIBE, [ét al] (2010), en su investigación “Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima, Perú”, tuvieron como principal objetivo degradar el polietileno de baja densidad mediante microorganismos que fueron hallados en plásticos con signos de deterioro en un relleno sanitario, entre las cuales se aislaron 6 CEPAS, como *Pseudomonas sp. MP3a* y *MP3b*, *Penicillium sp. MP3a*, *Rhodotorula sp. MP3b*, *Hyalodendron sp. MP3c* y una levadura no

identificada. La acción degradativa de los microorganismos fue corroborada mediante el espectro infrarrojo del polietileno, observándose cambios en el índice de carbonilo y terminaciones de enlaces dobles. Finalmente se obtuvo la disminución del polietileno de baja densidad.

BARJA, (2016), en la tesis “La eficiencia del hongo *Pestalotiopsis spp* en la biodegradación de los tipos de plásticos (Poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal), a nivel de laboratorio, 2016), Lima, Perú”, realizó la investigación experimental de la biodegradación del plástico en tres tipos, a fin de hallar la eficiencia de este hongo frente a investigaciones anteriores. Sometió al hongo *Pestalotiopsis spp* mediante un ensayo de laboratorio durante 30, 60 y 90 días.

VELASCO, (2017) en su artículo denominado “Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Galleria mellonella* bajo condiciones térmicas controladas en el 2017” busca demostrar la degradación del polietileno mediante la acción mecánica de trituración de bolsas plásticas, sometiendo a larvas vivas en dos distintos medios controlados (25 °C y 35 °C), obteniéndose una eficiencia mayor a los 35 C° con 17.21%. En esta investigación se buscó la temperatura más propicia. Se utilizó un invernadero a dos distintas temperaturas en donde se colocaron las muestras, posteriormente se realizó en pesado inicial de la bolsa plástica, en la que fueron insertos 10 larvas de *Galleria mellonella*, por 12 horas, finalmente se realizó el pesado de la bolsa para medir el estado de trituración en ese periodo de tiempo.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Plásticos en el Perú**

Los plásticos son usados frecuentemente en la fabricación diversos materiales, ya sean bolsas, tapas, envases, lavabos, etc. Las principales características por las cuales se eligen son por su bajo costo y bajo peso para el transporte, además de su versatilidad.

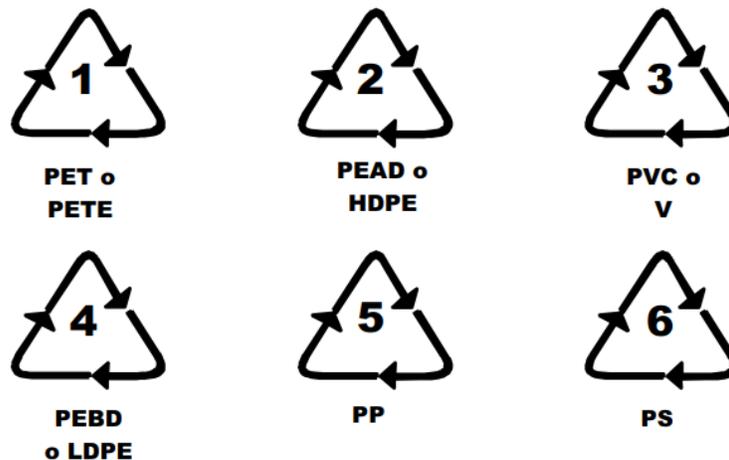
Las propiedades más importantes son: La baja densidad, baja conductividad térmica y eléctrica, fácil de moldear y adquirir formas y la resistencia de este material frente a la degradación.

Este tipo de material por versátil, muy usado y barato, ha llegado a posicionarse como uno de los residuos más generados. Este tipo de residuo al no ser reciclado, pasa a ser parte de los residuos que son dispuestos a un relleno sanitario, y en los casos de mala gestión de residuos pueden llegar a ser parte de ecosistemas marinos, bosques, etc, causando daños no solo paisajísticos, sino también daños a los seres vivos.

### 1.3.2. Simbología de plásticos

Según la Norma Mexicana NMX-E-232-SCFI-1999, indica la siguiente simbología respecto a la clasificación de plásticos. En la Ilustración N°1 se hace referencia a la simbología utilizada en la actualidad para hacer mención a la clasificación de plásticos.

Ilustración 1: Simbología de Plásticos



Fuente: NMX-E-232-SCFI-1999

### 1.3.3. Clasificación de los plásticos

Según DIAZ DEL CASTILLO, (2012), en Lecturas de Ingeniería “Conformado de materiales plásticos”, cita la Norma Mexicana de Industria del plástico-Reciclado de plásticos-Simbología para la identificación del material constitutivo de artículos de plástico-Nomenclatura, en la que se establecen y describen los símbolos del plástico, entre otras características. En la Tabla N°3 se hace referencia a lo mencionado por el autor, en la que se ha seccionado por nombre, uso principal, abreviaturas y número de identificación.

Tabla 3: Clasificación de los plásticos

Nombre	Uso principal	Abreviatura (opcional)	No. De identificación
Tereflato de Polietileno	Producción de botellas para bebidas. A través de su <b>reciclado</b> se obtiene principalmente fibras para relleno de bolsas de dormir, alfombras, cuerdas y almohadas.	PET o PETE	1
Polietileno de alta densidad	Se utiliza en envases de leche, detergente, aceite para motor, etc. El HDPE tras reciclarse se utiliza para macetas, contenedores de basura y botellas de detergente.	PEAD o HDPE	2
Policloruro de vinilo o Vinilo	Botellas de champú, envases de aceite de cocina, artículos de servicio para casas de comida rápida, etc. El PVC puede ser <b>reciclado</b> como tubos de drenaje e irrigación.	PVC o V	3
Polietileno de baja densidad	Bolsas de supermercado, de pan, <b>plástico</b> para envolver. El LDPE puede ser <b>reciclado</b> como bolsas de supermercado nuevamente.	PEBD o LDPE	4
Polipropileno	Se utiliza en la mayoría de recipientes para yogurt, sorbetes, tapas de botella, etc. El PP tras el <b>reciclado</b> se utiliza como viguetas de <b>plástico</b> , peldaños para registro de drenaje, cajas de baterías para autos.	PP	5
Poliestireno	Tazas desechables de bebidas calientes y bandejas de carne. El PS puede reciclarse en viguetas de <b>plástico</b> , cajas de cintas para casetes y macetas.	PS	6
Otros	Botellas de catsup para exprimir, platos para hornos de microondas, etc. Estos plásticos no se reciclan porque no se sabe con certeza qué tipo de <b>resinas</b> contienen.	Otros	7

Fuente: Elaboración propia, en base a DIAZ DEL CASTILLO, (2012), en Lecturas de Ingeniería “Conformado de materiales plásticos”.

#### 1.3.4. *Galleria mellonella* (gusano de cera)

Según LLORET, (2006), en su investigación llamada: “El ciclo biológico de la polilla de la cera” menciona que, La polilla grande de la cera pertenece a la familia de los pirálidos (Pyralidae), que está dentro de la superfamilia de los piraloideos (Pyraloidea). Esta es una familia importante en lo que se refiere a número de especies (es una de las más numerosas

dentro de los lepidópteros), pero está relativamente poco representada en Europa. Son los microlepidópteros más grandes y constituyen un grupo intermedio entre éstos y los macrolepidópteros. Su actividad es nocturna y presentan órganos timpánicos abdominales. Las alas se sitúan planas encima del cuerpo cuando están en reposo. La mayoría de orugas son fitófagas (se nutren de plantas), pero algunas se alimentan de otros materiales: de harina, de grano, de forraje, de cera como en el caso de la *Galleria*, etc. Una gran cantidad de especies (la *Galleria* entre ellas) constituyen plagas. La etimología del nombre de la familia viene del latín (*pyralis*), que a su vez viene del griego (*pyrausta*) y que significa “pequeño animal que vive en el fuego” (Varios autores, 1997). Eso es debido a la creencia que estos insectos vivían en el fuego por su comportamiento de fototropismo positivo, es decir, tienen tendencia a dirigirse a cualquier tipo de luz.

Además, LLORET, (2006), menciona que la polilla grande de cera es considerada como una de las plagas más importantes en lo que respecta a acabar con las colmenas, debido a que el tipo de alimentación de este animal es a base de cera, miel y polen; que es almacenada en los panales de abejas activos en donde hasta llega a construir galerías (por ello el nombre *Galleria*) y acabar con los panales. Esta especie es bastante recurrente para el uso en estudios de patología y fisiología de los insectos, además de ser utilizada como carnada en la pesca y alimento de reptiles y anfibios.

### **1.3.5. Larvas de *Galleria mellonella***

Según BANEGAS, en el “Glosario Entomológico”, menciona que es el estado inmaduro, intermedio entre huevo y pupa.

Según LLORET, (2006), en su investigación llamada: “El ciclo biológico de la polilla de la cera”, menciona que las larvas acabadas de salir del huevo poseen una longitud de 1,2 milímetros y un ancho de la capsula cefálica de 0.19 milímetros aproximadamente. Poseen un cuerpo blanco y un poco translúcido y tienen la característica de ser bastante rápidas similares a movimientos convulsivos, lo cual dificulta tomar las mediciones de la larva estando viva. Conforme van creciendo pueden obtener una coloración más oscura, similar al gris y, cuando la cabeza mide entre 0,3 y 0,4 mm, detrás les surge un anillo de color marrón, del mismo color de la cápsula cefálica.

Las larvas son bastante activas y tienden a alimentarse demasiado. Esta actividad y movimiento, provoca que cuando estén varias larvas juntas genere cierto calor. A continuación en la Ilustración N°2 se muestra la fotografía tomada a la larva de *Galleria mellonella* o también llamada larva de polilla de cera, en el laboratorio.

Ilustración 2: Larva de *Galleria mellonella*



Fuente: Elaboración propia.

### **1.3.6. Ciclo biológico de la *Galleria mellonella***

Según LLORET, (2006), en su investigación llamada: “El ciclo biológico de la polilla de la cera” menciona que el ciclo de la polilla grande de la cera (*G. mellonella*) posee un rápido ciclo de vida en condiciones adecuadas, tardando seis semanas en hacer el ciclo entero. Los adultos colocan los huevos en los orificios de las colmenas. Las larvas empiezan a salir de las celdillas después de 3 a 5 días, las características de estas larvas es que son bastante activas y tienen mucha potencia en la masticación, lo cual les permite generar túneles y galerías que llegan a envolver con unas redes de seda. Las recién nacidas son capaces de viajar a colonias cercanas o vecinas, llegando a recorrer según estudios hasta 50 metros. Las larvas en 19 días pueden ser lo suficientemente capaces para crisalidar, buscar un lugar óptimo y envolverse en un capullo. La fase crisálida puede tardar de 8 a 15 días (Russell Goodman, 2003). Al finalizar los adultos salen del capullo reinician el ciclo nuevamente

empezando con la reproducción. El macho adulto capta las feromonas emitidas por la polilla hembra, que es lo más común en los lepidópteros.

#### **1.3.7. Eficiencia**

Según CERDA, (2010), en el artículo “Glosario de términos utilizados en evaluación económica de la salud” define que son los resultados obtenidos en base al esfuerzo desplegado en términos económicos, logísticos y de lapso.

#### **1.3.8. Plásticos**

Según SEGURA [ét al], en su artículo “Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables” (2007) define a los plásticos como ciertos tipos de elementos sintéticos que son productos de fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de átomos de carbono que forman extensas cadenas moleculares de compuestos orgánicos. Derivados del petróleo por lo general pero que pueden obtenerse también a partir de sustancias orgánicas o naturales.

#### **1.3.9. Polietileno de baja densidad**

En la tesis de DUARTE, [ét al], denominada “Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente” (2017), se menciona que el Polietileno de baja densidad es un polímero que corresponde a los polímeros olefínicos, como el caso del polipropileno y los polietilenos. El PEBD (siglas) pertenece a los polímeros de tipo termoplástico conformado por monómeros repetidos de etileno.

#### **1.3.10. Degradación biológica**

FRÍAS, [ét al], (2003) en su artículo denominado “La situación de los envases de plástico en México”, tipifica a la degradación de polímeros, entre los cuales indica que la degradación biológica hace referencia a un tipo de degradación química altamente vinculada con un ataque microbiano debido a que los microorganismos producen diversidades de enzimas que tienen la capacidad de reaccionar con polímeros de origen natural y sintéticos.

#### **1.3.11. Homogenizado**

BARCELÓ, Francisca en “Técnicas instrumentales en bioquímica y biología” (2003) indica que el término de homogeneización es una técnica de laboratorio que consiste en destruir los tejidos y destrozarse las células evitando dañar la mucosa plasmática.

### **1.3.12. Análisis Gravimétrico**

CHANG, Raymond en su libro “Principios esenciales de la química general” (2006), define que el análisis gravimétrico es una técnica analítica relacionada a la medición de la masa, además que el análisis gravimétrico es una técnica muy exacta debido a que la masa de la muestra se puede medir con altos grados de exactitud.

### **1.3.13. Biodegradable**

Capacidad de una materia de ser asimilada por el ecosistema bajo condiciones naturales al ser descompuesta por microorganismos, en un tiempo relativamente corto. Aplica tanto a materiales orgánicos como inorgánicos (Glosario de Políticas, MINAM)

### **1.3.14. Residuo**

JARAMILLO y ZAPATA, en la tesis “Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia” (2008), define al residuo como cualquier sustancia, objeto, material o elemento sólido resultante del consumo o del uso de un bien en distintas actividades, que el que genera abandona, rechaza o entrega y que es puede ser aprovechada o transformada en un nuevo bien, ya sea que posea algún valor económico o de disposición final.

### **1.3.15. Biotecnología**

NEGRÍN, Sonia, [ét al] en su artículo “Enseñanza popular de la biotecnología” (2007), conceptualiza a la biotecnología como la unión de tecnologías realizadas por el hombre con el uso de forma directa o indirecta de consorcios vivos que traen como resultado un producto con la mayor eficiencia, economía y seguridad posibles. Además indica que abarca la aplicación de nociones científicas e ingenieriles a técnicas donde organismos biológicos convierten un determinado material en un resultante que tiene un beneficio.

### **1.3.16. Contaminante**

Menciona que está relacionado a la sustancia química que no es perteneciente a la naturaleza del suelo o cuya concentración sobrepasa el nivel máximo susceptible para ocasionar perjuicios a la salud de las personas y/o ambiente. (Glosario de términos, MINAM, 2012).

### **1.3.17. Minimización**

Acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos sólidos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la

actividad generadora. (Glosario de términos para la formulación de proyectos ambientales, MINAM, 2012).

### **1.3.18. Relleno Sanitario**

Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental. Es un método de disposición final de basuras en el suelo, cuyo objetivo es eliminar molestias y evitar peligros para la salud pública y por el que mediante la utilización de técnicas apropiadas de Ingeniería Sanitaria se deposita las basuras en capas de tierra, aislándolas del medio ambiente al final de cada día de operación o en intervalos que fueren necesarios. Según su operación se clasifica en: Relleno sanitario manual, Relleno sanitario semi-mecanizado, Relleno sanitario mecanizado. (Glosario de términos para la formulación de proyectos ambientales, MINAM, 2012)

## **1.4. Formulación del problema**

### **1.4.1. Problema General**

- ¿Cuál es la eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* para biodegradar dos tipos de Polietileno de baja densidad, film y bolsa plástica, Lima-2018?

### **1.4.2. Problemas Específicos**

- ¿A mayor volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, hay mayor eficiencia para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo film?
- ¿A mayor volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, hay mayor eficiencia para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo bolsas plásticas?
- ¿Cuál es la eficiencia en términos de tiempo para biodegradar el polietileno de baja densidad, en los dos tipos?

### **1.5. Justificación del estudio**

Los residuos plásticos se encuentran presentes en cuerpos de agua y suelo, en distintas presentaciones, clases y tipos; por ser uno de los materiales más baratos y que por su bajo precio se generan en grandes cantidades, éstos poseen un ciclo de uso muy corto, ocasionando que se deseché éste material de manera rápida, problema que trae como consecuencia que se encuentre en el medio ambiente por largos períodos de tiempo por ser uno de los materiales más fabricados. La importancia de la presente investigación, es que gracias a las cualidades naturales de un organismo biótico (gusano o larva) se demostró la eficiencia en la biodegradación de dos distintos tipos de Polietileno de baja densidad (PEBD), las cuales son del tipo comercial, film y bolsa plástica. Se demostró con los resultados de eficiencia que podemos acelerar la biodegradación de los plásticos, siendo los del tipo film el más eficientes respecto al tipo bolsas plásticas, para éste último se podrían realizar investigaciones futuras en la que se deberá centrar la aceleración en la degradación. Al usar el homogenizado proveniente del tracto digestivo para el tratamiento de los dos tipos de polietileno de baja densidad, se descarta también la degradación causada por las larvas de *Galleria mellonella* únicamente por acción mecánica de masticación, quedando reducido el campo de análisis, al tracto digestivo, por lo que se podría conjeturar la presencia de alguna bacteria, enzima o consorcio microbiano que provoca la biodegradación como tal. El conocer los porcentajes de eficiencia permitirá generar nuevas investigaciones a fin de optimizar el proceso o metodología aplicada, generando los medios más propicios para los tratamientos y elemento a tratar. A fin de demostrar que podemos acelerar la degradación del polietileno de baja densidad que se encuentra en el ambiente, se logró calcular la eficiencia a fin de realizar cálculos en base a problemas ambientales reales, ya sea en cuerpos de agua contaminados o en botaderos informales; a comparación de investigaciones previas referidas a la biodegradación del plástico, estudios anteriores realizados para biodegradar el plástico con hongos o microorganismos, la *Galleria mellonella* o el gusano de cera posee mayor eficiencia por el tamaño que posee y por sus características metabólicas. Con este análisis se obtuvo la eficiencia del Homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, en tres distintas concentraciones y en dos tipos de polietileno de baja densidad; mediante el cual se obtuvo un análisis más profundo y la estimación del volumen de homogenizado más propicio para la biodegradación, comparado en condiciones iguales de área de polietileno tratada y número de días de tratamiento. Esto significaría un gran avance, por lo

que no se necesita mayor análisis que recurrir a las características propias de la *Galleria mellonella* (Gusano de cera). Si bien es cierto, se están realizando planes de gestión donde se busca la minimización de plásticos, mediante el reciclaje y optando por materiales biodegradables, hay una problemática latente no solo a nivel local, sino mundial; mediante la biodegradación se acelerarán los procesos de degradación del plástico, obteniendo mayor tiempo de vida de los rellenos sanitarios, y eliminando los plásticos mal dispuestos en el medio ambiente.

## **1.6. Hipótesis**

### **Hipótesis General:**

H1 (ALTERNATIVA): El homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* es eficiente en la biodegradación de dos tipos de Polietileno de baja densidad, film y bolsa plástica.

H0 (NULA): El homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella*, no es eficiente en la biodegradación de dos tipos de Polietileno de baja densidad, film y bolsa plástica.

### **Hipótesis Específicas:**

H1: A mayor volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* hay mayor eficiencia para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo film.

H0: A mayor volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* hay menor eficiencia para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo film.

H2: A mayor volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* hay mayor eficiencia para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo bolsas plásticas.

H0: A mayor volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* hay menor eficiencia para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo bolsas plásticas.

H3: A mayor tiempo de tratamiento, mayor eficiencia en la biodegradación del polietileno de baja densidad, en los dos tipos.

H0: A mayor tiempo de tratamiento, no hay mayor eficiencia en la biodegradación del polietileno de baja densidad, en los dos tipos.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General:**

Determinar la eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* para la biodegradación de dos tipos de Polietileno de baja densidad, film y bolsa plástica, Lima-2018.

### **1.7.2. Objetivos Específicos:**

Determinar el volumen de homogenizado que es más eficiente para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo film, comparado con los volúmenes de 5, 7.5 y 10 ml.

Determinar el volumen de homogenizado que es más eficiente para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo bolsas plásticas, comparado con los volúmenes de 5, 7.5 y 10 ml.

Determinar la eficiencia en términos de tiempo para la degradación del polietileno de baja densidad, en los dos tipos.

## **II. MÉTODO**

## **2.1. Diseño de investigación**

La investigación es de diseño experimental, puesto a que se manipularan la variable independiente para observar sus efectos en la variable dependiente. Será de corte pre experimental y de nivel exploratorio y descriptivo, debido a que se analizará un análisis pre y pos-prueba.

La presente investigación se realiza con el principal propósito de generar una alternativa para la degradación del Polietileno de baja densidad (PEBD) con el tratamiento de homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, para ello se determinó la eficiencia del tratamiento por un periodo total de 168 Horas o 7 días. Se trabajó con dos tipos de Polietileno de baja densidad (PEBD), bolsas plásticas y film.

## **2.2. Variables, operacionalización**

### **Variable Dependiente: Biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad.**

“La degradación del polietileno puede ser clasificada por biótica y abiótica, por tanto la degradación abiótica se refiere al deterioro por factores ambientales como la temperatura y radiación UV, mientras que el deterioro biótico (Biodegradación), corresponde a la acción de los microorganismos para modificar y consumir el polietileno” (“Microbial degradation and deterioration of polyethylene-A review”.2014)

La biodegradación de dos tipos de Polietileno de Baja densidad (PEBD), corresponde a la acción del homogenizado (tratamiento) para deteriorar las características físicas y químicas del polietileno, tanto en bolsas de bolsas plásticas y en film.

Tipos de Polietileno de baja densidad utilizados:

Film: El Film o Stretch Film es un elemento muy usado para la conservación y empaquetadura de alimentos por poseer características mayores de flexibilidad y elasticidad. Para la presente investigación se procedió a recortar muestras de 10x20 cm. A continuación, en la Ilustración N°3, se muestra la fotografía del film usado.

Ilustración 3: Film.



Fuente: Elaboración Propia.

#### Bolsas:

Las bolsas de PEBD son las que se usan para trasladar cosas u objetos, tienen la característica de ser de un material adaptable. Se usaron muestras de color blanco de 10x20cm. En la Ilustración N°4 se muestran los retazos usados para la aplicación del tratamiento.

Ilustración 4: Bolsas Plásticas



Fuente: Elaboración Propia

#### **Definición Operacional:**

Se realizaron pruebas gravimétricas, mediante el PI (peso inicial) y PF (peso final) al contacto con el homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*.

Se aplicó en contacto directo los 3 distintos volúmenes (ml) de homogenizado, siendo 5ml, 7.5 ml y 10 ml; con los dos tipos de Polietileno de baja densidad, film y bolsas plásticas.

Consistió en determinar el porcentaje de peso perdido de las muestras tratadas en un tiempo determinado de 7 días o 168 horas. Las muestras sin tratar fueron pesadas previamente y posteriormente al tratamiento. Para la obtención del peso final se desinfectó la muestra y se procedió a realizar el pesado. Se realizó el monitoreo de forma visual durante los días de tratamiento. Se realizó el pesado con el uso de una balanza analítica. El número de veces del pesado fue 5 (número de repeticiones).

La eficiencia se midió en base al volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, que se necesita para degradar cierto tipo de Polietileno de baja densidad, a cierto tiempo. Posteriormente las muestras fueron sometidas al contacto con el tratamiento.

El tratamiento fue removido de las muestras de polietileno de baja densidad cuidando de no dañar la estructura del plástico y haciendo uso de una espátula y agua destilada.

**Variable Independiente: Homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* (Gusano de cera).**

Consiste en la trituración del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, con el uso de un mortero y con la finalidad de generar una pasta fina, a la cual llamaremos "Tratamiento".

**Definición Operacional:**

El homogenizado se elaboró con el triturado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, el cual se colocó en contacto con el polietileno de baja densidad. Para la elaboración del homogenizado se procedió con la extracción del tracto digestivo de las larvas previamente sometidas a una solución de etanol y otra solución salina. La extracción se realizó con el uso de bisturí quirúrgico, posteriormente se procedió a realizar la homogenización mecánica con el uso de un mortero de laboratorio.

La Tabla N°4, hace referencia a las variables, definiciones, dimensiones, indicadores y la escala de medición utilizadas como base para la presente investigación.

Tabla 4: Cuadro de Variables y Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
<b>Dependiente:</b> Biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad.	¿Qué es la biodegradación? Es la sustantivo de biodegradar. Según el <b>Glosario de términos de la Gestión Ambiental, 2012</b> , es la Capacidad de una materia de ser asimilada por el ecosistema bajo condiciones naturales al ser descompuesta por microorganismos, en un tiempo relativamente corto. Aplica tanto en materiales orgánicos como inorgánicos.	Se realizaron pruebas gravimétricas, mediante el PI (peso inicial) y PF (peso final) al contacto del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la <i>Galleria mellonella</i> . Se colocó en contacto los 3 distintos volúmenes (ml) de homogenizado que fueron 5, 7.5 y 10 ml; con los 2 tipos de Polietileno de baja densidad,	Degradación del plástico	Peso del plástico inicial PI	(g) ordinal

	<p>¿Qué es el polietileno de baja densidad? El PEBD o LDPE, es un polímero constituido por macromoléculas lineales de etileno. Posee la característica de ser cristalino debido a que sus macromoléculas se encuentran muy distanciadas debido a sus ramificaciones provocando que el plástico tenga menor dureza, densidad. Sin embargo posee la característica de la flexibilidad, la cual le permite ser usado para diferentes aplicaciones.</p>	<p>film y bolsas plásticas. La investigación fue experimental y longitudinal. Consistió en determinar el porcentaje de peso perdido de las muestras tratadas en un tiempo determinado de 7 días. Las muestras sin tratar fueron pesadas previamente y posteriormente al tratamiento. Para la obtención del peso final se desinfectó la muestra y se procedió a realizar el pesado. Se realizó el monitoreo de las muestras de manera visual, con la finalidad de no interferir o generar alguna alteración. Se realizó el pesado con el uso de una balanza analítica. El número de repeticiones de la aplicación fue de 5. La eficiencia se determinó en base al volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo del gusano de</p>		<p>Peso del plástico final PF</p>	<p>(g) ordinal</p>
	<p>¿Qué es la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad (PEBD)? “La degradación del polietileno puede ser clasificada por biótica y abiótica, por tanto la degradación abiótica se refiere al deterioro por factores ambientales como la temperatura y radiación UV, mientras que el deterioro biótico (Biodegradación), corresponde a la acción de los microorganismos</p>				

	<p>para modificar y consumir el polietileno” (“<b>Microbial degradation and deterioration of polyethylene-A review</b>".2014)</p> <p>La biodegradación de dos tipos de Polietileno de Baja densidad (PEBD), corresponde a la acción del homogenizado (tratamiento) para deteriorar las características físicas y químicas del polietileno, tanto en bolsas de bolsas plásticas y en film.</p>	<p>cera, que se necesitó para degradar cierto tipo de Polietileno de baja densidad, en 7 días. Se observó mediante el uso de un microscopio, el cambio en la topografía del polietileno de baja densidad, asimismo como cambios en pigmentación en la muestra tratada por el Homogenizado proveniente del tracto digestivo de <i>Galleria mellonella</i>, con la muestra libre de tratamiento, realizando una comparación.</p>	<p>Propiedades físicas del PEBD</p>	<p>Topografía del PEBD</p>	<p>Nominal</p>
				<p>Color del plástico</p>	<p>Nominal</p>
<p><b>Independiente:</b> Homogenizado proveniente del tracto digestivo de la <i>Galleria mellonella</i></p>	<p>¿Qué es la <i>Galleria mellonella</i>? Según <b>ELIAS SANTOS (át al)</b>, en su artículo de <b>Introducción de la cría masiva de <i>Galleria mellonella</i> para aislamiento de hongos entomopatógenos y reproducción de nemátodos en la ciudad de Monterrey Nuevo León</b>, menciona que la <i>Galleria mellonella</i> es una polilla del orden de los Lepidópteros y pertenece a la familia Pyralide. Los lepidópteros (Lepidoptera) conforman el segundo orden con más especies entre los insectosc(siendo superado</p>	<p>El homogenizado fue elaborado en base del tracto digestivo de la <i>Galleria mellonella</i>, el cual fue colocado en contacto con el Polietileno de baja densidad. Para la elaboración del homogenizado se procedió con la extracción del tracto digestivo de las larvas previamente sometidas a una solución de etanol y otra solución salina. La extracción se realizó con el uso de bisturí quirúrgico, posteriormente se procedió a realizar la</p>	<p>Características físicas del homogenizado</p>	<p>Volumen del homogenizado</p>	<p>(ml) ordinal</p>
				<p>Peso del Homogenizado</p>	<p>(gr) ordinal</p>

	solamente por el orden Coleoptera) e incluye todas las mariposas, diurnas y nocturnas.	homogenización mecánica			
	¿Qué es homogenizado? BARCELÓ, Francisca en “Técnicas instrumentales en bioquímica y biología” (2003) indica que el término de homogeneización es una técnica de laboratorio que consiste en destruir los tejidos y destrozarse las células evitando dañar la mucosa plasmática.		Eficiencia del homogenizado	Tiempo de degradación	(días) ordinal
	¿Qué es el tracto digestivo de la <i>Galleria mellonella</i> ? Consiste en el sistema digestivo del Gusano de Cera ( <i>Galleria mellonella</i> )			Porcentaje de eficiencia	(%) ordinal

Fuente: Elaboración propia.

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

- La población se determinó por los dos tipos de presentación comercial (film y bolsa) de Polietileno de baja densidad (PEBD), P1 y P2, respectivamente.
- La población también se determinó por el volumen de tratamiento (homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* en 5, 7.5 y 10 ml).

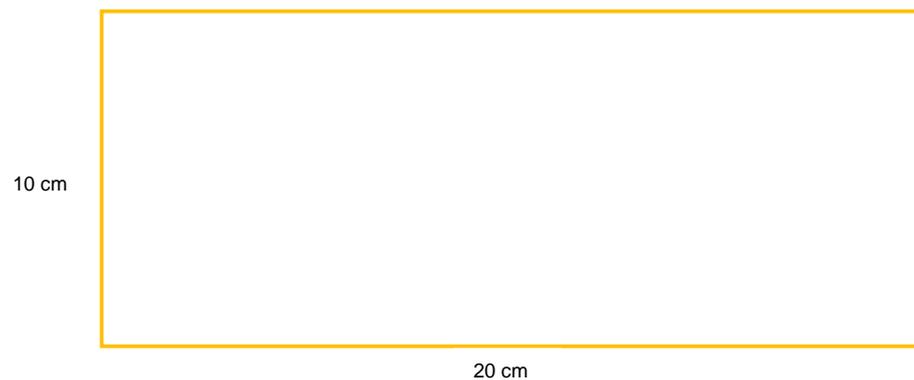
### 2.3.2. Muestra

Se trata de una muestra no probabilística o dirigida, por lo que se eligió de acuerdo a las características a las que va dirigida la investigación.

#### **Plásticos:**

Se tomaron muestras de plástico de dos distintos tipos de presentación comercial de Polietileno de baja densidad, siendo la de film y bolsas plásticas.

Ilustración 5: Dimensiones de la muestra de polietileno de baja densidad



Fuente: Elaboración propia.

Se tomaron 30 muestras de 10 x 20 cm de plástico del tipo Film y 30 muestras de plástico del tipo Bolsas (Ilustración N°5) , a fin de obtener 5 repeticiones por cada uno de los tres volúmenes de tratamiento.

Donde:

P1: Plástico tipo film

P2: Plástico tipo bolsas

- Peso de 200 cm<sup>2</sup> de P1 x 5 = 5 (P1)
- Peso de 200 cm<sup>2</sup> de P2 x 5 = 5 (P2)

$$M = 5 (P1 + P2)$$

### **Homogenizado:**

Se prepararon tres distintos volúmenes de homogenizado, de 5 ml, 7.5 ml y 10 ml, que sirvieron como tratamiento para las muestras de plástico (Fig. N° 4).

- 5 ml de homogenizado x 2P x 5R = 50ml
- 7.5 ml de homogenizado x 2P x 5R = 75ml
- 10 ml de homogenizado x 2P x 5R = 100ml

$$M = 225 \text{ ml}$$

Donde:

2P = 2 tipos de presentación comercial de Polietileno de baja densidad (film y bolsas).

5R = 5 repeticiones

**Unidad de análisis:** El peso del PEBD y Volumen del Homogenizado.

### **2.3.3. Marco muestral**

El marco muestral es el volumen de Homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* y dos tipos de Polietileno de baja densidad (film y bolsa).

#### **2.3.4. Muestreo**

Para la incorporación de las muestras de homogenizado y muestra de Polietileno de baja densidad, se utilizaron todos los implementos de bioseguridad en el laboratorio con la finalidad de observar y cuantificar los cambios del Polietileno de baja densidad al contacto con el homogenizado y medir la eficiencia de la biodegradación.

#### **2.3.5. Unidad de muestra**

Se determinó la eficiencia de la biodegradación del plástico, con el uso de la variable dependiente e independiente. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\frac{W.Plástico (Pi-Pf)}{Pf} = \%$$

Se midió en el tiempo y los resultados fueron obtenidos en función al contacto del plástico con el tratamiento en el periodo de 7 días ininterrumpidos.

El peso inicial y final del polietileno de baja densidad, se calculó con el uso de una Balanza Analítica.

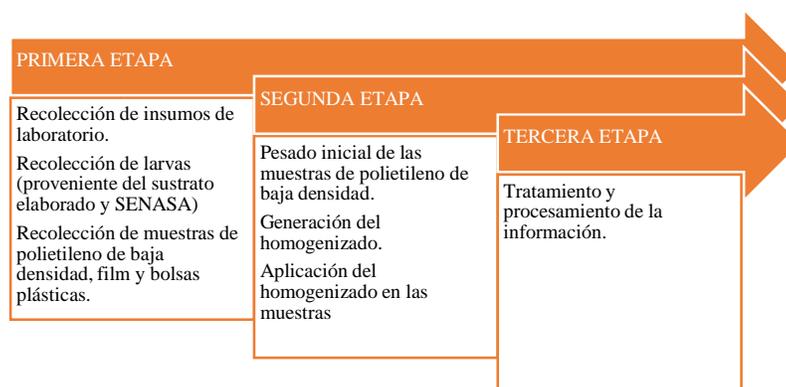
### **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

La técnica aplicada en el presente estudio es de tipo cuantitativa y directa, por lo que se realizaron cálculos de eficiencia con referencia al Peso Inicial (Pi) y Peso Final (Pf) del plástico, en contacto con el Homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, al cual llamaremos “tratamiento”. Las pruebas se realizaron en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad César Vallejo.

#### **2.4.1. Etapas de la investigación:**

En la Ilustración N°5, se muestra el diagrama de flujo de las etapas realizadas, en las que se dividieron en tres principales bloques, abarcando la primera etapa a la recolección de insumos y objeto de análisis, la segunda etapa a las actividades de laboratorio y a la tercera etapa que indica el procesamiento final de la data obtenida posterior a la aplicación del tratamiento.

Ilustración 6: Flujograma de las Etapas de la investigación.



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se detalla cada una de las actividades que abarcan las tres etapas de la investigación realizada.

**PRIMERA ETAPA:** En esta etapa se considera la recopilación de todos los elementos a utilizar.

**Recopilación de insumos, materiales e instrumentos:** Se ha previsto contar con los materiales e instrumentos necesarios para realizar los análisis correspondientes (pruebas gravimétricas relacionadas a diferencia de pesos). Las muestras de plástico serán pesadas con el uso de una Balanza analítica, correctamente calibrada. En la Ilustración N°6 se hace mención a los insumos, materiales e instrumentos obtenidos previamente a la elaboración del homogenizado.

Ilustración 7: Cuadro de insumos, materiales e instrumentos.

INSUMOS	MATERIALES	INSTRUMENTOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua destilada</li> <li>• Etanol al 96%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Placas petri</li> <li>• Mortero</li> <li>• Jeringa</li> <li>• Espátula</li> <li>• Removedor</li> <li>• Probeta</li> <li>• Vaso de precipitado</li> <li>• Luna de reloj</li> <li>• Guantes quirúrgicos</li> <li>• Mascarillas</li> <li>• Guardapolvo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica</li> <li>• Microscopio</li> <li>• Incubadora</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia.

### Recolección de larvas de *Galleria mellonella*:

Las larvas de *Galleria mellonella*, fueron recolectadas de su fuente natural proveniente del Apiarío, Facultad de Agronomía, Área de Investigación de la Universidad Agraria La Molina, se procedió a tomar la cera que contenía huevos para que sean cultivados mediante la elaboración de un sustrato. La otra cantidad de larvas fueron obtenidas del SENASA (Servicio Nacional de Sanidad Agraria).

Elaboración del Sustrato para la producción de *Galleria mellonella*

Materiales: Avena, Glicerina natural en forma líquida, miel de abeja, Cera negra.

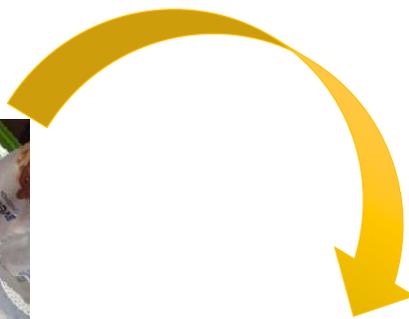
Ilustración 8: Diagrama de flujo para la elaboración del sustrato.



Procedimiento para la Elaboración del sustrato nutritivo.



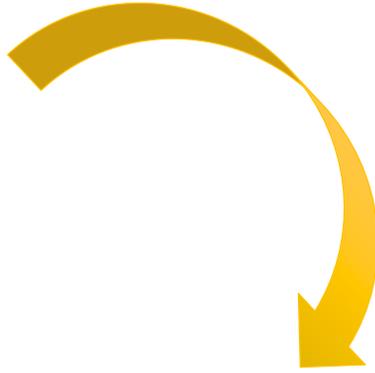
1. Se vierte avena en el recipiente.



2. Se vierte miel de abeja a la primera capa de avena.



3. Vertimiento de la segunda capa de avena.



4. Vertimiento de glicerina a la mezcla. Luego mover y evitar grumos.



5. Colocación de la cera negra.

Fuente: Elaboración Propia.

En la Ilustración N°8, se muestra los huevos y pequeñas larvas desarrolladas en el sustrato elaborado, se evidencian por su coloración blanquecina. Las larvas del sustrato elaborado fueron de menor tamaño en comparación con las larvas obtenidas por el SENASA.

Ilustración 9: Larvas de *Galleria mellonella* en la cera.



Fuente: Elaboración Propia.

En la Ilustración N°9, se aprecia las larvas ordenadas y codificadas para su posterior procesamiento. Se decidió mantenerlas con una tapa de tela para que pueda ingresar el aire al contenedor.

Ilustración 10: *Galleria mellonella*



Fuente: Elaboración Propia

**Generación de las muestras de Polietileno de baja densidad:** Los plásticos se clasificaron en 2 distintos tipos de Polietileno de baja densidad, correspondientes a film y bolsas plásticas. El área del polietileno será de 200 cm<sup>2</sup>, es decir de 10 cm de ancho x 20 cm de largo. En las siguientes Ilustraciones, N°10 y N°11 se evidencian las muestras de polietileno, rotuladas y en la placa correspondiente.

Ilustración 11: Muestra de Polietileno-Bolsas plásticas



Fuente: Elaboración Propia.

Ilustración 12: Muestra de Polietileno-Film.



Fuente: Elaboración Propia.

**SEGUNDA ETAPA:** En la segunda etapa se considera la parte netamente de laboratorio, en la que se considera la preparación del homogenizado, el pesado inicial de las muestras de polietileno y el pesado final.

**Preparación del Homogenizado proveniente del Tracto digestivo de la *Galleria mellonella*:**

En la Ilustración N°12, se hace referencia del proceso de elaboración del Homogenizado “tratamiento” aplicado a las muestras de polietileno de baja densidad, realizados en el laboratorio.

Ilustración 13: Proceso de elaboración del Homogenizado



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se detalla el Proceso de elaboración del homogenizado:

- a. Colocación de las larvas de *Galleria mellonella* en una nevera, a 4°C x 45 minutos.

Ilustración 14: Sacrificio de larvas.



: Elaboración Propia.

- b. Desinfección de las larvas, en una solución de etanol al 95% por 1 minuto.

Ilustración 15: Desinfección de larvas.



Fuente: Elaboración Propia.

- c. Se realizó el cálculo del Peso de las larvas, con el uso de una balanza analítica con la finalidad de dosificar el número de larvas necesarias para la obtener determinado volumen de homogenizado.

Ilustración 16: Pesado previo de larvas.



Fuente: Elaboración Propia.

- d. Para la disección de la larva, se usó la metodología aplicada por Gálviz, ét al, en su artículo (Aislamiento de microorganismos del tracto digestivo de

larvas de coleópteros y lepidópteros. Universidad Militar Nueva Granada)  
“Los especímenes fueron colocados en una caja de Petri con una superficie de cera negra sobre la cual se realizó la disección, usando tijeras para microcirugía, y agujas de insulina para realizar los cortes ventrales. Con la aguja de insulina se realizaron cortes transversales en la zona anal y en la zona cefálica. Luego, se realizó un corte longitudinal con las tijeras. El tracto digestivo fue extraído cortado las dos extremidades del mismo con el fin de separarlo del individuo (Vasanthakumar et al., 2006; Vasanthakumar et al., 2008).

Ilustración 17: Extracción.



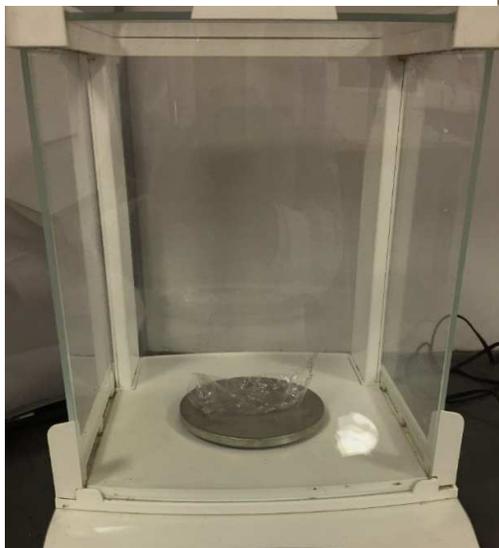
Fuente: Elaboración Propia.

- e. Finalmente se procedió a realizar la integración de los componentes con el uso de un mortero, teniendo en cuenta el tamaño del volumen que se desea generar, variando el tamaño de 5 ml al de 10 ml de tratamiento. La finalidad fue homogenizar los componentes.

**Pesado de las muestras de Polietileno de baja densidad, de dos tipos:**

Las muestras de tipo film y bolsas plásticas fueron pesadas previamente a la aplicación del tratamiento. A continuación en la Ilustración N° 17 se aprecia el pesado de una de las muestras de film, con el uso de una balanza analítica.

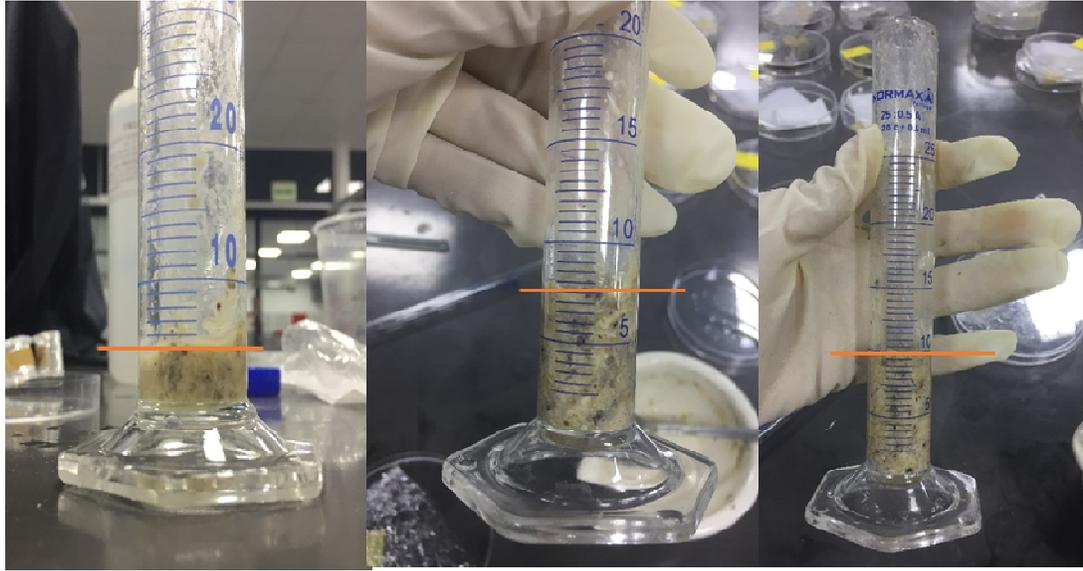
Ilustración 18: Pesado de muestra de film



Fuente: Elaboración Propia.

**Medición de los 3 volúmenes de Homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*:** Se usó una probeta para dosificar los volúmenes correspondientes a los tratamientos, siendo 5, 7.5 y 10 ml. Los volúmenes fueron medidos para cada una de las muestras y repeticiones. Previamente se realizó el pesado aproximado de cantidad de larvas para cierto volumen de homogenizado.

Ilustración 19: Volúmenes de homogenizado 5, 7.5 y 10 ml.



boración propia.

**Aplicación del Homogenizado proveniente de la *Galleria mellonella*:**

El tratamiento fue puesto en contacto con en los dos tipos de Polietileno de baja densidad, será esparcido en contacto con el material plástico con el uso de espátula, teniendo mayor cuidado de no deteriorar la estructura del polietileno. Se realizaron 5 repeticiones.

Ilustración 20: Derecha: Colocación de homogenizado en la muestra de PEBD. Izquierda: Preparación de homogenizado.



Fuente: Elaboración Propia.

### **Mantenimiento de muestras en la incubadora:**

Las muestras tratadas fueron colocadas en placas Petri, de manera individual por cada muestra. La temperatura usada fue de 20.5°C durante 7 días ininterrumpidos. Se monitorearon de modo visual, evitando el contacto. Se decidió colocar las muestras tratadas en la incubadora con la finalidad de evitar algún tipo de variación respecto a temperatura y humedad. En la Ilustración N°20, se muestra parte del proceso de proceso en incubadora.

Ilustración 21: Muestras en incubadora.



Fuente: Elaboración Propia.

**TERCERA ETAPA:** En esta etapa se realizó el procesamiento de la información obtenida como resultado de la segunda etapa, anteriormente mencionada. A continuación se detalla el procedimiento:

### **Prueba gravimétrica cuantitativa de la biodegradación de las muestras de PEDB tratadas**

Consistió en determinar el porcentaje de peso perdido de las muestras tratadas en un tiempo determinado de 7 días. Las muestras sin tratar fueron pesadas previamente y posteriormente al tratamiento. Para la obtención del peso final se desinfectó la muestra y se procedió a realizar el pesad. Se realizó el pesado

con el uso de una balanza analítica. El número de veces del pesado fue de 5 repeticiones.

Toma del tiempo:

Se realizaron las mediciones en 7 días, evitando perturbar las muestras.

### **Procesamiento de la data**

En esta parte del estudio se realizó el pesado final y las comparaciones, con el uso de las Hojas de llenado de datos, para posteriormente ser tratados con el uso de Excel 2013 y SPSS Statistics 24.

#### **2.4.2. Instrumentos de Validación:**

Los instrumentos que se utilizaron en el presente trabajo de investigación, son los siguientes:

- Ficha de llenado de datos: Se generó una matriz para la incorporación de los datos. En donde se registró los Pesos iniciales y Pesos finales, para los 2 tipos de polietileno de baja densidad.
- Ficha de Pesos: Se generó una matriz para el cálculo del volumen a aplicar. Se colocará el peso de las larvas.
- Ficha de eficiencias: Se generaron matrices para cada tipo de polietileno de baja densidad (Film y Bolsas plásticas) y para cada volumen de tratamiento (5, 7.5 y 10 ml), teniendo en cuenta las 5 repeticiones y días transcurridos.
- Para la parte estadística se cometieron los datos a la prueba ANOVA, con un nivel de significancia del 95%.

Las fichas fueron validadas a juicio de expertos y revisadas con el 82.5 %

A continuación se muestra la Tabla N°5 correspondiente a la Prueba Gravimétrica, en donde se detallan los 3 volúmenes de tratamiento (C1:5ml, C2:7.5ml y C3:10 ml), Peso inicial y final. La Tabla N°6 corresponde al Cálculo de eficiencias en las cinco repeticiones, tres volúmenes distintos.

Tabla 5: Prueba gravimétrica cuantitativa

Nombre:				N° Registro:		Fecha de Inicio:	
Lugar:				Fecha de fin:			
Volúmenes del tratamiento (ml)	C1		C2		C3		Tipo de PEBD: Bolsas Plásticas/Film
Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas							
Volumen del tratamiento	Repeticiones	Peso Inicial			Peso Final		
C1	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
C2	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
C3	1						
	2						
	3						
	4						
	5						

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6: Cálculo de Eficiencias

Nombre:				N° Registro:			Fecha de Inicio:		
Lugar:							Fecha de fin:		
Volúmenes del tratamiento (ml)	C1		C2		C3		Tipo de PEBD:	Bolsas Plásticas/Film	
<b>Cálculo de Eficiencia</b>									
Volumen del tratamiento	Repeticiones	Eficiencia % = $(PI - PF) / PF$							
C1	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
C2	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
C3	1								
	2								
	3								
	4								
	5								

Fuente: Elaboración Propia

### 2.4.3. Validación y confiabilidad del instrumento

La recopilación de datos y fichas de medición de pesos inicial y final fueron validados a criterio de expertos, Ingenieros Ambientales, Biólogos o Químicos de la Universidad. En la Tabla N°7, se indican las técnicas e instrumentos de recolección de datos. Los dos instrumentos mostrados a continuación fueron validados por la Ing. Ambiental Katherine Moreno Bardales con un porcentaje de 82.5%.

Tabla 7: Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

<b>Etapas</b>	<b>Fuente</b>	<b>Técnicas</b>	<b>Instrumentos</b>	<b>Resultados</b>
Recopilación de pesos iniciales del polietileno de baja densidad	Polietileno de dos tipos	Método Gravimétrico	Balanza analítica	Información correcta
Recopilación de pesos finales del plástico	Polietileno de dos tipos	Método Gravimétrico	Balanza analítica	Información correcta
Recopilación de volúmenes de homogenizado	Homogenizado proveniente del tracto digestivo	Método Gravimétrico	Balanza analítica	Información correcta
Se usarán herramientas estadísticas	Data generada	Cálculo matemático	Excel	Información correcta
Recopilación de datos referentes a la estructura final e inicial del plástico	Polietileno de dos tipos	Observación visual	Fotografías	Información correcta

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.5. Métodos de análisis de datos

La información generada en el laboratorio se recopiló y procesó con el uso de Microsoft Excel 2013 y SPSS Statistics 24, a fin de realizar los análisis estadísticos.

### 2.6. Aspectos éticos

Los datos generados en el laboratorio fueron conservados de forma reservada, asimismo el contenido del presente proyecto se basa en investigaciones relacionadas a la degradación del plástico con el uso de agentes biológicos, por la cual se citó a los autores en cuanto fue pertinente.

### **III. RESULTADOS**

### 3.1. Análisis de Pesos y Volúmenes del tratamiento de *Galleria mellonella*

En la Tabla N°8, se muestra un cuadro de verificación de las tareas a realizar previamente a la elaboración del homogenizado, teniendo en cuenta no modificarlas y seguir la secuencia.

Tabla 8: Check list de verificación.

Fecha:	5/06/2018
Hora:	11:00 a.m.
Peso de larvas vivas:	OK
<b>Check list de Preparación</b>	
Etanol al 95%	OK
T= 1 min	OK
Colocación de larva en nevera a 4 °C x 45 min	OK
Extracción del tracto digestivo	OK

Fuente: Elaboración Propia.

### 3.2. Pruebas de Gravimetría Bolsas plásticas

#### 3.2.1. Concentración de 5ml de Tratamiento.

En la Tabla N°9, se muestra el vaciado de datos en los formatos en Excel, en el que se indican los pesos iniciales y finales obtenidos posteriores a los días de tratamiento por contacto. El volumen de tratamiento aplicado fue de 5 ml (Representado por C1), aplicado en el tipo film

Tabla 9: Tabla de Diferencia de Pesos-C1-Tipo bolsas plásticas.

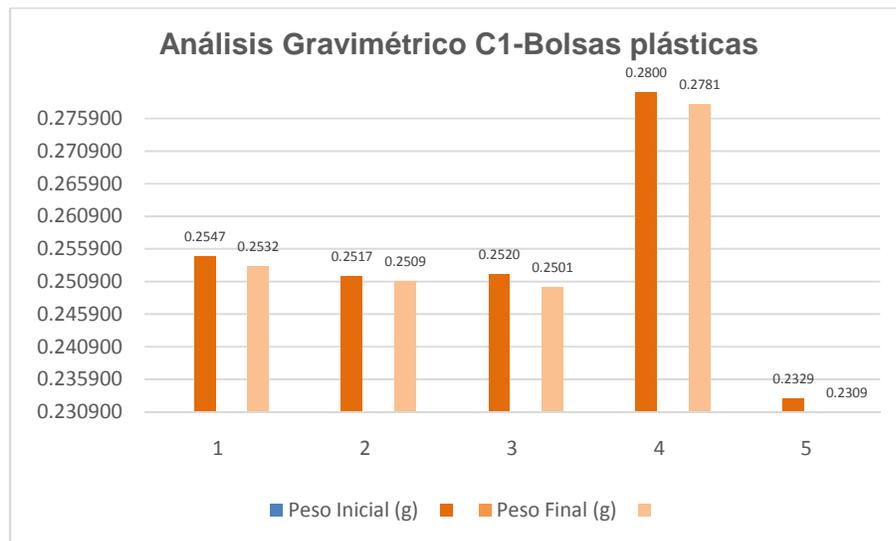
<b>Nombre: Sandra Revilla Torres</b>		<b>N° Registro: 01</b>	<b>Fecha de Inicio: 05-06-18</b>	
<b>Lugar: Laboratorio de Biotecnología.</b>			<b>Fecha de fin: 12-06-18</b>	
<b>Volúmenes del tratamiento (ml)</b>	<b>C1 =</b>	5 ml	<b>Tipo de PEBD:</b>	Bolsas Plásticas
<b>Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas</b>				

Volumen del tratamiento	Repeticiones	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)
C1	1	0.2547	0.2532
	2	0.2517	0.2509
	3	0.2520	0.2501
	4	0.2800	0.2781
	5	0.2329	0.2309

Fuente: Elaboración Propia.

La Ilustración N°22, representa el histograma resultante del cuadro anterior, en el que se aprecia que existe diferencia de pesos, indicando mayor eficiencia en la biodegradación para el polietileno de baja densidad tipo film, además de evidenciarse que en la muestra N°4 y N°5 hay variaciones representativas, producidas por el mayor y menor peso inicial, respectivamente, sin embargo de igual forma existió modificación respecto a su peso inicial. La muestra en la que se notó mayor eficiencia en la biodegradación fue la N°5.

Ilustración 22: Gráfico del Análisis Gravimétrico C1-Bolsas plásticas



Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

### 3.2.2. Concentración con 7.5 ml de tratamiento.

La Tabla N°10 representa la diferencia de pesos, previamente y posteriormente al tratamiento. La muestra de polietileno de baja densidad fue de tipo bolsas plásticas y el volumen de tratamiento fue de 7.5 ml (representado por C2)

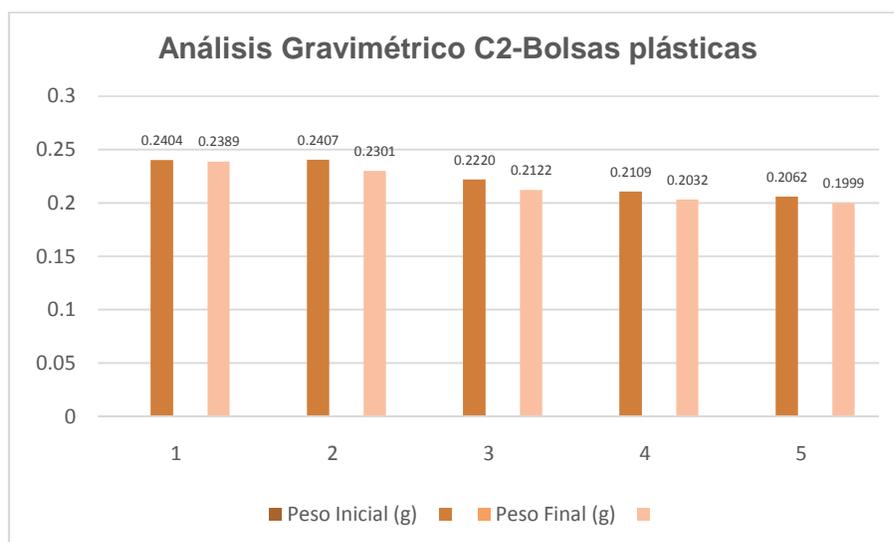
Tabla 10: Tabla de diferencia de pesos C2-Tipo bolsas plásticas

<b>Nombre: Sandra Revilla Torres</b>		<b>N° Registro: 02</b>	<b>Fecha de Inicio: 05-06-18</b>	
<b>Lugar: Laboratorio de Biotecnología.</b>			<b>Fecha de fin: 12-06-18</b>	
<b>Volúmenes del tratamiento (ml)</b>	<b>C2 =</b>	7.5 ml	<b>Tipo de PEBD:</b>	Bolsas Plásticas
<b>Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas</b>				
<b>Volumen del tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso Inicial (g)</b>	<b>Peso Final (g)</b>	
<b>C2</b>	<b>1</b>	0.2404	0.2389	
	<b>2</b>	0.2407	0.2301	
	<b>3</b>	0.2220	0.2122	
	<b>4</b>	0.2109	0.2032	
	<b>5</b>	0.2062	0.1999	

Fuente: Elaboración Propia.

En la Ilustración N°23 se puede apreciar el histograma de los resultados obtenidos en la tabla anterior, en donde se registra la evolución de las muestras de polietileno de baja densidad. La muestra N°3 muestra mayor eficiencia al tratamiento aplicado, además se evidencia la pérdida de peso en las 5 repeticiones, siendo el peso mínimo 0.1999. Corresponde al tipo bolsas plásticas.

Ilustración 23: Gráfico del Análisis Gravimétrico C2-Bolsas plásticas



Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

### 3.2.3. Concentración con 10 ml de tratamiento.

A continuación se muestra en la Tabla N°11, la diferencia de pesos hallada frente al tratamiento del tipo comercial de polietileno de baja densidad, bolsas plásticas, frente al tratamiento de 10 ml, donde se evidencia que la repetición N°3 es más considerable.

Tabla 11: Tabla de diferencia de pesos C3-Bolsas plásticas

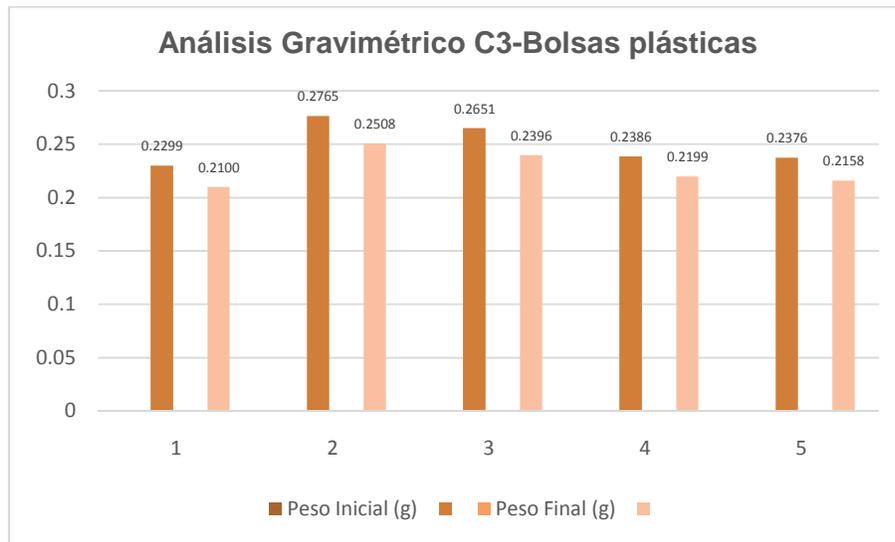
<b>Nombre: Sandra Revilla Torres</b>		<b>N° Registro: 03</b>	<b>Fecha de Inicio: 05-06-18</b>	
<b>Lugar: Laboratorio de Biotecnología.</b>			<b>Fecha de fin: 12-06-18</b>	
<b>Volúmenes del tratamiento (ml)</b>	<b>C3 =</b>	10 ml	<b>Tipo de PEBD:</b>	Bolsas Plásticas
<b>Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas</b>				
<b>Volumen del tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso Inicial (g)</b>	<b>Peso Final (g)</b>	
<b>C3</b>	<b>1</b>	0.2299	0.2100	
	<b>2</b>	0.2765	0.2508	
	<b>3</b>	0.2651	0.2396	
	<b>4</b>	0.2386	0.2199	

	5	0.2376	0.2158
--	---	--------	--------

Fuente: Elaboración Propia.

La Ilustración N° 24, nos muestra el análisis en relación a los pesos perdidos, dándose a notar que en comparación con los otros dos volúmenes de 5 ml y 7.5 ml, existe mayor pérdida de peso con la aplicación de 10 ml, evidenciando una mayor eficiencia. La repetición N°3 muestra 0.2765 gr de peso inicial y 0.2508 gr de peso final, indicando una pérdida de pesos de 0.0257gr. La repetición que presentó menor eficiencia en su tratamiento, fue la N°4, siendo el peso inicial de 0.2386 gr y peso final de 0.2199 gr y la pérdida de peso de 0.0187 gr. La diferencia o variación entre las repeticiones pueden variar por diferentes causas, ya sea algún tipo de perturbación o pérdida de volumen de tratamiento al momento de realizar la aplicación. Ver ilustración líneas abajo.

Ilustración 24: Gráfico de Análisis Gravimétrico C3-Bolsas plásticas.



Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

### 3.3. Pruebas de Gravimetría Film

#### 3.3.1. Concentración con 5 ml de Tratamiento

En la Tabla N°12 se hace referencia a la diferencia de pesos inicial y final en la aplicación de 5ml de tratamiento, a las muestras del film. Se evidencian cinco repeticiones, de las cuales la repetición N°2 presenta mayor pérdida de peso. A continuación se detalla.

Tabla 12: Tabla de diferencia de pesos C1-Film

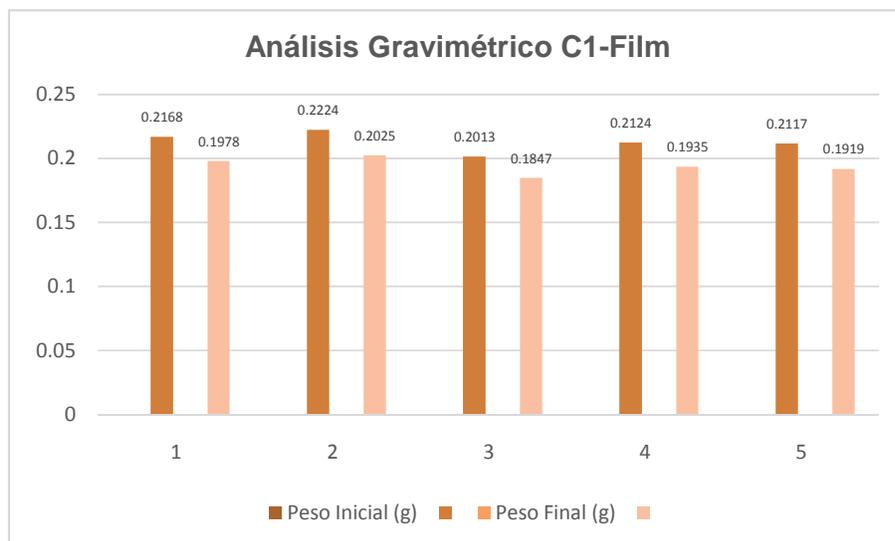
<b>Nombre: Sandra Revilla</b>	<b>N° Registro:</b>	<b>Fecha de Inicio: 05-06-</b>
-------------------------------	---------------------	--------------------------------

Torres		04	18
Lugar: Laboratorio de Biotecnología			Fecha de fin: 12-06-18
Volúmenes del tratamiento (ml)	C1 =	5 ml	Tipo de PEBD: Film
<b>Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas</b>			
Volumen del tratamiento	Repeticiones	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)
C1	1	0.2168	0.1978
	2	0.2224	0.2025
	3	0.2013	0.1847
	4	0.2124	0.1935
	5	0.2117	0.1919

Fuente: Elaboración Propia.

La Ilustración N°25, hace referencia al histograma proveniente de la pérdida de pesos con la aplicación del tratamiento, 5 ml de homogenizado. Se aprecia que la repetición N°2 presencia mayor pérdida de peso frente a las otras repeticiones. La repetición que evidenció menor pérdida de peso fue la N°3, siendo la diferencia 0.0166 gr.

Ilustración 25: Gráfico de Análisis Gravimétrico C1-Film



Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

### 3.3.2. Concentración con 7.5 ml de tratamiento.

La aplicación del tratamiento de homogenizado con el volumen de 7.5 ml (C2) para el tratamiento de muestras de film genera la siguiente Tabla N°13. En la que se connota la diferencia de pesos antes y después del contacto con el tratamiento.

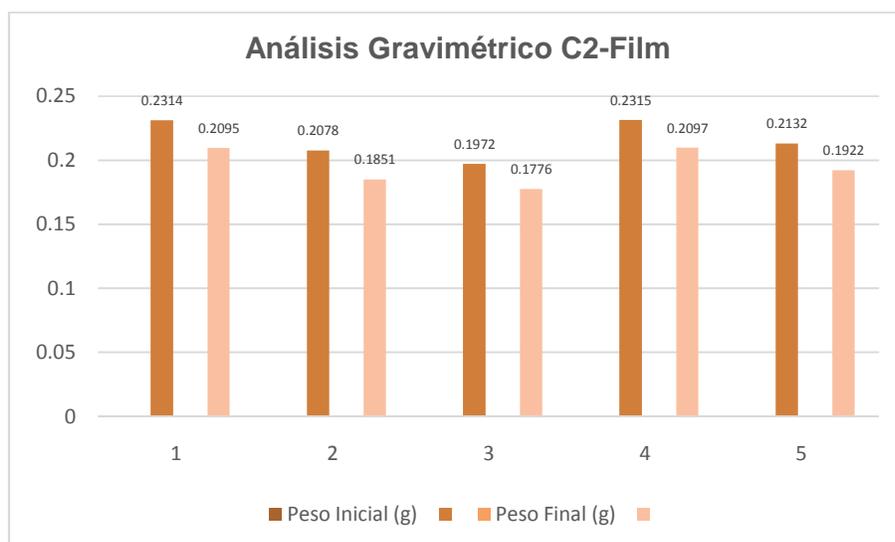
Tabla 13: Tabla de diferencia de pesos C2-Tipo film

<b>Nombre: Sandra Revilla Torres</b>		<b>N° Registro: 05</b>	<b>Fecha de Inicio: 05-06-18</b>
<b>Lugar: Laboratorio de Biotecnología</b>			<b>Fecha de fin: 12-06-18</b>
<b>Volúmenes del tratamiento (ml)</b>	<b>C2 =</b>	7.5 ml	<b>Tipo de PEBD:</b> Film
<b>Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas</b>			
<b>Volumen del tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso Inicial (g)</b>	<b>Peso Final (g)</b>
<b>C2</b>	<b>1</b>	0.2314	0.2095
	<b>2</b>	0.2078	0.1851
	<b>3</b>	0.1972	0.1776
	<b>4</b>	0.2315	0.2097
	<b>5</b>	0.2132	0.1922

Fuente: Elaboración Propia.

La Ilustración N°26 hace referencia al histograma resultante de la aplicación del tratamiento, en donde se logra apreciar que la repetición N°2 tiene mayor cantidad de peso perdido respecto a su valor inicial, siendo 0.0227 gr. la cantidad perdida. En todas las repeticiones se evidencia pérdida de peso, sin embargo hay algunas repeticiones que generaron mayor eficiencia respecto a las otras.

Ilustración 26: Gráfico de Análisis Gravimétrico C2-Film



Fuente: Elaboración propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

### 3.3.3. Concentración con 10 ml de tratamiento.

La tabla N°14 hace referencia a la diferencia de pesos resultante a la aplicación del tratamiento de volumen 10 ml (C3) a las muestras de film, mediante cinco repeticiones.

Tabla 14: Tabla de diferencia de pesos C3-Tipo film

<b>Nombre: Sandra Revilla Torres</b>		<b>N° Registro: 06</b>	<b>Fecha de Inicio: 05-06-18</b>	
<b>Lugar: Laboratorio de Biotecnología</b>			<b>Fecha de fin: 12-06-18</b>	
<b>Volúmenes del tratamiento (ml)</b>	<b>C3 =</b>	10 ml	<b>Tipo de PEBD:</b>	Film
<b>Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas</b>				
<b>Volumen del tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso Inicial (g)</b>	<b>Peso Final (g)</b>	
<b>C3</b>	<b>1</b>	0.2421	0.2098	
	<b>2</b>	0.2271	0.1933	
	<b>3</b>	0.1918	0.1655	
	<b>4</b>	0.1989	0.1724	

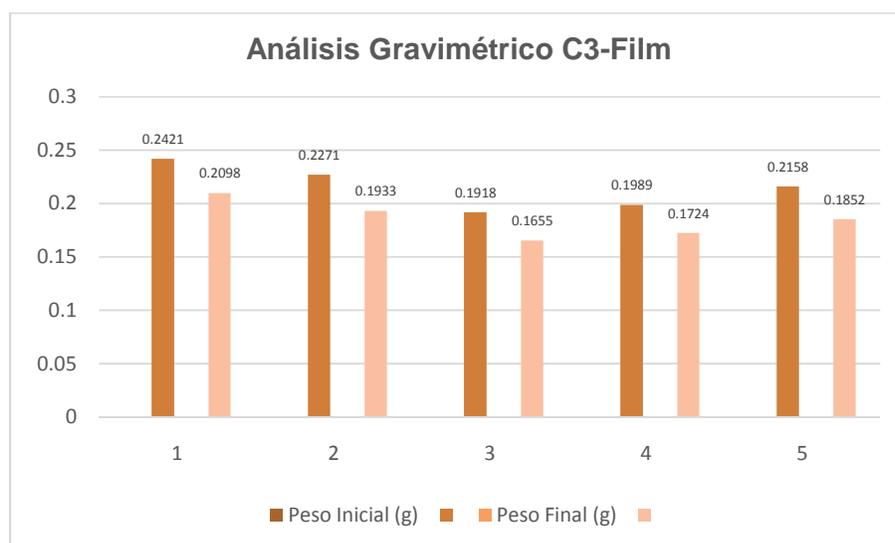
	5	0.2158	0.1852
--	---	--------	--------

Fuente: Elaboración Propia.

En la Ilustración N°27 se evidencia el histograma resultante de la tabla N°14, en donde indica que la repetición N°2 es la más representativa debido a que existe mayor eficiencia, el peso inicial de la muestra es de 0.2271 gr. y el peso final es de 0.1933 gr., correspondiendo una pérdida de peso de 0.0338 gr. La repetición menos eficiente corresponde a la repetición N°3, teniendo como peso inicial de la muestra de 0.1918 gr. y peso final de 0.1655 gr, lo que indicaría una pérdida de peso de 0.0263gr. Se llega a la conclusión que existen diferencias entre ambas muestras.

A continuación se evidencia el histograma detallado líneas arriba.

Ilustración 27: Gráfico de Análisis Gravimétrico C3-Tipo film



Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

### 3.4. Eficiencia de los tratamientos

#### 3.4.1. Eficiencia del tratamiento aplicado al PEBD tipo Bolsas Plásticas.

En la Tabla N°15 se hace referencia al cuadro de eficiencias obtenidas posteriormente al tratamiento en los tres distintos volúmenes 5ml, 7.5 ml y 10 ml (C1, C2 y C3 correspondientemente), aplicados a las muestras de polietileno de baja densidad de tipo comercial, Bolsas plásticas. Se evidencia que existe mayor eficiencia en el tratamiento de 10 ml, frente a los otros dos volúmenes. El porcentaje obtenido hace referencia a la aplicación de la fórmula de eficiencia anteriormente mencionada, en la que se usan la diferencia de pesos (inicial menos final), dividido entre el peso final, en gramos.

Obteniéndose un porcentaje, al que llamaremos porcentaje de eficiencia. El presente resultado se obtuvo como consecuencia de siete días de aplicación ininterrumpida. El menos porcentaje de eficiencia corresponde a la repetición N°2, aplicando 5 ml de tratamiento, obteniéndose 0.32% y el mayor porcentaje de eficiencia corresponde a la repetición N°3, aplicando 10 ml de tratamiento, obteniéndose 10.64% de eficiencia.

Tabla 15: Tabla de Eficiencias-PEBD Tipo Bolsas plásticas

<b>Nombre:</b> Sandra Revilla Torres		<b>N° Registro:</b>			1	<b>Fecha de Inicio:</b> 06-06-18	
<b>Lugar:</b> Laboratorio de Biotecnología						<b>Fecha de fin:</b> 11-06-18	
<b>Volúmenes del tratamiento (ml)</b>	C1	5	C2	7.5	C3	10	<b>Tipo de PEBD:</b> Bolsas Plásticas
<b>Cálculo de Eficiencia</b>							
<b>Volumen del tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>		<b>Eficiencia %= (PI-PF)/PF</b>				
<b>C1</b>	1		0.59%				
	2		0.32%				
	3		0.76%				
	4		0.68%				
	5		0.87%				
<b>C2</b>	1		0.63%				
	2		4.61%				
	3		4.62%				
	4		3.79%				
	5		3.15%				

<b>C3</b>	<b>1</b>	9.48%
	<b>2</b>	10.25%
	<b>3</b>	10.64%
	<b>4</b>	8.50%
	<b>5</b>	10.10%

Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

### 3.4.2. Eficiencia del Tratamiento al PEBD tipo Film.

En la Tabla N° 16, se hace referencia al cuadro de eficiencias obtenidas posteriormente al tratamiento en los tres distintos volúmenes 5ml, 7.5 ml y 10 ml (C1, C2 y C3 correspondientemente), aplicados a las muestras de polietileno de baja densidad de tipo comercial, Film. Se evidencia que existe mayor eficiencia en el tratamiento de 10 ml, frente a los otros dos volúmenes. El porcentaje obtenido hace referencia a la aplicación de la fórmula de eficiencia anteriormente mencionada, en la que se usan la diferencia de pesos (inicial menos final), dividido entre en el peso final, en gramos. Obteniéndose un porcentaje, al que llamaremos porcentaje de eficiencia. El presente resultado se obtuvo como consecuencia de siete días de aplicación ininterrumpida. El menor porcentaje de eficiencia corresponde a la repetición N°1, aplicando 5 ml de tratamiento, obteniéndose 9.61% y el mayor porcentaje de eficiencia corresponde a la repetición N°2, aplicando 10 ml de tratamiento, obteniéndose 17.49% de eficiencia.

Tabla 16: Tabla de Eficiencias-PEBD Tipo Film

<b>Nombre: Sandra Revilla Torres</b>				<b>N° Registro:</b>		1	<b>Fecha de Inicio: 06-06-18</b>	
<b>Lugar: Laboratorio de Biotecnología</b>							<b>Fecha de fin: 11-06-18</b>	
<b>Volúmenes del tratamiento (ml)</b>	<b>C1</b>	5	<b>C2</b>	7.5	<b>C3</b>	10	<b>Tipo de PEBD:</b>	Film
<b>Cálculo de Eficiencia</b>								

Volumen del tratamiento	Repeticiones	Eficiencia %= (PI-PF)/PF
C1	1	9.61%
	2	9.83%
	3	8.99%
	4	9.77%
	5	10.32%
C2	1	10.45%
	2	12.26%
	3	11.04%
	4	10.40%
	5	10.93%
C3	1	15.40%
	2	17.49%
	3	15.89%
	4	15.37%
	5	16.52%

Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

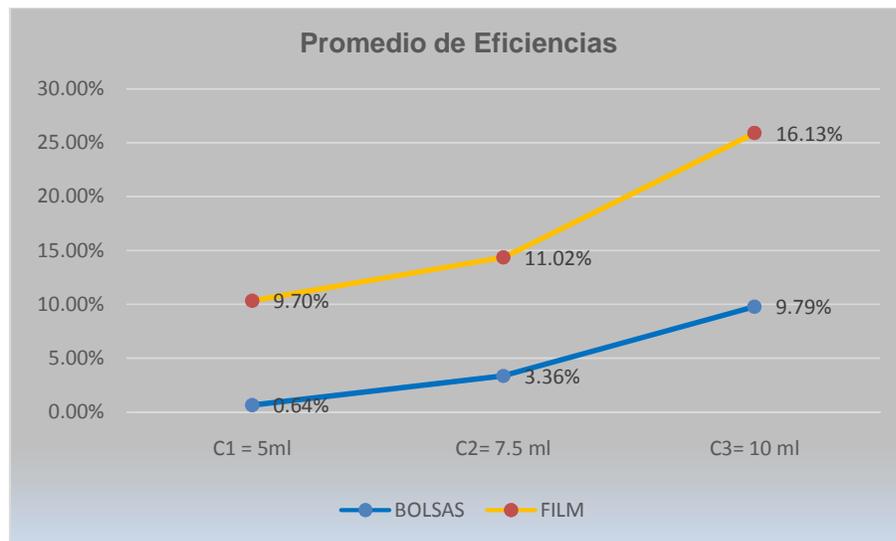
### 3.5. Análisis de los resultados

El volumen de homogenizado más eficiente, comparado con 7.5 y 5 ml de homogenizado, es el de 10 ml, correspondiente a aproximadamente el tratamiento generado por 60 larvas. Es decir 10 ml, en 7 días tiene la eficiencia promedio de 16.13 % de pérdida de peso en

muestras de polietileno (tipo bolsas plásticas) con un área de 200 cm<sup>2</sup>. A mayor volumen de homogenizado, mayor porcentaje de biodegradación. Se evidencia también que la línea de tendencia de color amarillo corresponde al promedio de eficiencia de la aplicación del tratamiento al film y la línea de tendencia de color azul corresponde al promedio de eficiencia de la aplicación del tratamiento a las bolsas plásticas.

En la Ilustración N°28, se pueden apreciar ambas tendencias, siendo el más óptimo para la biodegradación, el polietileno de baja densidad de tipo Film el resultado más eficiente.

Ilustración 28: Grafica del Promedio de Eficiencias



Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en Excel 2013.

### 3.6. Análisis de Varianza con un factor (ANOVA)

Se aplicó el Análisis de Varianza con un factor, para poder contrastar la hipótesis nula de que las medias de las K=15 poblaciones son iguales, con la hipótesis alternativa. Este tipo de Análisis estadísticos son apropiados para los de tipo Experimental debido a que vamos a comparar los 3 tratamientos aplicados (de distintos volúmenes), versus la variable dependiente que sería Diferencia de Pesos obtenidos, lo cual nos indicaría que a mayor peso perdido, mayor eficiencia para la biodegradación del polietileno de baja densidad (PEBD). El análisis se realizó para el PEBD, de Tipo Bolsas Plásticas y de tipo Film.

## BOLSAS PLÁSTICAS

Donde:

**VAR001:** Diferencia de Pesos Obtenidos luego del tratamiento, en el total de 15 muestras.

**VAR002:** Volumen 1,2 y 3, correspondiente a 0.5 ml, 7.5 ml y 10 ml de tratamiento.

Tabla 17: ANOVA-Bolsas Plásticas

ANOVA					
VAR001					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,001	2	,001	73,552	,000
Dentro de grupos	,000	12	,000		
Total	,001	14			

Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en SPSS Statistics 24.

En la Tabla N°17 se obtuvo que la significancia es de 0.000, es decir que es menor a 0.05 lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa específica, que indica que “A mayor volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de gusanos de cera, es más eficiente para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo 2, bolsas plásticas”

En la Tabla N°18 se aprecia las comparaciones múltiples ANOVA-Tukey, siendo la variable dependiente VAR001, correspondiente a la diferencia de pesos obtenidos luego del tratamiento, eficiencia.

Tabla 18: Comparaciones múltiples. ANOVA-Tukey

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR001

HSD Tukey

(I) VAR002	(J) VAR002	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-.0055600*	.0017666	,021	-.010273	-.000847
	3,00	-.0207000*	.0017666	,000	-.025413	-.015987
2,00	1,00	.0055600*	.0017666	,021	.000847	.010273

	3,00	-.0151400*	.0017666	,000	-.019853	-.010427
3,00	1,00	.0207000*	.0017666	,000	.015987	.025413
	2,00	.0151400*	.0017666	,000	.010427	.019853

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en SPSS Statistics 24.

En la Tabla N°19, se aprecia las medias para los subconjuntos de los tres volúmenes aplicados, siendo 5 ml 7.5ml y 10 ml. En la que se visualiza, siendo grupos homogéneos. Se utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Tabla 19: Medias para los subconjuntos de Volumen de tratamiento (V1, V2 y V3)

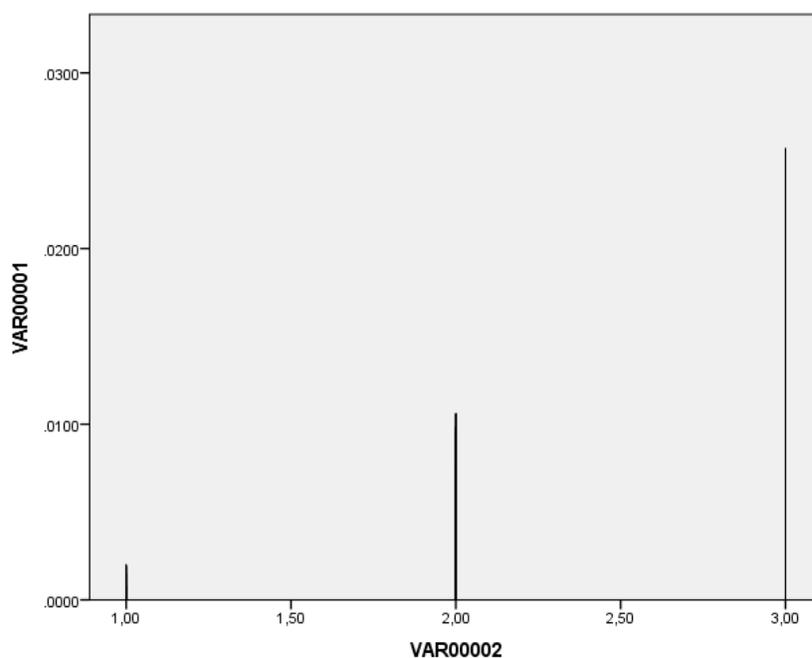
**VAR00001**

HSD Tukey<sup>a</sup>

VAR002	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
1,00	5	.001620		
2,00	5		.007180	
3,00	5			.022320
Sig.		1,000	1,000	1,000

Fuente: Elaboración propia en base al procesamiento de datos en SPSS Statistics 24.

Ilustración 29: Gráfico de relación de variables.



Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en SPSS Statistics 24.  
 En la ilustración N°29, se evidencia la relación de la pérdida de peso con la cantidad de Homogenizado.

**FILM**

Donde:

**VAR001:** Diferencia de Pesos Obtenidos luego del tratamiento, en el total de 15 muestras.

**VAR002:** Volumen 1,2 y 3, correspondiente a 0.5 ml, 7.5 ml y 10 ml de tratamiento.

Tabla 20: ANOVA-Film

**ANOVA**

VAR001

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,000	2	,000	34,338	,000
Dentro de grupos	,000	12	,000		
Total	,000	14			

Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en SPSS Statistics 24.

En la Tabla N°20 se obtuvo que la significancia es de 0.000, es decir que es menor a 0.05 lo cual indica que se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa específica, que indica que “A mayor volumen de homogenizado proveniente del tracto digestivo de gusanos de cera, es más eficiente para la biodegradación del polietileno de baja densidad de tipo 1, film”

Tabla 21: Comparaciones múltiples-Tukey

### Comparaciones múltiples

Variable dependiente: VAR001

HSD Tukey

(I) VAR002	(J) VAR002	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
1,00	2,00	-.0025600	.0013973	,201	-.006288	.001168
	3,00	-.0110600*	.0013973	,000	-.014788	-.007332
2,00	1,00	.0025600	.0013973	,201	-.001168	.006288
	3,00	-.0085000*	.0013973	,000	-.012228	-.004772
3,00	1,00	.0110600*	.0013973	,000	.007332	.014788
	2,00	.0085000*	.0013973	,000	.004772	.012228

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en SPSS Statistics 24.

La Tabla N°22, se obtienen las medias para los subconjuntos de los tres volúmenes aplicados, siendo 5 ml 7.5ml y 10 ml. En la que se visualiza, las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 5.000.

Tabla 22: Medias para los subconjuntos de volumen de tratamiento (V1, V2 y V3)

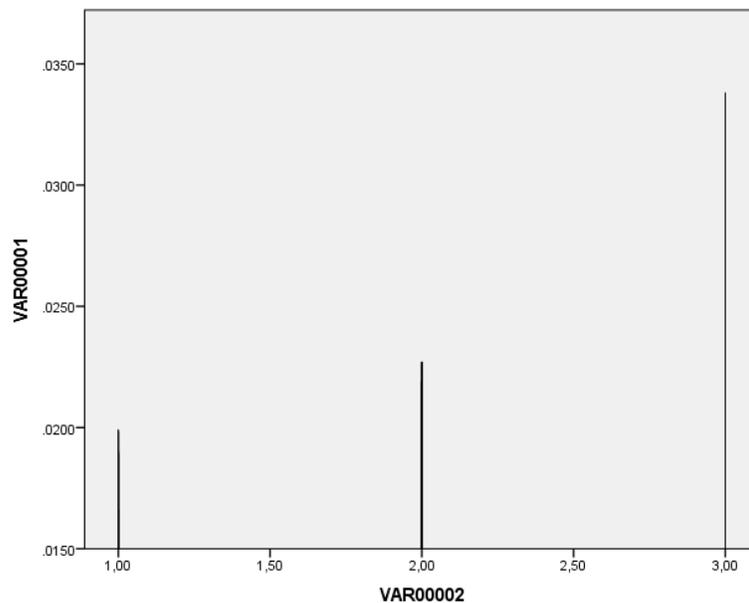
VAR001			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
VAR002	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
1,00	5	.018840	
2,00	5	.021400	
3,00	5		.029900
Sig.		,201	1,000

Fuente: Elaboración propia en base al procesamiento de datos en SPSS Statistics 24.

En la Figura N°30, se evidencia la relación de pérdida de pesos del polietileno de baja densidad, con la cantidad de Volumen de tratamiento aplicado.

Los resultados obtenidos, confirman la validez de la hipótesis alternativa general “El homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* es eficiente en la biodegradación de dos tipos de Polietileno de baja densidad, film y bolsa plástica”. Se entiende, entonces que el Homogenizado, llamado antes “tratamiento” aplicado es válido y eficiente para las 30 muestras de plástico, evidenciándose en algunos casos condiciones más óptimas que otras tomando en cuenta el volumen aplicado (5, 7.5 y 10 ml). Descartándose, no sólo la acción mecánica de la *Galleria mellonella* para deteriorar el plástico, sino que reducimos el campo de investigación próxima al tracto digestivo de la larva. Asimismo en la gráfica de relación de variables, teniendo como variable dependiente, la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, representada por la diferencia de pesos luego del tratamiento (VAR001) y la variable independiente, el homogenizado proveniente del tracto digestivo de la *Gallera mellonella* (VAR002), se obtiene como resultado que existe una relación directamente proporcional, es decir que a mayor cantidad de volumen de tratamiento, existirá una mayor eficiencia en la biodegradación, en el film

Ilustración 30: Gráfica de relación de variables.



Fuente: Elaboración Propia en base al procesamiento de datos en SPSS Statistics 24.

#### **IV. DISCUSIONES**

Para la presente investigación se recopiló información de investigaciones previas relacionadas a la biodegradación de plásticos con el uso de agentes bióticos, ya sean larvas, consorcios microbianos o cepas. Los cuales sirvieron como principal herramienta para desarrollar las discusiones con los resultados obtenidos en esta investigación. La investigación tuvo como principal finalidad realizar la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad producto del contacto con el homogenizado o tratamiento, puesto a que se infirió que la degradación pudo ser causada por microorganismos o cepas presentes en el tracto digestivo de la larva. Ésta investigación promueve investigaciones posteriores en dónde no se encuentre el agente que produce la biodegradación a fin de replicarlo en ambientes contaminados o de manera directa.

AGAMUTHU, (2005), en su artículo “Biodegradabilidad de los residuos plásticos degradables”, también abarcó la degradación de plásticos, pero biodegradables es decir elaborados de componentes o material orgánico, que comparado con el plástico no biodegradable posee menor tiempo de durabilidad en el ambiente, obtuvo resultados positivos en la aceleración en la degradación, mientras que en la investigación usada con el tratamiento elaborado del homogenizado proveniente de la *Galleria mellonella* se usaron muestras de polietileno de baja densidad no biodegradable, por poseer mayor problemática frente a la degradación obteniéndose de igual manera resultados positivos en relación a la efectividad. La investigación realizada para degradar bolsas biodegradables en una composta fue positiva puesto a que se está aplicando similar tratamiento a los residuos orgánicos para la transformación en abono o compost, por la interacción y actividad microbiana presente.

BARJA, (2016), en la tesis “La eficiencia del hongo *Pestalotiopsis* spp en la biodegradación de los tipos de plásticos (Poliuretano, polietileno de baja densidad y poliestireno de cristal), a nivel de laboratorio, 2016), Lima, Perú”, realizó una investigación en base a inferencias en donde encontró que en un relleno sanitario se evidenciaba presencia de plástico con indicios de degradación, el cual aisló al causante de

la degradación (*Pestalotiopsis spp*), hallando su eficiencia durante 30, 60 y 90 días, en comparación con la presente investigación se usaron los componentes del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* para hacer función de tratamiento a muestras de polietileno de baja densidad, pero en sólo siete días consecutivos de tratamiento, lo que indicaría una mayor eficiencia.

BOMBELLI, HOWE Y BERTOCCHINI, (2017), en el artículo científico “Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*”, realizó la degradación de muestras de polietileno de baja densidad con el uso de larvas vivas de *Galleria mellonella* demostrando que es capaz de degradar el polietileno en el tiempo de 40 minutos de contacto (2,2 +- 1.2 orificios/larva/hora); y posteriormente realizó la preparación de homogenizado de larvas completas obteniéndose una pérdida del 13% en 14 horas. En la presente investigación se aplicaron medios de control, desinfección, congelación y uso de incubadora. Cabe señalar que en la presente investigación se trabajaron con el homogenizado del tracto digestivo, usando metodologías aplicadas para el tratamiento con microorganismos, que trajeron como resultados mayores días para encontrar degradación. Aunque no se detalla la metodología aplicada por BOMBELLI, HOWE Y BERTOCCHINI, se ha demostrado que la metodología aplicada en la presente investigación también ha generado resultados óptimos, debido a que se pudo evidenciar los porcentajes de eficiencia entre los volúmenes de aplicación de 5ml, 7.5 ml y 10 ml. La máxima eficiencia fue de 17.49% con la aplicación de 10ml de homogenizado.

En comparación con la degradación con las larvas vivas u organismo pluricelular vivo, con el homogenizado se obtuvieron resultados más lentos, debido a que no se contó con la *Galleria mellonella* viva, que puede degradar en 12 Horas una pérdida de masa de 92 mg (0.092 g) del peso de una bolsa de plástico por acción mecánica del sistema masticatorio. (Bombelli, 2017)

VELASCO, (2017) en su artículo denominado “Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Galleria mellonella* bajo condiciones térmicas controladas en el 2017” realizó la degradación de muestras de polietileno de baja densidad con el uso de larvas vivas, demostrando que las larvas son capaces de reducir el plástico por acciones propias mecánicas de masticación. En la presente investigación se demostró que la degradación de los plásticos no se trata únicamente por la acción de masticación de la larva, sino que es producida por los componentes provenientes del tracto digestivo de la

larva por lo que al someter las muestras de polietileno de baja densidad se encontró pérdida de peso.

VILLA-CARBAJAL, [ét al] (2008), en su artículo “Degradación biológica de polímeros mediante la selección y producción de potenciales cultivos indicadores”, tuvo como principal objetivo realizar la degradación biológica con el uso de microorganismos, denominado *Brevibacillus borstelensis*, la principal similitud fue que también se usaron las capacidades metabólicas, igual que con la *Galleria mellonella* que con las capacidades propias es capaz de tomar el PEBD como fuente de carbono. Se podría asumir también, que la larva anteriormente mencionada posee microorganismos en el tracto digestivo que permiten la degradación. En la investigación de VILLA-CARBAJAL, [ét al] también se tomó el procedimiento de incubación, pero previamente se sometieron las muestras a una exposición a radiación ultravioleta, procesado térmico y una combinación de radiación ultravioleta y tratamiento térmico y posteriormente redujeron el tamaño de las muestras de plástico. Sin embargo, para el tratamiento con *Galleria mellonella* se redujeron las muestras sólo a 10cm x 20 cm, se podría asumir que se mejoraría la eficiencia si habría una mayor reducción del tamaño de la muestra. Sin embargo se obtuvieron óptimos resultados al tratamiento resultando la eficiencia de 0.64%, 3.36% y 9.79% para este tipo de muestras plásticas.

YANG, [ét al] (2015), en su artículo “Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests”, realizó una investigación a la relación de la biodegradación del poliestireno con una cepa aislada proveniente de la larva de la harina denominada “*Tenebrio molitor Linnaeus*”, el cual fue colocado vivo en un material de este tipo evidenciándose la generación de agujeros y cavidades. En comparación y como lo mencionado en el las recomendaciones se incentiva a próximos investigadores a ahondar en los componentes del tracto digestivo de la *Galleria mellonella*, debido a que posee características similares al *Tenebrio molitor* y se podría inferir en ser un factor común en ambas especies.

YOSHIDA, [ét al] (2016), en su artículo de investigación denominado “A bacterium that degrades and assimilates poly(ethylene terephthalate), Una bacteria que degrada y asimila poli (tereftalato de etileno), menciona que como resultado de su investigación la bacteria denominada *sakalensis Ideonella* causó daños a la muestra de PET muy importantes en el tiempo de 6 semanas 30 C°. En comparación al tratamiento con el homogenizado, sólo

tuvo un tiempo de duración de siete días, no se aisló la bacteria o cepa capaz de realizar la degradación por lo que la eficiencia es menor. Lo cual en comparación con esta investigación generaría una recomendación para próximas investigaciones.

## V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos confirman la validez de la hipótesis alternativa general “El homogenizado proveniente del tracto digestivo de *Galleria mellonella* es eficiente en la biodegradación de dos tipos de Polietileno de baja densidad, film y bolsa plástica”. Se entiende, entonces que el homogenizado, denominado anteriormente “tratamiento” aplicado, es válido y eficiente para las 30 muestras de plástico, evidenciándose en algunos casos condiciones más óptimas que otras tomando en cuenta los volúmenes aplicados de 5ml, 7.5 ml y 10ml. La eficiencia de homogenizado aplicado al tipo bolsas plásticas es de 0.64%, 3.36% y 9.79% respectivamente. La eficiencia del homogenizado aplicado al tipo film, es de 9.70%, 11.02% y 16.13% respectivamente a los tres volúmenes aplicados.

La mayor eficiencia respecto al tratamiento de tipo film corresponde a la repetición N°2, que corresponde al 17.49% aplicando 10 ml de homogenizado.

El volumen de homogenizado que presenta mayor eficiencia respecto a los volúmenes de 5ml y 7.5 ml de homogenizado, es el de 10ml, resultando mayor eficiencia en la aplicación al film y a las bolsas plásticas. La mayor eficiencia se evidenció en la repetición N°3, que corresponde a 10.64% aplicado con 10ml de homogenizado a la muestra de bolsas plásticas.

La influencia del tiempo respecto a los resultados se evidencia en la duración de días transcurridos para la obtención de resultados, correspondiente a siete días consecutivos, el cual nos arrojará la eficiencia de biodegradación anteriormente mencionada. Se deduce que a mayor tiempo de contacto, hay mayor eficiencia para la pérdida de pesos.

Se descarta la posibilidad que, sólo la acción mecánica de la *Galleria mellonella* es posible para deteriorar el plástico, sino que reducimos el campo de investigación próximo al tracto digestivo de la larva.

La *Galleria mellonella* posee en el tracto digestivo la solución para poder degradar el plástico, debido a las características propias de digestión debido a que para poder cambiar de fase, la larva hace galerías en la cera de los panales, acción que la lleva a corroer la cera para poder hospedarla y cambiar de fase, además de ser para su alimentación.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Desarrollar estudios posteriores a fin de poder aislar el agente causante de la biodegradación, es decir realizar ensayos con los componentes presentes en el tracto digestivo de la larva.

Ahondar estudios en distintos tipos de larvas o polillas, debido a la capacidad que poseen para la corrosión de papel y plástico. De esta manera acelerar la degradación natural de estos agentes. Lo mencionado se podría aplicar como tratamiento en los rellenos sanitarios con la finalidad de disminuir en volumen a este tipo de residuos, otorgándole mayor tiempo de vida a los rellenos sanitarios.

Buscar opciones de Balanzas analíticas más sofisticadas con la finalidad de obtener altos grados de precisión, en la que se puedan registrar datos con decimales de más de seis unidades.

Continuar con investigaciones referentes a la aceleración de la degradación de los plásticos, con la finalidad de generar mayores opciones de tratamiento hasta identificar a la más idónea para el tipo de plástico. Se pueden recurrir a metodologías aplicadas anteriormente para la búsqueda de microorganismos en el entorno.

Mantener vivas a las larvas el mayor tiempo posible y crearles un sustrato para que se alimenten pero tener cuidado que éstas cambien de fase y se conviertan en polillas. Identificar los tiempos y las fases de las larvas debido a que se tienen muy pocos días para poder aprovecharlas como larvas.

Evitar colocar las larvas en envases de papel o de polietileno de baja densidad debido a que por las características de la larva, es bastante probable que puedan corroer el envase y generar agujeros, lo que ocasionaría que si se está realizando un pesado de larvas, tener un peso equivocado por lo que pueden escaparse por los agujeros.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGAMUTHU, P. Biodegradabilidad de los residuos plásticos degradables. *Waste Manage Res*, 2005, vol. 23, p. 95-100.

ALONSO, María Silvia, et al. Biodegradación de polipropileno: evaluación gravimétrica y por espectroscopía infrarroja. Universidad Nacional de Jujuy, Buenos Aires, 2015. BANEGAS, *Glosario Entomológico*.

BARCELÓ, Francisca. Técnicas instrumentales en bioquímica y biología. Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de las Islas Baleares, 2003. p.138.

BELTRÁN, M. I., et al. Tema 1. Estructura y propiedades de los polímeros. *Tecnología de los Polímeros*, 2011.

BOMBELLI, Paolo; HOWE, Christopher J.; BERTOCCHINI, Federica. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Current Biology*, 2017, vol. 27, no 8, p. R292-R293.

CERDA, JAIME. *Glosario de términos utilizados en evaluación económica de la salud*. *Revista médica de Chile*, 2010, vol. 138, p. 76-78.

CHANG, Raymond. *Principios esenciales de química general*, Raymond Chang. 2006.

DÍAZ DEL CASTILLO. UNAM, Laboratorio de Tecnología de materiales. *Conformado de materiales plásticos*. México. 2012.

DICKMAN, Albert. Studies on the waxmoth, *Galleria mellonella*, with particular reference to the digestion of wax by the larvae. *Journal of Cellular and Comparative Physiology*, 1933, vol. 3, no 2, p. 223-246.

DUARTE, Coicué; FERNANDO, Luis; SEPÚLVEDA SALAZAR, Cristhian Camilo. Polietileno de baja densidad como alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica densa en caliente MDC-19. 2017.

FRÍAS, Arturo Cristán; LEMA, Irina Ize; GARCÍA, Arturo Gavilán. La situación de los envases de plástico en México. *Gaceta ecológica*, 2003, no 69, p. 67-82.

SALAZAR, Juan David Galvis; DUARTE, Roberto Quiñones; JIMÉNEZ, Pedro. Aislamiento de microorganismos del tracto digestivo de larvas de coleópteros y lepidópteros detritívoros. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 2009, vol. 5, no 1, p. 106-113.

Greenpeace, Plásticos en los océanos. Datos, comparativas e impactos. Dossier de prensa. España. Disponible en: [http://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos\\_en\\_los\\_oceanos\\_LR.pdf](http://archivos.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf)

JARAMILLO HENAO, Gladys; ZAPATA MÁRQUEZ, Liliana María. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. 2008.

I VILLAS, Mar Irida Lloret. El ciclo biológico de la polilla grande de la cera.

MINAM, Glosario de políticas.

Ministerio nacional del Ambiente, Glosario de términos para la formulación de proyectos ambientales, 2012. Perú. 2012.

MINAM, Sexto informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013, Perú. 2014.

NEGRÍN, Sonia, et al. Enseñanza popular de la biotecnología. *Biotecnología aplicada*, 2007, vol. 1, no 24, p. 53-57.

QUINCHÍA y MAYA, Degradabilidad de polietileno de baja densidad-LPDE-utilizando *Pycnopus sanguineus* UTCH 03. Artículo científico. Colombia. 2015.

RESTREPO-FLÓREZ, Juan-Manuel; BASSI, Amarjeet; THOMPSON, Michael R. Microbial degradation and deterioration of polyethylene—A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 2014, vol. 88, p. 83-90.

Secretaría de comercio y fomento industrial DGN, Industria del plástico-Reciclado de plásticos-Simbología para la Identificación del material constitutivo de artículos de plástico-nomenclatura. Norma técnica. México. 1999.

SEGURA, Daniel; NOGUEZ, Raúl; ESPÍN, Guadalupe. Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología V14 CS3. indd*, 2007, p. 361-372.

URIBE, Diego, et al. Biodegradación de polietileno de baja densidad por acción de un consorcio microbiano aislado de un relleno sanitario, Lima, Perú. Revista peruana de biología, 2010, vol. 17, no 1, p. 133-136.

VELASCO URDIALES, Miguel Jesus. Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Gallería mellonella* bajo condiciones térmicas controladas en el 2017. 2017.

VILLA, Mercedes, et al. Degradación biológica de polímeros mediante la selección y producción de potenciales cultivos iniciadores. Retema: Revista técnica de medio ambiente, 2009, vol. 22, no 136, p. 80-83.

YANG, Yu, et al. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 2. Role of gut microorganisms. Environmental science & technology, 2015, vol. 49, no 20, p. 12087-12093.

YOSHIDA, Shosuke, et al. A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate). Science, 2016, vol. 351, no 6278, p. 1196-1199.

## VIII. ANEXOS

### 7.1. Instrumento de validación de datos (Formato 1)


**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Katherine Rosmery Moreno Bardales

1.2. Cargo e institución donde labora: \_\_\_\_\_

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tabla de Prueba Gravimétrica cuantitativa

1.4. Autor(A) de Instrumento: Sandra Revilla Torres

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :** 82,5 %

Lima, 07 de Noviembre del 2017

  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 70270655 Telf. 992306036

-----  
 KATHERINE ROSMERY MORENO BARDALES  
 INGENIERA AMBIENTAL

7.2. Instrumento de validación de datos (Formato 2)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Rosmery Moreno Bardales

1.2. Cargo e institución donde labora: \_\_\_\_\_

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Tabla de Cálculo de Eficiencias

1.4. Autor(A) de Instrumento: Sandra Rosillo Tomas

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales									X				
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :** 82,5 %

Lima, 07 de noviembre del 2017

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 7027065 Telf: 992306036

KATHERINE ROSMERY  
MORENO BARDALES  
INGENIERA AMBIENTAL  
Reg. CIP N° 204865

## 7.2. Certificado de balanza analítica

 **sartorius**

# Certificate of Conformity

### Material Origin Certificate

#### arium® Type H2O | 613 Cartridge Kits

We hereby declare that the products below are manufactured to meet the published specifications for these products. We also declare that the products listed below have been manufactured from approved materials of construction and comply with design and manufacturing documentation.

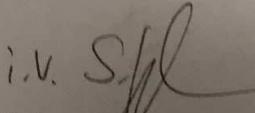
arium® Cartridge Kit Product Numbers include:  
H2O-A-Pack, H2O-B-Pack, H2O-E-Pack, H2O-U-Pack, H2O-C-Pack, H2O-S-Pack and  
613CPF05-----V

Cartridge housings are constructed of 100% virgin polypropylene. Where applicable, the semiconductor (i. E. Electronics) grade ion exchange resin supplied in these cartridge kits is certified to be new and to produce 18.2 megohms × cm ultrapure water corrected to 25°C<sup>1</sup>.

Furthermore, we declare, to the best of our knowledge, that the products listed do not contain any hazardous material as supplied<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Feed water quality must comply with published limits set by Sartorius Stedim Biotech GmbH.  
Resistivity measurements are based on Sartorius Stedim Biotech GmbH specifications  
<sup>2</sup> Dispose in accordance with applicable country, state and/or local regulations

June 2015  
Date

  
Dr. Susan Gerighausen  
Director of Quality

95033-509-67 - 95-9027-e150700 - Ver. 07 | 2015

### 7.3. Porcentaje de coincidencias en la prueba turnitin

turnitin

Portal de la clase | Mis notas | Discusión | Calendario

ESTÁS VENDO: INICIO + INVESTIGACIÓN 2018

¡Bienvenido a la página de inicio de su nueva clase! Podrás ver todos los ejercicios de tu clase en la página principal de tu clase, así como ver información adicional acerca de los ejercicios, entregar tu trabajo y tener acceso a los comentarios para tus trabajos. Mueve el cursor sobre cualquier elemento de la página principal de la clase para ver más información.

Página de inicio de la clase

Esta es la página de inicio de tu clase. Para entregar un trabajo, haga clic en el botón de "Entregar" que está a la derecha del nombre del ejercicio. Si el botón de Entregar aparece en gris, no se pueden realizar entregas al ejercicio. Si está permitido entregar trabajos más de una vez, el botón dirá "Entregar de nuevo" después de que usted haya entregado su primer trabajo al ejercicio. Para ver el trabajo que ha entregado, pulse el botón "Ver". Una vez la fecha de publicación del ejercicio ha pasado, usted también podrá ver los comentarios que le han dejado en el trabajo haciendo clic en el botón de "Ver".

Resumen de entregas del ejercicio: Investigación 2018 1

Información	Fechas	Estado
Verificación	Comenzar: 28 Jun 2018 7:41 PM Fecha de entrega: 31 Jul 2018 11:59 PM Publicar: 30 Jun 2018 12:00 AM	10% <a href="#">Entregar de nuevo</a> <a href="#">Ver</a>

© 2018 Turnitin, LLC. Todos los derechos reservados.

[Política de privacidad](#) [Ayuda de Privacidad](#) [Términos de servicio](#) [Cumplimiento de la protección de datos de la UE](#) [Protección de Copyright](#) [Propiedad intelectual](#) [Centro de ayuda](#)

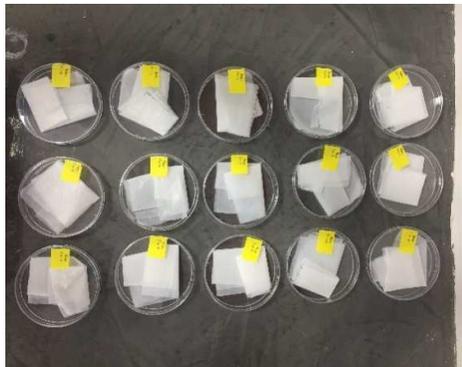
#### 7.4. Recopilación fotográfica



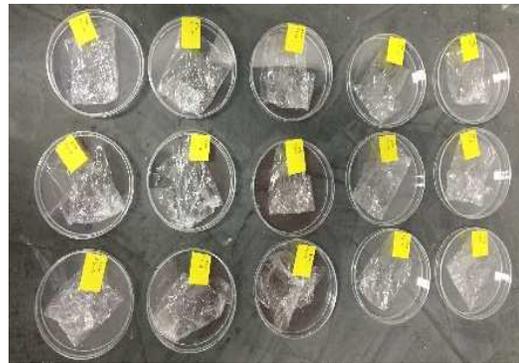
Larva en cera negra



Departamento de entomología UNALM



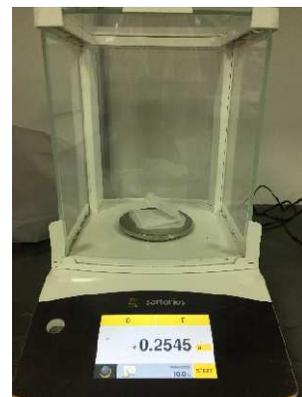
Muestras de bolsas plásticas



Muestras de film



Extracción



Peso de muestra



Homogenizado



Larvas



Proceso de incubación



Homogenizado en contacto con muestra



Homogenizado en contacto con muestra



Homogenizado



Desinfección de larvas



Homogenizado en contacto con muestra



Larvas

## 7.5. Fichas de datos

### Recopilación de datos en laboratorio-Prueba gravimétrica

Tabla 5: Prueba gravimétrica cuantitativa

Nombre:		Lugar:		N° Registro:		Fecha de Inicio:	
Sonda Pavilla Tonos		Laboratorio de Sinterología				05-06-18	
Volumen del tratamiento (ml)		C1	C2	C3	Tipo de PEBD:		
5ml		7,5ml	10ml		Bolsas Plásticas (Film)		
Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas							
Volumen del tratamiento	Repeticiones	Peso Inicial (g)		Peso Final (g)			
C1	1	0,2168		0,1978			
	2	0,2224		0,2025			
	3	0,2013		0,1847			
	4	0,2124		0,1935			
	5	0,2117		0,1919			
C2	1	0,2314		0,2095			
	2	0,2078		0,1851			
	3	0,1972		0,1776			
	4	0,2315		0,2096			
	5	0,2132		0,1922			
C3	1	0,2421		0,2098			
	2	0,2271		0,1933			
	3	0,1918		0,1655			
	4	0,1989		0,1724			
	5	0,2158		0,1852			

Fuente: Elaboración Propia.

Recopilación de datos en laboratorio-Prueba gravimétrica

Tabla 5: Prueba gravimétrica cuantitativa

Nombre: Sandra Raela Tono		N° Registro: 01			Fecha de Inicio: 05-06-18	
Lugar: Laboratorio de Biotecnología					Fecha de fin: 12-06-18	
Volumen del tratamiento (ml)	C1	C2	C3		Tipo de PEBD: Bolsas Plásticas/Film	
	5ml	7,5ml		10ml		
Prueba Gravimétrica cuantitativa de la degradación de las muestras de Polietileno de baja densidad (PEBD) tratadas						
Volumen del tratamiento	Repeticiones	Peso Inicial (g)		Peso Final (g)		
C1	1	0,2547		0,2532		
	2	0,2517		0,2509		
	3	0,2520		0,2501		
	4	0,2800		0,2781		
	5	0,2329		0,2309		
C2	1	0,2404		0,2389		
	2	0,2407		0,2301		
	3	0,2220		0,2122		
	4	0,2109		0,2032		
	5	0,2062		0,1999		
C3	1	0,2299		0,2100		
	2	0,2765		0,2508		
	3	0,2651		0,2396		
	4	0,2386		0,2199		
	5	0,2376		0,2158		

Fuente: Elaboración Propia.

Recopilación de datos en laboratorio-Cálculo de eficiencias

Tabla 6: Cálculo de Eficiencias

Nombre:		Lugar:		N° Registro:	Fecha de Inicio:	Fecha de fin:
Síndrome Respiratorio Agudo		Laboratorio de Biotecnología			05-06-18	12-06-18
Volumen del tratamiento (ml)	c1	Sul	c2	F.Sul	c3	10ml
Tipo de PEBD: Bolsas Plásticas Film						
Cálculo de Eficiencia						
Volumen del tratamiento	Repeticiones	Eficiencia % = (PI-PF)/PF				
c1	1	9,61 %				
	2	9,83 %				
	3	8,99 %				
	4	9,77 %				
	5	10,32 %				
c2	1	10,45 %				
	2	12,26 %				
	3	11,04 %				
	4	10,40 %				
	5	10,93 %				
c3	1	15,40 %				
	2	17,49 %				
	3	15,89 %				
	4	15,37 %				
	5	16,52 %				

Fuente: Elaboración Propia

Recopilación de datos en laboratorio-Cálculo de eficiencias

Tabla 6: Cálculo de Eficiencias

Nombre:		Lugar:		N° Registro:	Fecha de Inicio:
Sonda Perfil Jorcs		Laboratorio de Biotecnología			06-06-18
Volúmenes del tratamiento (ml)		C1	C2	C3	Tipo de PEBD:
		5ml	7,5ml	10ml	Bolsas Plásticas/Film
Cálculo de Eficiencia					
Volumen del tratamiento	Repeticiones	Eficiencia % = (PI-PF)/PF			
C1	1	0,59%			
	2	0,32%			
	3	0,76%			
	4	0,68%			
	5	0,87%			
C2	1	0,63%			
	2	4,61%			
	3	4,62%			
	4	3,79%			
	5	3,15%			
C3	1	9,48%			
	2	10,25%			
	3	10,64%			
	4	8,50%			
	5	10,10%			

Fuente: Elaboración Propia

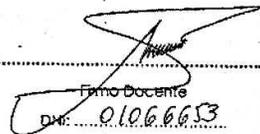
7.6 Acta de aprobación de originalidad de tesis

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD          DE TESIS</b>	Código : P06-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo, JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO docente de la Facultad de INGENIERÍA y Escuela Profesional de INC. AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo, en calidad de revisor (a) de la tesis titulada: Proceso de Homologación Ambiental del tracto sugativo de la Central Hidroeléctrica en la Sierrita de los tipos de cobertura de baja densidad Lima - zona Sur de Huancayo, consta que la investigación tiene un índice de similitud de 19 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

En la suscrita (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 16 de Junio 2018

  
 Firma Docente  
 DNI: 01066653

Baboró	Dirección de	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de	Aprobó	Rectorado




7.7. Formulario de Autorización para la publicación electrónica de la tesis

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)  
"César Acuña Peralta"

## FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

**1. DATOS PERSONALES**  
Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)  
Revilla Torres Sandra Macael

D.N.I. : 47656124  
Domicilio : Av. B. Lte. 1 "Virgen de las Nieves" - S.H.P.  
Teléfono : Fijo : 012235998 Móvil : 956285543  
E-mail : ma.cei.1993.23@gmail.com

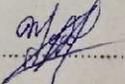
**2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS**  
Modalidad:  
 Tesis de Pregrado  
Facultad : Ingeniería  
Escuela : Ingeniería Ambiental  
Carrera : Ingeniería Ambiental  
Título : Ingeniería Ambiental

Tesis de Post Grado  
 Maestría  Doctorado  
Grado :  
Mención :

**3. DATOS DE LA TESIS**  
Autor (es) Apellidos y Nombres:  
Revilla Torres Sandra Macael

Título de la tesis:  
Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la Gallina moloneta en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, Lima - 2018.  
Año de publicación : 2018

**4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:**  
A través del presente documento,  
Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.   
No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :  Fecha : 11/09/18

7.8. Solicitud de digitalización de tesis

 **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FORMATO DE SOLICITUD**

SOLICITA:

Digitación de tesis.

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Sandra Marcel Revilla Torres con DNI N° 47636124, domiciliado (a) en Av. R. G. I. Am. Viruenda - Virgen de las Nieves 1515 H.P.

ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2018-I del programa INGENIERÍA AMBIENTAL identificado con el código de matrícula N° 6705038007 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recorro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

Digitación de tesis.

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.

Lima, 11 de 09 de 2018



**Resumen de coincidencias**

# 19 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	repositorio.ucv.edu.pe	5 %
2	Entregado a Universida...	2 %
3	www.galanthus.cat	2 %
4	www.slideshare.net	1 %
5	blogcdam.minam.gob...	1 %
6	pubs.acs.org	<1 %

Página: 1 de 91 | Número de palabras: 16170



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE  
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL  
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 2 de 1

Yo Revilla Torres, Sandra Macol, .....  
identificado con DNI N° 47656124...., Egresado(a) de la Escuela Profesional de  
INGENIERÍA AMBIENTAL, de la Universidad César Vallejo, autorizo ( X). No  
autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de  
investigación titulado: "EFICIENCIA DEL HOMOGENIZADO  
PROVENIENTE DEL TRACTO DIGESTIVO DE LA *Galleria mellonella* EN  
LA BIODEGRADACIÓN DE DOS TIPOS DE POLIETILENO DE BAJA  
DENSIDAD, LIMA - 2018, ....."; en el Repositorio  
Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado  
en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA

DNI: ...47656124

FECHA: Los Olivos ...09... de julio.. del 2018....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**Revilla Torres, Sandra Macol**

INFORME TÍTULADO:

EFICIENCIA DEL HOMOGENIZADO PROVENIENTE DEL TRACTO DIGESTIVO DE LA *Galleria mellonella* EN LA BIODEGRADACIÓN DE DOS TIPOS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD, LIMA - 2018

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 16/07/2018

NOTA O MENCIÓN: 15



\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Elmer Benites Alfaro