



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Eficiencia de Biodegradación del polietileno de baja densidad de  
la playa Carpayo mediante el uso de la larva *Zophobas morio*  
(Fabricius, 1776), Callao, 2019.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Llaque Caycho, Alex Gabriel (ORCID: 0000-0001-8576-5210)

Quiroz Arevalo, Jose Carlos (ORCID: 0000-0002-1534-6026)

**ASESOR:**

Dr. Cabrera Carranza, Carlos Francisco (ORCID: 0000-0002-3404-412X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA — PERÚ

2019

### **Dedicatoria**

Es nuestro deseo como sencillo gesto de agradecimiento, dedicarle nuestro trabajo plasmado en la siguiente tesis a nuestro Dios, por brindarnos fortaleza y sabiduría; a nuestras familias, por su apoyo y motivación constante, contribuyendo incondicionalmente a lograr nuestras metas y objetivos propuestos en el desarrollo del presente trabajo.

### **Agradecimiento**

En el presente trabajo de investigación agradecemos el apoyo de nuestro asesor, el Dr. Carlos Cabrera, quien con su experiencia y motivación nos orientó en la investigación. A nuestras familias por sus consejos y apoyo durante la elaboración de nuestro trabajo.

Así mismo agradecer a todos los docentes que con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarnos tanto en lo profesional como en lo personal durante el trayecto de nuestra carrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de Tablas .....	v
Índice de Figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA.....	17
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	17
3.2. Operacionalización de variables .....	18
3.3. Población, muestra y muestreo.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimiento .....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	30
3.7. Aspectos éticos.....	31
IV. RESULTADOS .....	32
V. DISCUSIÓN.....	47
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES .....	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51
ANEXOS	

## Índice de Tablas

Tabla 1: Cuadro operacional de variables .....	18
Tabla 2: Tabla de simbología y valor .....	19
Tabla 3: Técnicas e Instrumentos .....	20
Tabla 4: Caracterización de Residuos Sólidos .....	24
Tabla 5: Pesaje durante los 07 Días de Biodegradación de LDPE .....	32
Tabla 6: Pesaje durante los 15 Días de Biodegradación de LDPE .....	33
Tabla 7: Pruebas de normalidad para la biodegradación de LDPE .....	34
Tabla 8: Prueba T Student de muestras emparejadas .....	34
Tabla 9: Temperatura durante 07 Días .....	35
Tabla 10: Temperatura durante 15 Días .....	36
Tabla 11: Eficiencia de Biodegradación de LDPE durante 7 y 15 días .....	38
Tabla 12: Promedio de Eficiencia de Biodegradación de LDPE .....	39
Tabla 13: Peso de Zophobas morio (Fabricius, 1776) durante los 07 Días .....	40
Tabla 14: Peso de Zophobas morio (Fabricius, 1776) durante los 15 Días .....	41
Tabla 15: Estado de Zophobas morio (Fabricius, 1776) durante los 15 Días .....	42
Tabla 16: Parámetros fisicoquímicos en las excretas .....	45

## Índice de Figuras

Figura 1: Simbología de Plásticos .....	13
Figura 2: Mecanismo de Biodegradación .....	15
Figura 3: Área de recolección de muestra.....	19
Figura 4: Reconocimiento de la zona de estudio.....	22
Figura 5: Delimitación de la zona de estudio.....	23
Figura 6: Recolección de Residuos Sólidos .....	23
Figura 7: Caracterización y pesaje de los Residuos Sólidos .....	23
Figura 8: Recolección de datos utilizando el Instrumento N°1 .....	23
Figura 9: Caracterización de RR. S.S de la playa Carpayo.....	24
Figura 10: Proceso de Lavado con Etanol y Agua Destilada .....	25
Figura 11: Almacenamiento de LDPE .....	25
Figura 12: Muestra de LDPE .....	26
Figura 13: Pesaje Inicial en balanza analítica .....	26
Figura 14: Pesaje de larvas.....	26
Figura 15: Muestras pesadas .....	26
Figura 16: Armado de compartimientos .....	27
Figura 17: Compartimientos listos.....	27
Figura 18: Selección de larvas y Colocación de LDPE. ....	28
Figura 19: Larvas en compartimento con termohigrómetro.....	28
Figura 20: 2 Compartimientos con y sin placa térmica .....	28
Figura 21: Proceso de Biodegradación .....	28
Figura 22: Contacto de la larva Zophoba morio con LDPE .....	29
Figura 23: Limpieza y lavado de los plásticos con Etanol. ....	29
Figura 24: Cooler con las muestras para el traslado al laboratorio .....	29
Figura 25: Pesaje Final utilizando la balanza analítica.....	29
Figura 26: Gramos de LDPE Biodegradado en 7 días .....	32
Figura 27: Gramos de LDPE Biodegradado en 15 días .....	33
Figura 28: Temperaturas en 7 Días de Biodegradación.....	35
Figura 29: Temperaturas en 15 Días de Biodegradación.....	37

Figura 30: Eficiencia de Biodegradación de LDPE durante 7 y 15 días .....	39
Figura 31: Promedio Eficiencia de Biodegradación del LDPE durante 15 días ....	40
Figura 32: Peso Ganado de las Larvas luego de biodegradar LDPE .....	41
Figura 33: Estado de las Larvas Zophobas morio .....	42
Figura 34: Excreta de Z. morio blanca (sin consumo de LDPE).....	43
Figura 35: Unidad de Excreta de Z. morio después del consumo de LDPE.....	43
Figura 36: Unidad de Excreta de Z.morio después del consumo de LDPE.....	43
Figura 37: Diámetro de excreta de Z. morio después del consumo de LDPE .....	43
Figura 38: Valores de pH de las excretas de Z. morio (Fabricius, 1776).....	45
Figura 39: Temperatura de las excretas de Z. morio (Fabricius, 1776).....	46
Figura 40: Conductividad eléctrica de excretas de Z. morio (Fabricius, 1776).....	46

## Resumen

Esta investigación se realizó para determinar la eficiencia de biodegradación del polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo mediante la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776), de tal manera que se minimiza el impacto negativo del uso indiscriminado de bolsas plásticas. Fue necesaria la elaboración de compartimentos de vidrios divididos en 4 partes para poder realizar 4 repeticiones con 60 larvas en cada compartimento, asimismo se colocó una placa térmica en 2 compartimentos para diferenciar la biodegradación a temperaturas distintas. El proceso se dio en intervalos de 7 y 15 días, de modo que se verificó datos periódicamente respecto al peso, estado de larvas y temperatura de cada compartimento. Se comprobó que el polietileno de baja densidad puede ser biodegradado mediante las larvas *Zophobas morio* (Fabricius, 1776), las cuáles, al estar a una adecuada temperatura (en un rango de 27°C-28°C) realizan un eficiencia de biodegradación de 13.90% para un tiempo de exposición 15 días; asimismo, se pudo verificar que si las larvas de *Z. morio* (Fabricius, 1776) no cuentan con una adecuada temperatura, su interacción con el polietileno de baja densidad disminuye, resultando una eficiencia de biodegradación de 4.45% para un tiempo de exposición de 15 días. Adicionalmente, mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) se descubrió la presencia de LDPE dentro de las excretas de las larvas *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) luego de haber biodegradado el polímero.

Palabras clave: Polietileno de baja densidad, biodegradación, microscopía, *Zophobas morio* (Fabricius, 1776).

## Abstract

This research was conducted to determine the efficiency of biodegradation of low-density polyethylene from Carpayo beach using the *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) larvae, so the negative impact of the indiscriminate use of plastic bags is minimized. It was necessary to prepare glass compartments divided into 4 parts to be able to perform 4 repetitions with 60 worms in each compartment, also a thermal plate was added in 2 compartments to differentiate biodegradation at different temperatures. The process was carried out at intervals of 7 and 15 days so that specific data such as weight, larval status, and temperature of each compartment were verified. This experiment showed that low-density polyethylene can be biodegraded by the *Zophobas morio* larvae (Fabricius, 1776), which, at an adequate temperature (in a range of 27 ° C-28 ° C) perform a biodegradation efficiency of 13.90% for an exposure time of 15 days. It was also verified that if the larvae of *Z. morio* (Fabricius, 1776) don't have an adequate temperature, their interaction with low-density polyethylene decreases, resulting in a biodegradation efficiency of 4.45% for an exposure time of 15 days. In addition, by scanning electron microscopy (SEM), the presence of LDPE was found within the excretes of the *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) larvae after the biodegradation of the polymer.

Keywords: polyethylene low-density, biodegradation, microscopy, *Zophobas morio* (Fabricius, 1776).

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la problemática ambiental con respecto a los residuos sólidos es uno de los temas de mayor controversia, ya que toda actividad humana es casi inherente a producir residuos. Además, la deficiente capacidad administrativa de los gobiernos locales y regionales de nuestro país para controlar y gestionar el manejo de residuos sólidos, ha ocasionado que esta problemática tenga consecuencias en la contaminación ambiental de nuestros recursos naturales (agua, aire y suelo).

El plástico en nuestra era ha pasado a ser parte de nuestra vida cotidiana, debido a su durabilidad, ligereza y flexibilidad, además de su bajo precio en el mercado internacional. Desgraciadamente, los residuos plásticos se han incrementado de forma dramática ocasionando graves desequilibrios en ecosistemas.

La Organización de las Naciones Unidas (2018) sostiene que actualmente alrededor de 13 millones de toneladas de plásticos son vertidos al mar, afectando principalmente la diversidad ecológica y la salud pública. Debido a su bajo costo de elaboración, ha originado que su producción sea masiva, sin buscar opción de solución. Cabe resaltar, que solo el 9% de estos plásticos que son desechados son reciclables. Además, indican que para el año 2050, los plásticos presentes en el mar y vertederos llegarán a los 12'000 millones de toneladas.

En nuestro país, según los datos del PIGARS propuesto por el MINAM en el 2016, los residuos generados en el año 2014, fue de 13244 t/día; mientras que en Lima Metropolitana y el Callao, generaron 5970 t/día, el cual el 18.64% pertenece a residuos reaprovechables, es decir, teniendo en cuenta esta referencia, podríamos a llegar indicar que, en nuestra capital, genera 1113 t/día de residuos reaprovechables (los cuales son: plástico, vidrio, cartón, entre otros).

Según el MINAM (2018) solamente el 1.9% del total de los residuos reaprovechables son reciclados. En ese sentido, el incremento acelerado de la población ha ocasionado que uno de los tipos de residuos plásticos más abundantes en los bienes y servicios esté presente en la vida cotidiana, nos referimos a las bolsas de plástico (polietileno de baja densidad). Estudios indican

que el LDPE es la segunda clase de plástico con mayor demanda a nivel mundial con un 17% (45.73 toneladas) del total al año 2015 (Plastics Europe, 2015).

La investigación presente se enfoca en la playa Carpayo, la cual es considerada una de las playas con mayor contaminación de nuestro país.

Según Olasperu (2016) indica: La playa Carpayo fue la segunda playa más contaminada por residuos en lo que fue ese año, ya que se recolectaron 70 toneladas de residuos sólidos, aproximadamente 2 kg/m<sup>2</sup>, en el cual destaca la presencia de materiales reciclables como papel, cartón, plásticos, etc. Además, indica que el 40% de dichos residuos, fue LDPE, es decir, 175 toneladas.

Un estudio en el año 2008 demostró en la playa Carpayo la presencia de residuos domésticos, así como contaminantes microbiológicos excedentes a los estándares de calidad ambiental (Flores, Henostroza y Sánchez, 2008).

En ese sentido, Alfaro (2018) menciona: El 50% de la basura marina que contamina las playas y los mares del Perú es plástico en sus diversas formas. Estas bolsas son un peligro para la vida silvestre y son más frágiles ya que se dice que son biodegradables, pero no se biodegradan en el agua de mar, simplemente se rompen en pedazos más pequeños hasta que se forman los microplásticos (párr. 3).

Asimismo, se ha demostrado la presencia de microplásticos en el intestino humano, entre ellos, el polietileno está presente en la larga lista de plásticos que son ingeridos por muchas especies marinas, y que al final de la cadena alimenticia terminan en el ser humano (McGill et al., 2017).

La formulación del problema se dividió en dos apartados, como **problema general**: ¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación del LPDE de la playa Carpayo mediante el uso de la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776), Callao 2019? Luego se tuvo como **problemas específicos** los siguientes: ¿Cuál es la temperatura óptima para que la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) interaccione con el polietileno de baja densidad de la playa Carpayo, Callao, 2019? Asimismo ¿Cuáles son las características fisicoquímicas de las excretas de la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) luego de biodegradar polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo, Callao, 2019?

La **Justificación del estudio** proviene desde la preocupación constante hacia un problema ambiental que incide directamente a la fauna marina como a los humanos a través de un efecto en cadena, esto debido a una importante cantidad de diversos residuos plásticos presentes en ríos, playas, y ciudades. En tal sentido, la playa Carpayo ubicada en la provincia constitucional del Callao, siendo parte de esta problemática, urge la necesidad de actuar a fin de erradicar la contaminación por LDPE. A partir de esto, los autores proponemos el aprovechamiento de las cualidades naturales de un insecto en estado larval (*Zophobas morio* (Fabricius, 1776)) para acelerar la biodegradación de LDPE que conforman las bolsas plásticas tradicionales, conllevando a la minimización de estos residuos, los cuales hoy por hoy están contaminando nuestros mares y sus especies marinas, muchas veces causándoles la muerte por la ingestión e intoxicación debido a estos plásticos.

Por otro lado, aplicando esta tecnología no convencional se contribuye a la ampliación del periodo de vida efectivo de los rellenos sanitarios, y a su vez se evitará en cierta medida a que estos plásticos no sean desechados de forma inadecuada en botaderos o puntos críticos, los cuales están presentes en calles y playas de ciudades como Lima y Callao. En este contexto nuestra investigación justifica su aporte práctico y ambiental sentando bases y precedentes para elevar el conocimiento hacia alternativas en el tratamiento de residuos.

De otro lado, la aplicación de esta tecnología no convencional asiste a la sociedad al darle un insecto (*Zophobas morio*) un uso biodegradador de bolsas plásticas para las personas u instituciones que usan este insumo, lo que a su vez puede ser replicado en las ciudades con la crianza de esta especie.

La justificación teórica de la presente investigación radica en que busca ser una guía o modelo para entender el uso de un insecto (larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776)) para acelerar naturalmente la descomposición de un tipo de plástico: LDPE.

Finalmente, en el aporte económico, estos resultados podrán ser útiles para en primera instancia obtener un factor de reducción de este plástico por

grupos de larvas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776), y en segunda instancia con mayores investigaciones y autoridades competentes poder llevarlo a gran escala y generar sostenibilidad en los procesos de las industrias.

Partimos del **objetivo general**: determinar la eficiencia de la biodegradación del LDPE de la playa Carpayo mediante el uso de la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776), Callao 2019 y como **objetivos específicos** la de hallar la temperatura óptima para la interacción de la larva *Z. morio* (Fabricius, 1776) con el polietileno de baja densidad de la playa Carpayo, Callao 2019 y determinar las características fisicoquímicas de las excretas provenientes de la larva *Z. morio* (Fabricius, 1776) luego de biodegradar LDPE proveniente de la playa Carpayo, Callao, 2019.

Es así que tenemos como nuestra **hipótesis general** que  $H_a$ : la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) biodegrada eficientemente el polietileno de baja densidad de la playa Carpayo, Callao 2019.

Asimismo, tenemos como **hipótesis específicas**  $H_{a1}$ : La temperatura óptima para la interacción de la larva *Z. morio* (Fabricius, 1776) con el polietileno de baja densidad de la playa Carpayo, Callao, 2019 es de 28°C, como también  $H_{o2}$ : Existen características fisicoquímicas significativas en las excretas de la larva *Z. morio* (Fabricius, 1776) luego de biodegradar LDPE proveniente de la playa Carpayo, Callao, 2019.

## II. MARCO TEÓRICO

Se han realizado diversos estudios para buscar acelerar la descomposición del LDPE presente en nuestro medio ambiente. Antecedentes a la presente investigación son el tratamiento de hongos filamentosos biodegradadores de polietileno de tereftalato y LDPE, y la eficiencia del homogenizado a base del tracto digestivo de la *Galleria mellonella* para degradar dos tipos de LDPE, entre otros. La presente investigación tiene como fin establecer la eficiencia de biodegradación del LDPE proveniente de la playa Carpayo mediante la larva del insecto *Zophobas morio* (Fabricius, 1776).

Con ello se pretende encontrar una adecuada solución para contrarrestar la contaminación a partir de este residuo. Como consecuencia de esta problemática se realizaron trabajos previos a lo largo del tiempo, a continuación, mostraremos varios de estos trabajos aplicados tanto en el ámbito nacional como internacional:

Geyer, Jambeck y Lavender (2017), enfocaron en estudiar los datos globales anuales de 1950 a 2015 sobre el ciclo de vida del plástico, desde su producción hasta su destino final. Utilizando datos publicados por Plastics Europe Market Research Group y The Fiber Year and Tecnon OrbiChem, dedujeron que del total de plástico producido a lo largo de la historia solo el 30% continúa utilizándose. 600 millones de toneladas pertenecientes a la proporción de plástico en desuso se convirtieron en residuos sólidos, del cual 79% tuvieron una inadecuada disposición, 12% fueron incineradas y solo 9% fue reciclado. Los investigadores concluyeron que si la tendencia continúa, para el año 2050 existirá 20000 millones de toneladas de plástico en el ambiente.

Bertocchini, Bombelli y Howe (2017), analizaron la biodegradación del PE con el gusano de cera. A partir de análisis gravimétrico se confirmó una pérdida de masa de 13% de PE durante las 14 horas de tratamiento. Mediante un análisis FTIR, se observó la presencia de etilenglicol cerca a los agujeros en el PE causados por gusanos de cera, pero no en un punto distal. Para analizar más a fondo el efecto del homogenizado de gusano de cera en la superficie del PE se realizó un análisis AFM, observándose cambios en la superficie del PE correspondiente a un aumento mayor del 140% en la rugosidad de la superficie. Se concluyó que el contacto físico del gusano de cera homogenizado con la superficie del PE modificó la integridad

de la superficie del polímero; sin embargo, queda indeterminada la presencia de enzimas en la flora intestinal del gusano que contribuya en la biodegradación del PE.

Opatz, Pusch y Weber (2017), en su artículo “Polyethylene bio-degradation by caterpillars?”, examinaron los datos microscópicos y espectroscópicos de la biodegradación de PE por *Galleria mellonella* expuestos por Bombelli, Howe y Bertocchini (2017). Utilizando experimentos de control, se obtuvo que faltaban señales esenciales de glicol de etileno en los espectros publicados por el anterior estudio, además de que las señales de degradación bioquímica recogidas son idénticas a las emitidas por una mezcla de proteína animal y grasa. Concluyeron que aún no se ha probado la descomposición bioquímica del PE, por lo que recomiendan estudiar los parámetros de tiempo/exposición, utilizando el etiquetado  $^{13}\text{C}$  para obtener los subproductos (metabolitos) propios de la digestión marcadas con  $^{13}\text{C}$ .

Malawi, Anja, et al. (2019), investigaron el destino del retardante de llama hexabromociclododecano (HBCD) en gusanos de harina que degradan el PS y en camarones alimentados con gusanos de harina, usando métodos analíticos de cuantificación de la EPA. Evidenciaron que el consumo de la mayor parte del HBCD por los gusanos de harina se ingirió en frass dentro de las 24 h (a 1 log de remoción) y con casi una remoción de 3 log después de 48 h, asimismo solo el  $0.27 \pm 0.10\%$  del HBCD ingerido permaneció en el tejido corporal del gusano de la harina, lo que indica poca o ninguna bioacumulación. Adicionalmente, la supervivencia de los camarones fue atribuible a la fracción de biomasa de gusanos de harina incorporada a la dieta, no a HBCD. Se concluyó que los efectos ambientales de la ingestión de PS necesitan una evaluación adicional ya que es posible la generación de partículas más pequeñas y más contaminadas, y puede contribuir a la toxicidad a nanoescala.

Revilla, M. (2018), analizó la Biodegradación de LDPE (bolsa plástica y film) por el gusano de cera, determinando la eficacia del homogenizado de los organismos presentes en su sistema digestivo. La metodología empleada se basó en el cálculo de eficiencia, que está referenciado en el peso inicial y peso final obtenidos del tracto digestivo de la larva durante una semana de análisis para

ambos tipos de LDPE. El análisis de eficacia del homogenizado se realizó en 30 muestras acondicionadas en 5ml, 7.5 ml y 10ml, obteniendo como resultado: para las bolsas plásticas 0.64%, 3.36% y 9.79%, para el film 9.70%, 11.02% y 16.13% respectivamente. Se concluyó que el tracto digestivo del gusano de cera (*Galleria mellonella*) posee una solución idónea para la degradación del plástico, ya que, a mayor escala, mayor será la eficiencia de misma.

Gutierrez, (2018), verificó la biodegradación de LDPE por *Pseudomona*, determinando los parámetros físicos y de crecimiento microbiano. Se registró el crecimiento y aislamiento de las colonias en un rango de 24 y 72 horas; posteriormente se realizó un análisis de identificación de bacterias, con la finalidad de contar con una cepa pura. En la siguiente etapa se realizó Agar polietileno (que consta de agar nutritivo junto con polietileno en cortes delgados, lo cuales fueron llevados al horno esterilizador a 180 °C por un transcurso de 10 minutos. Una vez contada con el agar de polietileno, realizo el pesado de los frascos, incluyendo la cantidad de agar de polietileno que se va a analizar, los cuales fueron analizados en un rango de 24, 48 y 72 horas. Las conclusiones de la investigación fueron: que se registraron que a 25 °C mostro un mayor crecimiento de las colonias de los microorganismos, indicando mayor capacidad de biodegradación, además, que en el pH en concentración 8, es el óptimo para el crecimiento microbiano. Se concluyó que la bacteria *psedomona aeruginosa* si se encuentra en óptimas condiciones de temperatura y nivel de pH, permitirá mayor efectividad para biodegradar PE.

Espinoza (2018), determinó el grado de degradación en muestras de LDPE aplicando variedades de hongos (*Aspergillus*, *Cladosporium*, *Penicillium*, *Trichoderma* y *Fusarium*), los cuales fueron aislados a través de un agar de papa dextrosa (PDA) con la finalidad de obtener muestras puras de cada microorganismo a tratar. El proceso de degradación se realizó en un medio mineral, constituidas de sales en diferentes concentraciones, lo cual permitió un control adecuado de cada elemento y la asepsia del proceso. Después, se utilizó láminas plásticas (LDPE), los cuales fueron recortados en dimensiones (15x20 cm), con un peso de 500 mm, los cuales fueron corroborados con una balanza analítica, los cuales fueron separados en 03 grupos: el primer grupo, no fueron sometidos a ningún tratamiento; el segundo grupo, realizó un tratamiento físico de envejecimiento térmico, es decir,

que fueron sumergidos en un frasco con 150 ml de agua destilada, los cuales fueron tapados con papel aluminio para ser introducidos en una cámara de secado a 30°C por 48 horas; y el tercer grupo, fue a través de un control de crecimiento microbiano, en la cual cada cepa de microorganismos se inoculó en tres recipientes por 90 días finalizando con un tratamiento de eliminación de materia viva y remoción de humedad residual en las muestras. Los resultados alcanzados que se registró en el segundo grupo fue una pérdida leve en un rango de 0.088 – 0.576% en su estructura. En el tercer grupo, se pudo verificar una pérdida de 0.99% - 0.11%. El investigador concluyó que la cepa de *Fusarium* es la más apta para degradar LDPE, ya que mostró una pérdida de 0.99 – 0.11% en 90 días de exposición.

Huerta et al. (2018), identificó y aisló las bacterias del intestino de la especie *lumbricus terrestris* y puso a prueba su efecto sobre la descomposición microplástica en el suelo. Como metodología usaron un experimento de microcosmos a corto plazo realizado con suelo esterilizado por rayos gamma con o sin microplásticos. Como resultados obtuvieron que todas las bacterias aisladas fueron grampositivas, asimismo observaron que el 60% del LDPE inicial decae después de 21 días en presencia de bacterias. Los investigadores concluyeron que el grupo bacteriano de filo *Actinobacteria* y *Firmicutes* redujeron significativamente el tamaño del LDPE y que se podría emplear como técnica de restauración para suelos contaminados con este tipo de microplástico.

Paço et al. (2017), demostró la capacidad del hongo *Zalerion maritimum* como agente de biodegradación del PE. Evaluó diferentes cantidades de hongos aplicados a los pellets de PE, en diferentes rangos de tiempo. Los cambios moleculares se evaluaron a través del análisis FTIR-ATR y la resonancia magnética nuclear de la transformada de Fourier atenuada. Se registró que el hongo es capaz de disminuir el PE en masa y tamaño de los pellets y que metaboliza en condiciones limitadas de nutrientes.

Velasco, M. (2017), cuantificó la biodegradación del LDPE usando el lepidóptero *Galleria mellonella* a través de invernaderos térmicamente controlados. Sus resultados mostraron que usando 10 lepidópteros se puede degradar 0.0210 mg de LDPE en 12 horas a 25°C. Se concluyó que la biodegradación óptima del

LDPE se dio en insectos de tamaño promedio 22 a 27 mm, en un ambiente de 25°C.

Chunga et al. (2017), determinó la biodegradación del PS mediante los microorganismos (*Bacillus spp* y *Clostridium spp*) presentes en el humus de lombriz, los cuales se sembraron en Agar nutritivo y Caldo Tioglicolato; a través del microscopio se observó los cambios y comportamientos de las células. Acto seguido, se realizó el pesaje de las muestras del PS (lo cual lo denominó Peso Inicial) antes de ser ubicados en los maceteros (enterrados en diferentes profundidades: superficie, media y fondo) con presencia del humus de lombriz en el transcurso de 3 meses. Una vez finalizada el tiempo de exposición, se retirará las muestras de PS (lo cual lo denominó Peso final); una vez teniendo ambos pesos, utilizó la fórmula de porcentaje perdido para verificar la biodegradación de los plásticos. Concluyeron que en un lapso mensual, el PS se biodegrada en 0.4% superficialmente, en la parte media fue de 2% y en el fondo de la maceta fue de 9.4%. Además, concluyeron que *Bacillus spp* y *Clostridium spp* son microorganismos eficaces para biodegradar PS.

Barja, (2016), verificó la biodegradación de los plásticos con la acción del hongo *pestalotiopsis microspora*. Dicha investigación fue realizada en la UNALM - Lima, en la cual utilizó 3 tipos de plásticos con mayor utilización en los mercados. Concluyó que el hongo *pestalotiosis microspora* son eficientes para la biodegradación del PS.

Molina et al. (2016), determinó el porcentaje de degradación de distintos polímeros utilizando larvas de "Tenebrio Molitor". Para su investigación, obtuvo 92 larvas, basándose en las apariencias y realizando el pesaje de cada uno de ellos (denominando pesaje inicial). Después se colocaron 23 tenebrios por cada muestra que se iba a realizar (bolsa de basura, bolsa transparente, unicel y pañales), las cuales pesaron 10 gr. (pesaje inicial) c/u. Las muestras fueron expuestas a las larvas en un tiempo de 45 días, los cuales estuvieron con una temperatura de 21 °C. Seguidamente, se realizó el pesaje de las larvas y de cada muestra de polímeros (pesaje final) para así realizar un cálculo de porcentaje. Los resultados obtenidos después de 45 días experimentales fueron que las larvas del tenebrio molitor biodegradaron 96% de polietileno, 68% de pañales, 64% de bolsa de

basura, 84% de unicel y 60% de bolsa transparente. Los autores concluyen que: las larvas de tenebrio molitor consumieron mayor cantidad de polietileno (96%), y que no sufrieron ningún problema en su crecimiento.

Iparraguirre y Vivanco (2015), analizó la capacidad de degradación de PET y LDPE a través de hongos filamentosos. Se recolectaron 80 botellas de bebidas (PET) y bolsas de plásticos (LDPE). Después adaptaron las muestras plásticas esterilizadas en una placa de Petri, donde se encontraba las cepas de los hongos filamentosos. Se determinó que a condiciones de 25-30 °C y un rango de pH de 5-7, los hongos con mayor eficiencia de biodegradación de PET fueron: *A. versicolor*, *A. fumigatus*, *A. alternata*, *B. sorokiniana* y *Mucor sp*; y bajo las mismas condiciones, para la biodegradación del LDPE fueron: *A. violaceofuscus*, *a. niger*, *A. fumigatus*, *A. flavus*, *A. alternata*, *P. purpurogenum*, *P. chrysogenum* y *Mucor sp*. Se Concluyó que el hongo filamentosos *Mucor sp*. tiene mayor eficiencia degradando PET (11.3%) y LDPE (20%).

Yang et al. (2015), verificó la biodegradación y mineralización de PS mediante larvas de harina; utilizó pruebas de alimentación de espuma de PS, caracterizó y balanceo la masa de carbono, usando trazador de isótopos de carbono <sup>13</sup>C. Como resultados obtuvieron que 500 larvas de harina de Beijing causaron una pérdida de masa total de espuma de poliestireno de 31.0 ± 1.7% de la masa inicial (5.8 g) durante 30 días, asimismo se produjo una despolimerización/escisión de la estructura de cadena larga de PS y se formaron nuevos fragmentos de menor peso molecular en el intestino del larva de la harina. Concluyen que el descubrimiento de que las larvas de la harina pueden degradar PS, proporcionará un entusiasmo considerable para la prospección del sistema intestinal de nuevas cepas bacterianas, enzimas clave y condiciones del sistema que contribuyan a la despolimerización y la biodegradación de PS, así como otros plásticos derivados del petróleo.

Figueroa y Maya (2015), evaluó la biodegradación del LDPE mediante el uso de *Pycnoporus sanguineu*, realizando pruebas de laboratorio, controlando condiciones de humedad, temperatura y la proporción de polímero. Se obtuvo como resultados que a una temperatura de 22°C el porcentaje de invasión era mayor a 90%, a diferencia de un 32% de crecimiento con 10°C. Los investigadores

concluyeron que el hongo usa como fuente de carbono al polímero dando como resultados la despolimerización del mismo.

Rodríguez (2014), analizó la capacidad del hongo *Aspergillus niger* para degradar LDPE de dos tipos: manguera para riego y bolsa plástica común. Para ello, mediante condiciones controladas a nivel de laboratorio expuso la mitad de cada forma de LDPE a rayos UV durante 13 horas, monitoreando las condiciones a través de un microscopio electrónico. Como resultados halló una predilección del hongo hacia la manguera, que tras 2 meses de exposición se formaron hifas sobre su superficie y una disminución de su consistencia; mientras que para la bolsa plástica solo encontró un ligero deterioro y rugosidad, mas ninguna formación de biopelículas. El investigador concluyó que tanto para las muestras no expuestas como las expuestas a irradiación UV, en ambos casos existe una buena respuesta al proceso de biodegradación.

Cadena, (2014), verificó la biodegradación de cuatro tipos de bolsas oxo-biodegradables tomando en cuenta una simulación de un relleno sanitario. Realizó en primera instancia, la selección de cadenas de venta para tomar muestras representativas de toda la ciudad de Quito. Después, se procedió a recolectar los tipos de bolsas requeridas que fueron expuestas a los rayos solares. La siguiente fase fue construir un biorreactor con las características y condiciones ambientales de un relleno sanitario, con tres tipos de compostaje: Fresco, Maduro y Aireación, lo cual permitió realizar la experimentación. Posteriormente, recortó 108 muestras de bolsas, con una dimensión de 12x12 cm, los cuales fueron separados en cuatro grupos de muestras. Se dio un seguimiento mensual de las propiedades físicas, mecánicas y térmicas. Los resultados obtenidos fueron: para la muestra N°1 marcó un rango de pérdida de 0.5 a 7%, la muestra N°2 marcó un rango de pérdida de 25 – 35%, la muestra N°3 marcó un rango de pérdida de 3 – 6% y la muestra N°4 marcó un rango de pérdida de 5 – 19%. Concluyó que la muestras presentan un mayor porcentaje de pérdida en sus propiedades físicas, y que, para tener resultados óptimos y que se deber contar con periodos más largos de exposición al sol.

Meza (2013), determinó la biodegradación del PET y de oxopolietileno utilizando bacterias del humus en diferentes excretas de origen animal (lombriz,

caballo y gallina). La metodología aplicada en dicha investigación fue a través de porcentaje de pérdida residual de los plásticos, los cuales, adicionalmente, se tomó en cuenta los parámetros de campo: pH, temperatura, luz, etc. para obtener resultados óptimos. Primeramente, se preparó las muestras agregando 6 g de cloruro de sodio, los cuales fueron licuados con la finalidad de lograr finas partículas de ambos plásticos. Posteriormente, se realizó métodos de filtración y enfriamiento para conseguir el polvo de cada plástico, los cuales fueron adheridos a cada tipo de humus, con la finalidad de obtener biomasa bacteriana. Una vez teniendo los cultivos de microorganismos, se realizó pedazos recortados de cada plástico y se los puso en contacto con la población microbiana (los cuales, se encontraba en frascos de boeco). Después de 35 días experimentales las bacterias del humus de caballo biodegradaron 10.89% de PET y 6.49% de oxopolietileno; las bacterias del humus de gallina biodegradaron 6.64% de polietileno PET y 5.28% de oxopolietileno; y, las bacterias del humus de lombriz biodegradaron 7.87% de PET y 39.99% de oxopolietileno. Concluye que el humus de caballo obtuvo mayor porcentaje de eficiencia de biodegradación (10.89%) con el PET, y el humus de lombriz (39.99%) con el oxopolietileno.

Gutiérrez (2013), determinó la capacidad de biodegradación de los grupos microbianos presentes en los residuos de LDPE. Las muestras fueron recolectadas de una planta de composteo a una profundidad de 50 a 80 cm, procediendo a desinfectar las muestras en laboratorio para elegir fracciones de 10 cm<sup>2</sup> y agregar los medios de enriquecimiento a distintas medidas de pH: 5 para bacterias y 7 para hongos y levaduras; los cultivos fueron incubados a temperaturas de 22 a 24 °C durante 45 días. Como resultados obtuvieron mejores porcentajes de biodegradación en muestras con medio ácido (pH = 5); asimismo aplicando agitación a las muestras con pH= 5 se logró un 18.12% de biodegradación promedio a comparación de un 8.33 % en condiciones fijas en un periodo de 60 días. La investigadora concluyó que los microorganismos utilizan el LDPE como soporte y fuente de carbono para el medio de cultivo, del mismo modo concluyó que los cultivos bajo agitación lograron los niveles de biodegradación más significativos.

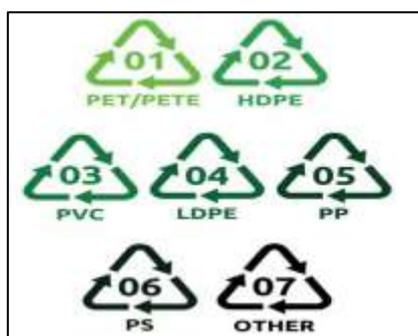
Giraldo et al. (2010), evaluó la capacidad biodegradativa de un grupo de microorganismos sobre el LDPE. La metodología consistió en 5 etapas: colecta de

tres materiales plásticos deteriorados; enriquecimiento selectivo a pH 7.0 para bacterias y a pH 5.5 para hongos y levaduras; identificación de microorganismos; análisis FTIR del LDPE; y prueba cuantitativa de degradación de PEBD. Los resultados arrojaron una reducción del índice del grupo funcional carbonilo y del índice de terminaciones C=C para la muestra del tercer material plástico; asimismo, se obtuvo una disminución de 5.4% del peso inicial de PE mediante bacterias a pH 7.0, mientras que los hongos y levaduras ocasionaron la pérdida de 4.8% de peso a pH 5.5. Los autores concluyeron en la importancia de elaborar pruebas de biodegradación individuales para cada microorganismo hallado.

Es así que para poder encontrar una solución a la problemática planteada existen teorías relacionadas a la biodegradación de LDPE y estas son las siguientes:

Plásticos.- Materiales de alto peso molecular, constituido por largas cadenas de átomos C, H, O, N, S u otro elemento químico (Ramos, 2011). Díaz del Castillo (2012), los define como polímeros que poseen una alta densidad y resistencia, características que les brindan una alta capacidad aislante (térmica/eléctrica) y alta tolerancia a los disolventes, sustancias ácidas y básicas.

Simbología del Plástico.- Según la Sociedad de la Industria de Plásticos – SPI por sus siglas en inglés (1988) identifican la siguiente metodología para la clasificación de los plásticos y así facilitar el reciclaje de las mismas. La Figura 1 detalla la simbología empleada para la clasificación de los plásticos.



**Figura 1:** Simbología de Plásticos (Sociedad de la Industria de Plásticos -1988)

Clasificación del Plástico.- Según Castells (2012), en su libro Reciclaje de Residuos Industriales indica que “la clasificación de los plásticos dependerá de sus principales características y usos de los materiales que se reciclan” (pp. 1005).

En el anexo 3 se hace referencia por lo mencionado por el autor con respecto a la clasificación de los plásticos con su respectivo nombre, propiedades, aplicaciones del envasado y aplicaciones para el reciclado.

Fabricación de plástico.- De la producción mundial de petróleo, se destina aproximadamente de 5% a 7 % de la misma para producir plástico, siendo que 1 kg de plástico requiere dos kilos de petróleo (ACRR et al., 2004).

Polietileno de Baja Densidad.- Quintana, J. (2007) menciona que la ramificación de los homopolímeros les otorga gran flexibilidad entre otras cualidades. Debido a su gran versatilidad el LDPE es utilizado en diferentes procesos industriales, como extrusión e inyección, usualmente utilizado en forma de película para el empaquetamiento de otros materiales.

Biodegradación.- Torres (2003), indica que este proceso es realizado secuencialmente por diversos individuos (macro y micro organismos), cuya finalidad es descomponer y reducir la peligrosidad de los compuestos tóxicos o neutralizarlos y volverlos inocuos.

Biodegradación de Plástico.- Tokiwa *et al.* (2009) mencionan que plástico es la denominación común que se le da a los diversos polímeros. Sostienen que los plásticos están presentes en el ambiente en abundancia por lo que estos deben degradarse por diferentes mecanismos y procesos, siendo el uso de microorganismos y enzimas los más convenientes. Cuando los plásticos son descompuestos por los microorganismos, deben evaluarse en todas sus propiedades físicas y químicas para valorar su efectividad.

Para definir las condiciones para la biodegradación, Arévalo (1996) indica que debe existir la presencia de organismos degradadores (hongos, bacterias, etc.), oxígeno, humedad y nutrientes, en un ambiente con temperatura y pH favorables al metabolismo de cada organismo.

Mecanismo de Biodegradación del LDPE.- Shah *et al.* (2008) que cita a Restrepo *et al.* (2014), indica que el mecanismo de biodegradación consiste en la reducción de los polímeros a monómeros (de mayor a menor tamaño y peso), para que estos puedan atravesar la membrana celular de los microorganismos, y posteriormente ser mineralizados y aprovechados. Mientras más pequeños sean los polímeros más eficiente será la biodegradación.

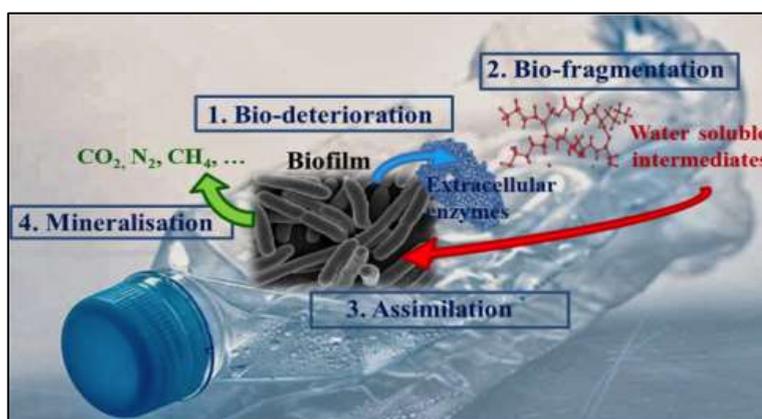
Dussud y Ghiglione (2017), señalan que el proceso degradativo realizado por microorganismos consiste en 4 pasos (Figura 2):

Paso 1, bio-deterioro: determinado por la actividad microbiana que actúa sobre la superficie de los polímeros, deteriorándolos y modificando sus propiedades.

Paso 2, bio-fragmentación: determinado por la acción catalítica de enzimas y radicales libres secretados por los microorganismos, los cuales fragmentan y reducen los polímeros.

Paso 3, asimilación: consiste en la integración de las partículas trasladadas por el citoplasma al metabolismo del microorganismo.

Paso 4, mineralización: oxidación de los metabolitos, los cuales son secretados en forma de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ .



**Figura 2:** Mecanismo de Biodegradación (Dussud y Ghiglione – 2017)

Eficiencia.- Rojas, Jaimes y Valencia (2018), comparan el esfuerzo que realizan los organismos con los resultados que obtienen, por lo cual la eficiencia se determina relacionando las salidas entre las entradas.

Las características físicas y biológicas del insecto *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) serán detalladas en los siguientes párrafos. En primera instancia pasaremos a detallar su taxonomía:

Taxonomía de la Familia Tenebrionidae.- Los tenebriónidos ocupan el sexto lugar de familia más grande de Coleópteros contando con alrededor de veinte mil especies, se localizan en climas subtropicales y tropicales del planeta (Matthews et al., 2010).

Se distribuyen en 10 subfamilias, 96 tribus y 61 subtribus (Bouchard et al., 2005). Según Cifuentes y Zaragoza (2014), los principales medios donde las larvas se desarrollan son el suelo y los árboles, aunque estudios diversos han podido demostrar que tienen presencia en nidos de hormigas, termitas y dunas.

Género *Zophobas*.- El género *Zophobas* se compone de insectos de gran talla, alados, de color castaño oscuro o de un negro profundo, de coloración negra uniforme o con manchas rojas dorsales, de aspecto mate o aterciopelado, a veces brillante, correspondiendo quizás a los estados plesiomorfo o apomorfo, respectivamente, apareciendo en raras ocasiones los dos caracteres en los individuos de un mismo cultivo o población (Ferrer, 2011).

Ciclo de Vida de *Zophobas*.- A mayor temperatura ambiental (28°C) el desarrollo será más rápido, mientras que a temperaturas bajas el desarrollo será más lento (Fundación Nacional de Parque Zoológicos y Acuarios, 2016).

*Zophobas morio*.- Taxónomicamente, los gusanos rey (*Zophobas morio*) son insectos de orden Coleóptero, familia Tenebrionidae y género *Zophobas*. La crianza y manejo a gran escala de *Zophobas* se remontan desde 1977, cuando la especie fue llevada a zoológicos de Alemania (Friedrich y Volland, 1983).

*Zophobas morio* (Fabricius, 1776).- Su ciclo de vida es similar al de otros escarabajos, ya que tiene una etapa de huevo, larva, pupa y adulto. Las larvas pueden crecer hasta alcanzar 2 a 4 cm de longitud (Tomberlin y Van Huis, 2017).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de investigación**

Experimental: Según Murillo (2018) el método experimental se caracteriza por gestionar variables independientes con el fin de observar cambios en las variables dependientes (p. 6). En ese sentido, nuestra investigación es de diseño experimental debido a que se manipularán condiciones físicas como temperatura y alimentación.

Transversal: Para Hernández (*et al.* 2014) estas investigaciones recopilan datos en un solo momento, en un periodo único. La finalidad consiste en detallar variables y analizar los efectos e interrelación en un momento dado (p. 151). De acuerdo con el autor nuestra investigación es de carácter transversal, dado que la relación de nuestras variables es medida en un tiempo determinado.

Cuantitativa: Según Hernández *et al.* (2014) una investigación es de enfoque cuantitativo porque la información se obtiene a partir de mediciones y se cuantifican mediante números (p. 38). En tal sentido, la presente investigación es de tipo cuantitativo, debido a que los datos de nuestras variables son valores numéricos.

Aplicada: CONCYTEC (2017) las define como investigaciones realizadas para construir conocimientos nuevos, abocados precisamente hacia objetivos prácticos específicos (p. 5). Esta investigación es aplicada porque tiene como fin generar conocimiento de cuán eficiente es un microorganismo en biodegradar LDPE.

### 3.2. Operacionalización de variables

**Tabla 1:** Cuadro operacional de variables

Variables	Operacionalización				
V. Dependiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad
<b>Eficiencia de la biodegradación de LDPE</b>	El proceso de degradación consiste en el paso de polímeros a monómeros, para que estos puedan ser mineralizados (Shah, A. et al., 2008; Restrepo-Flórez et al., 2014).	La eficiencia de la biodegradación de LDPE se obtendrá mediante la fórmula: $\frac{W_{Plástico} (P_i - P_f)}{P_i} \times 100 = \%$ En donde interviene la diferencia entre el peso inicial (Pi) y final (Pf) del LDPE, a una temperatura óptima.	Temperatura óptima	Temperatura	°C
			Masa	Peso Inicial	g
				Peso Final	
			Porcentaje de biodegradación	$\frac{W_{Plástico} (P_i - P_f)}{P_i} \times 100$	%
V. Independiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad
<b>Uso de la larva <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776)</b>	La especie <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) pueden crecer hasta alcanzar 2 a 4 cm de longitud. Su ciclo de vida es similar al de otros escarabajos, ya que tiene una etapa de huevo, larva, pupa y adulto. (Tomberlin y Van Huis, 2017).	El insecto <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) es medido a través de su estado, características morfológicas, y las características físicoquímicas de sus excretas.	Características físicas	Peso	mg
			Características físicoquímicas de las excretas de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776)	pH	Unidad de pH
				Temperatura	°C
				Conductividad eléctrica	μS/m
				Tamaño	μm
			Estado de las Larvas	Materia Orgánica	%
				Cantidad de larvas vivas	Número entero
Cantidad de larvas muertas					

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Población, muestra y muestreo

Consideramos como población a todas las bolsas de plástico (LDPE) provenientes de la caracterización de residuos sólidos en la playa Carpayo sobre los 02 msnm en la provincia constitucional del Callao (Figura 3), y la muestra fue calculada según fórmula estadística.



**Figura 3:** Área de recolección de muestra (Elaboración propia)

#### Cálculo del tamaño de la muestra

La muestra es de tipo probabilístico al azar, para obtener el tamaño de la misma se recolectaron diversas bolsas de plástico. El tamaño de la población son 500 g, calculando un error máximo de 10% y un nivel de confianza del 95%. Cuya fórmula es la expresión algebraica (1) y la simbología de las variables se muestran en la Tabla N° 2:

**Tabla 2:** Tabla de simbología y valor

Simbología	valor
N= Población	500
p= Probabilidad de éxito	0.5
q= Probabilidad de fracaso	0.5
Z= Nivel de confianza	1.96
E= Error máximo	0.10
n = Tamaño de la muestra	80.7 g

Fuente: Elaboración propia

$$n = \frac{Z^2 Npq}{E^2(N-1) + Z^2 pq} \dots \dots \dots (1)$$

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

**Tabla 3:** Técnicas e Instrumentos

DESCRIPCIÓN	FUENTE	TÉCNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
Recolección de larvas de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776)	Acuario	Observación Científica	Fórmula	Cantidad de larvas de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776)
Recolección de LDPE (bolsas plásticas).	Playa Carpayo, Callao.	Observación Científica	Ficha de registro	Cantidad de bolsas plásticas (LDPE).
Análisis de larvas <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776)	Ambiente de la vivienda Mz. A – Lt. 22, Trapiche – Comas  Laboratorio de la Universidad César Vallejo – Sede Lima Norte	Observación Científica Guía para la Cría de Escarabajos	Ficha de registro de datos periódicamente  Ficha de registro de datos de laboratorio.	Estado y cantidad de las larvas de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) para biodegradar LDPE (bolsas plásticas). Heces de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) Porcentaje de Biodegradación. Temperaturas
Procesamiento de datos	Trabajo En Gabinete	Procesamiento para obtener eficiencia de las larvas de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776)	Hoja de Cálculo - Microsoft Excel	Eficiencia biodegradación del LDPE mediante las larvas de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776).
	Laboratorio certificado y/o laboratorio del centro de estudios (UCV).	Análisis de Laboratorio	Ficha de evaluación	Porcentaje de materia orgánica
	Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Facultad de Ciencias (UNI).	Microscopía electrónica de barrido (MEB o SEM)	Imágenes de Alta de Resolución	Análisis de Presencia de microplásticos en las excretas de las larvas de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776).

Fuente: Elaboración propia

La validez y confiabilidad de los instrumentos a utilizar en el trabajo de investigación cumplen con los requisitos para su aplicación en conformidad con el asesoramiento recibido por los profesionales colegiados en ingeniería ambiental o profesiones afines a la carrera.

### **3.5. Procedimiento**

#### **3.5.1 Ubicación, identificación y delimitación de la zona de muestreo**

En esta primera etapa se georreferenció las coordenadas de los puntos donde se evidenció presencia de residuos sólidos. Para una adecuada caracterización, se procedió de la siguiente manera:

P1= Norte: 8664970, Este: 0266018 sobre los 01 msnm; P2= Norte: 8665018, Este: 0265657 sobre los 02 msnm y P3= Norte: 8665071, Este: 0265842 sobre los 02 msnm; ubicados en el distrito de La Punta, en la Provincia Constitucional del Callao. Se realizó el reconocimiento de la zona de trabajo en la cual se identificó la población y luego se procedió con la delimitación del área de muestreo (Figura 4).

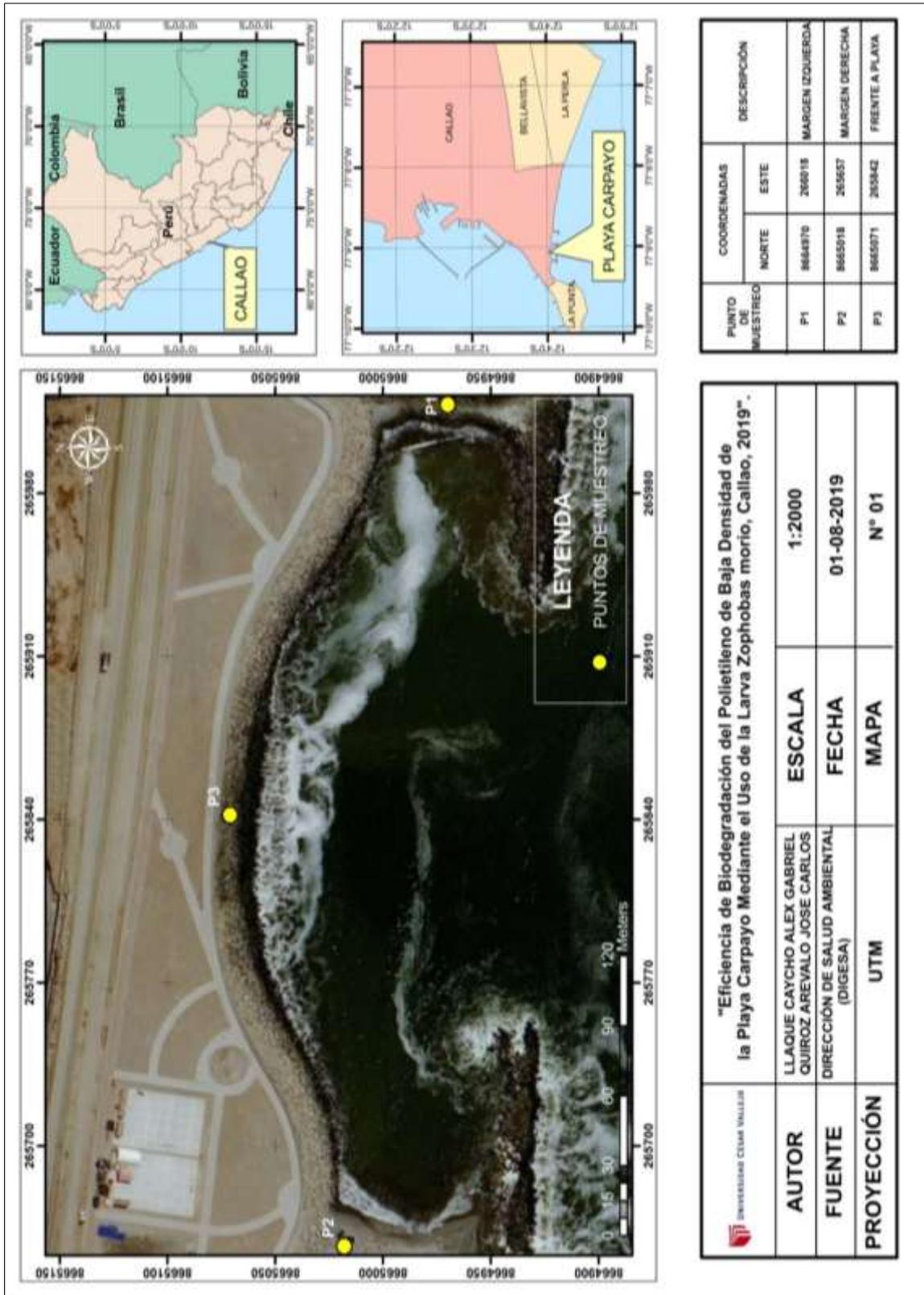


Figura 4: Reconocimiento de la zona de estudio (Elaboración propia)

**3.5.2 Recolección y clasificación de la muestra:** En esta segunda etapa se realizó la caracterización de los residuos sólidos en tres oportunidades, siendo los días 11 de agosto, 18 de agosto y 01 de septiembre del presente año 2019 (Figuras 5, 6, 7 y 8). Para luego realizar el peso total estimado y la composición porcentual de los días que se realizó la caracterización (Tabla 4).



**Figura 5:** Delimitación de la zona de estudio  
(Elaboración propia)



**Figura 6:** Recolección de Residuos Sólidos  
(Elaboración propia)



**Figura 7:** Caracterización y pesaje de los  
Residuos Sólidos (Elaboración propia)

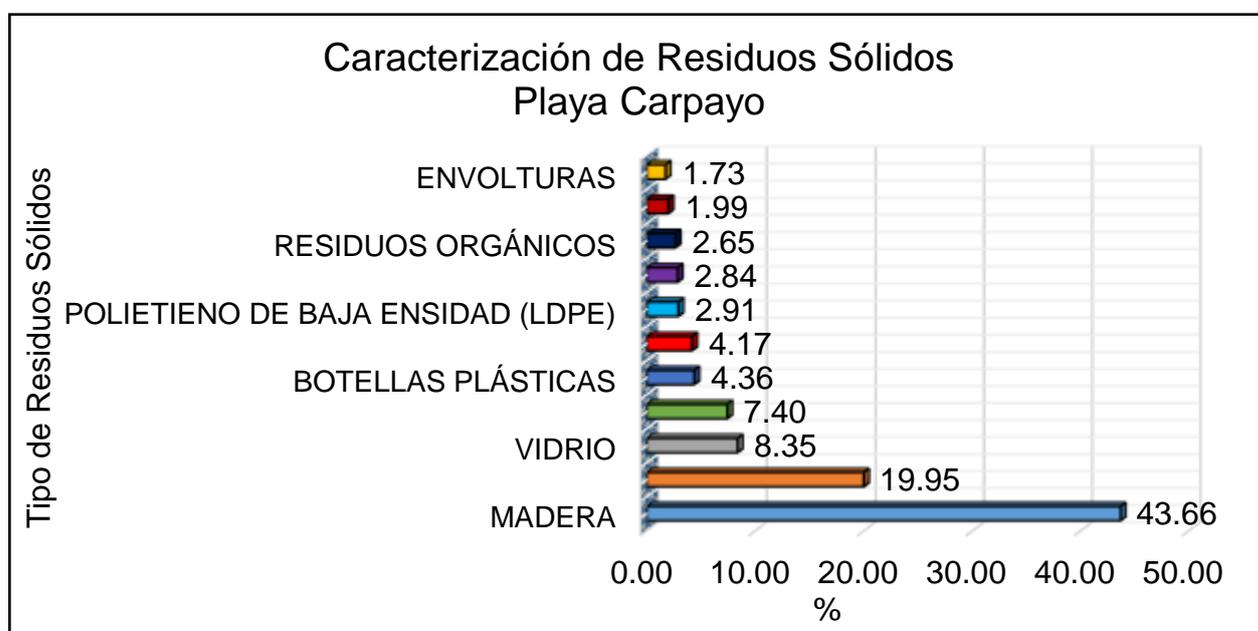


**Figura 8:** Recolección de datos utilizando el  
Instrumento N°1 (Elaboración Propia)

**Tabla 4:** Caracterización de Residuos Sólidos

TIPO DE RESIDUOS SÓLIDOS	DÍA			SUMA	%
	11/08/2019	18/08/2019	01/09/2019		
MADERA	18	15	20.1	53.10	43.66
PLÁSTICO	7.2	8.01	9.05	24.26	19.95
VIDRIO	4.8	3.05	2.3	10.15	8.35
LLANTAS	-	5	4	9.00	7.40
BOTELLAS PLÁSTICAS	1.25	1.95	2.1	5.30	4.36
ROPA	1.18	2.89	1.0	5.07	4.17
POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE)	1.17	1.18	1.19	3.54	2.91
PAÑALES	1.02	2.43	-	3.45	2.84
RESIDUOS ORGÁNICOS	1.22	0.9	1.1	3.22	2.65
TECNOPOR	-	1.22	1.2	2.42	1.99
ENVOLTURAS	0.7	0.65	0.75	2.10	1.73
<b>TOTAL</b>	<b>36.54</b>	<b>42.28</b>	<b>42.79</b>	<b>121.61</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 9:** Caracterización de RR. S.S de la playa Carpayo (Elaboración propia)

Interpretación: En la Figura 9, se evidenció durante los tres días de caracterización los residuos que la madera (43.66%) y el plástico (19.55%) son los residuos predominantes en la playa Carpayo; al finalizar se extrajeron las bolsas de LDPE para usarlas en el proyecto.

**3.5.3 Pesaje de la Muestra:** Una vez terminado el proceso de extracción de la muestra, se procedió a llevar las muestras en un ambiente de la vivienda Mz. Alt. 22, Trapiche- Comas.

Las muestras de LDPE (bolsas plásticas) fueron limpiadas y lavadas con etanol ( $C_2H_5OH$ ) con el fin de desintegrar cualquier rastro de materia orgánica y suciedad presente en la superficie del plástico. A continuación, se procedió a enjuagarlas con agua destilada (Figuras 10 y 11). Acto seguido, se dejó secar por dos horas con la finalidad de no tener ninguna alteración en el pesaje inicial.

Luego de este tratamiento, las bolsas plásticas fueron trasladadas a la Universidad César Vallejo con la finalidad de hallar valor del pesaje real.



**Figura 10:** Proceso de Lavado con Etanol y Agua Destilad (Elaboración propia)



**Figura 10:** Almacenamiento de LDPE (Elaboración propia)

**3.5.4 Pesaje Inicial:** Posteriormente, las muestras de bolsas plásticas fueron llevadas a una balanza analítica para su pesaje; con ello, obtuvimos el “Peso Inicial” = 81.789 de nuestra investigación (Figuras 12, 13, 14 y 15). Asimismo, se realizó el pesaje de 3 larvas *Z. morio* (Fabricius, 1776).



**Figura 11:** Muestra de LDPE  
(Elaboración propia)



**Figura 12:** Pesaje Inicial en balanza analítica  
(Elaboración propia)



**Figura 13:** Pesaje de larvas  
(Elaboración propia)



**Figura 14:** Muestras pesadas  
(Elaboración propia)

Sumado los pesos del LDPE:

$$a+b+c+d = \text{Muestra Final} \quad (2)$$

Obtenemos nuestra muestra de 81.789 g, los cuales serán separados equitativamente para colocarla en los 04 compartimientos. Se evidenció que el peso de las larvas *Z. morio* (Fabricius, 1776) oscila entre 0.59 y 0.71 g.

Una vez obtenido el secado y nuestro primer pesaje, se transportó adecuadamente las muestras de LDPE al lugar de nuestra investigación.

**3.5.5 Adecuación de Compartimiento de Vidrio:** Se realizó la elaboración de los compartimientos de vidrios, los cuales fueron divididos en 04 partes con la finalidad de realizar nuestra investigación (Figuras 16 y 17).



**Figura 15:** Armado de compartimientos  
(Elaboración propia)



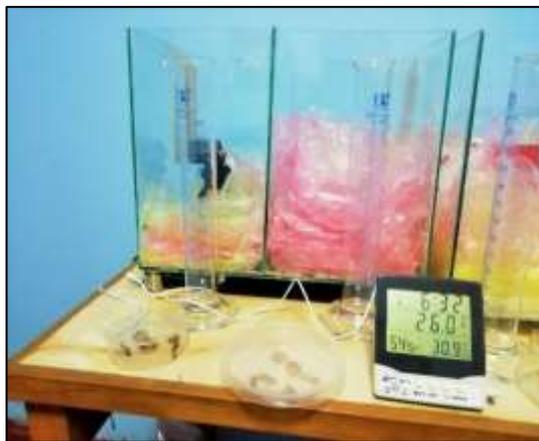
**Figura 16:** Compartimientos listos  
(Elaboración propia)

**3.5.6 Biodegradación del Polietileno de Baja Densidad:** Se seleccionaron 240 larvas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) (previamente algunas larvas y escarabajos fueron llevadas a un laboratorio certificado para la identificación de la especie) de la división de crianza de larvas, y se colocaron 60 larvas en cada uno de los 04 compartimientos donde se realizó la biodegradación del LDPE (Figuras N° 18, 19, 20 y 21). El proceso se dio en intervalos de 7 días (del 11 al 18 de noviembre) y 15 días (del 18 de noviembre al 02 de diciembre), respectivamente. Durante el proceso de biodegradación, se verificaron los datos, los cuales fueron tomados bajo un registro periódicamente (Anexo 2).

En el registro de datos periódicamente se determinó las características morfológicas, estado de las larvas, temperatura, etc. Además, se realizaron grabaciones diarias para que se verifique la autenticidad del desarrollo de biodegradación de las muestras por las larvas.



**Figura 17:** Selección de larvas y Colocación de LDPE (Elaboración propia)



**Figura 18:** Larvas en compartimento con termohigrómetro (Elaboración propia)



**Figura 19:** Compartimentos con y sin placa térmica (Elaboración propia)



**Figura 20:** Proceso de Biodegradación (Elaboración propia)

**3.5.7 Análisis de Biodegradación:** Al finalizar los intervalos de nuestra investigación (7 y 15 días), se retiraron las larvas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) introducidas dentro del compartimento de biodegradación (Figura 22). Luego se retiraron las muestras del LDPE, y con considerable cuidado fueron limpiadas y lavadas con etanol ( $C_2H_5OH$ ) para remover cualquier materia orgánica y suciedad

adherida durante el contacto con las larvas y después enjuagadas con agua destilada (Figura 23). Acto seguido, se dejó secar por dos horas con la finalidad de no realizar ninguna alteración en el pesaje. Después se colocaron en un cooler (Figura N° 24) para llevarlas al laboratorio de la Universidad César Vallejo para realizar el pesaje en la balanza analítica, para verificar nuestro segundo pesaje, el cual se denominó “Peso Final”, y fue anotado en nuestro registro de datos (Figura N° 25) (Anexo 3).



**Figura 21:** Contacto de la larva *Zophoba morio* con LDPE (Elaboración propia)



**Figura 22:** Limpieza y lavado de los plásticos con Etanol (Elaboración propia)



**Figura 23:** Cooler con las muestras para el traslado al laboratorio de la Universidad César Vallejo (Elaboración propia)



**Figura 24:** Pesaje Final utilizando la balanza analítica (Elaboración propia)

Después, ya con los datos obtenidos (Peso Inicial – Peso Final) obtuvimos el total del consumo del LDPE por la larva de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776). Por último, se realizó el cálculo de eficiencia, el cual se obtuvo mediante la fórmula:

$$\frac{W_{\text{Plástico}} (P_i - P_f)}{P_i} \times 100 = \% \quad (3)$$

Este mismo procedimiento fue realizado para los demás intervalos. Asimismo, con las repeticiones que se dieron para la presente investigación.

### 3.5.8. Determinación de Materia Orgánica:

Se realizó mediante el método gravimétrico:

- Se secan 4 crisoles en estufa por 1 hora y se dejó reposar por 15 minutos en el desecador, luego se procedió a pesar en balanza analítica.
- Se prepararon las heces de *Z. morio* (Fabricius, 1776) mediante tamiz con número de malla 8, y luego se llevaron a la mufla por 1h. a 700°C.
- Se rotularon los crisoles después del pesaje y se agregaron las heces provenientes de los 4 grupos de *Z. morio* (Fabricius, 1776) a cada crisol.
- Al finalizar la mufla se colocan los crisoles con las muestras de heces en el desecador por 1 hora.
- Se volvió a pesar los crisoles, pero esta vez con las muestras de heces.
- Se reemplaza en la fórmula con los datos obtenidos para hallar el porcentaje de materia orgánica en cada muestra:

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

% M.O. = Porcentaje de materia orgánica

$W_i$  = Peso inicial (Peso del crisol + Peso de la muestra)

$W_f$  = Peso final (Peso del crisol + Peso de la muestra en la mufla)

$W_{dm}$  = Peso de la muestra

### 3.6. Método de análisis de datos

El análisis de datos se desarrolló mediante la sistematización de los resultados de las fichas, su interpretación y representación con los siguientes programas:

Microsoft Excel: este programa se realizó la elaboración de cuadros comparativos, ordenamiento de información para ser interpretada y procesada en el software IBM SPSS Statistics 24.

ArcGis: este programa permite para la representación mediante un mapa para determinar la ubicación de la zona de estudio, la playa Carpayo, ubicada en la provincia Constitucional del Callao.

IBM SPSS Statistics 24: en este software se realizó la estadística para realizar prueba de normalidad y T-Student.

### **3.7. Aspectos éticos**

El trabajo de investigación se llevó a cabo considerando la originalidad y no falsificación de datos ni resultados. Por ende, no copia otras investigaciones.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1 Variable Dependiente

##### 4.1.1 Peso Inicial y Final

Tabla 5: Pesaje durante los 07 Días de Biodegradación de LDPE

GRAVIMETRÍA				
N° de Compartimiento de Vidrio	Tiempo de Exposición	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Total (g) (Peso Inicial – Peso Final)
1	7 DÍAS	20.3575	17.6742	2.6833
2		20.7740	18.9958	1.7782
3		20.4124	19.7854	0.6270
4		20.2451	19.5039	0.7412

Fuente: Elaboración propia

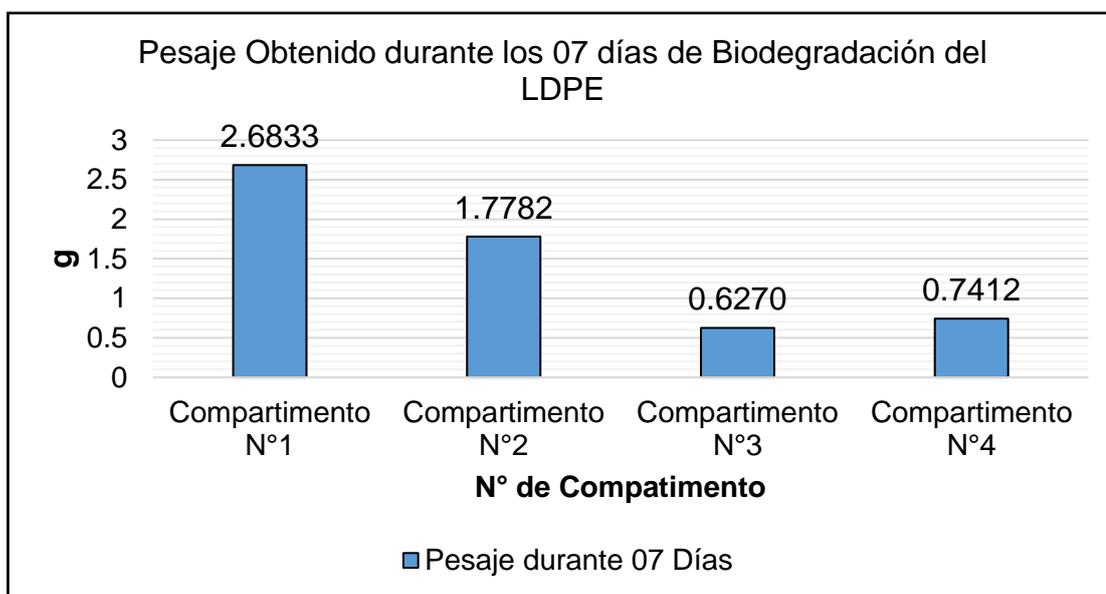


Figura 25: Gramos de LDPE Biodegradado en 7 días (Elaboración propia)

Interpretación: En la Figura 26 se evidenció que durante los 07 días de exposición del LDPE con las larvas, se consumió en el Primer Compartimento: 2.6833g, en el Segundo Compartimento: 1.7782g, en el Tercer Compartimento: 0.6270g y en el Cuarto Compartimento: 0.7412, lo que da en total 5.8297 g consumidos durante los 07 días.

**Tabla 6:** Pesaje durante los 15 Días de Biodegradación de LDPE

GRAVIMETRÍA				
N° de Compartimiento de Vidrio	Tiempo de Exposición	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Total (g) (Peso Inicial – Peso Final)
1	15 DÍAS	20.3575	17.6609	2.6966
2		20.7740	17.7533	3.0207
3		20.4124	19.4296	0.9828
4		20.2451	19.4170	0.8281

Fuente: Elaboración propia

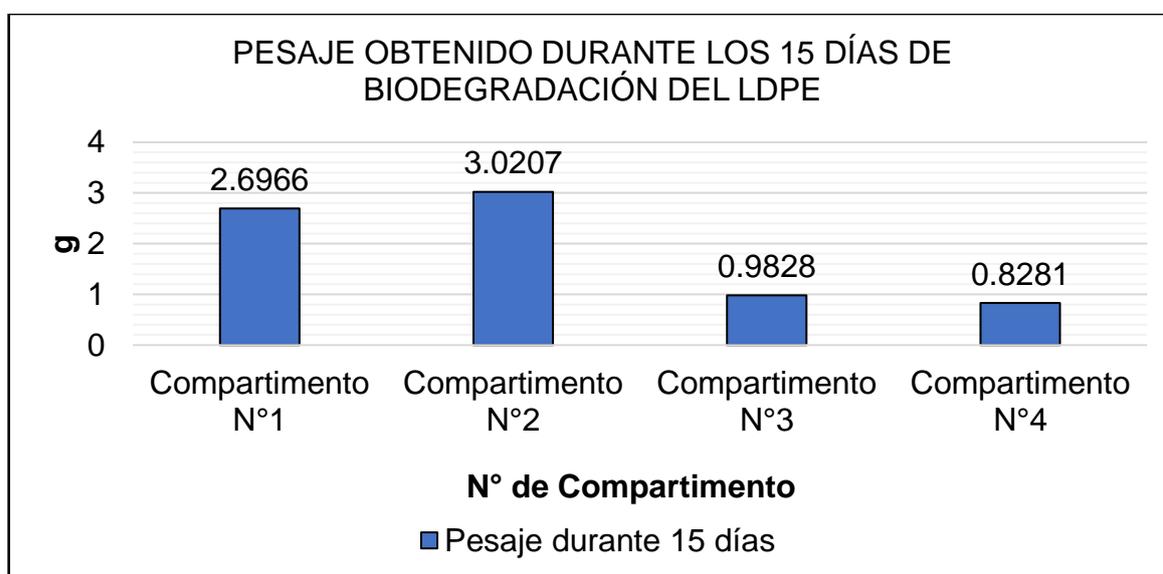


Figura 26: Gramos de LDPE Biodegradado en 15 días (Elaboración propia)

Interpretación: En la Figura N°27, se evidenció que durante los 15 días de exposición del LDPE con las larvas, se consumió en el Primer Compartimento: 2.6966g, en el Segundo Compartimento: 3.0207g, en el Tercer Compartimento: 0.9828g y en el Cuarto Compartimento: 0.8281 g, lo que da en total 7.5282 g consumidos durante los 15 días.

Prueba de normalidad

**Tabla 7:** Pruebas de normalidad para la biodegradación de LDPE

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Biodegradación en 7 días	,270	4	.	,895	4	,409
Biodegradación en 15 días	,285	4	.	,828	4	,162

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia

Se verifica en la Tabla 7 la prueba de Shapiro-Wilk donde siendo “n” menor a 50, el p es mayor a 0.05 lo que da una confiabilidad del 95%, por lo tanto los pesos de biodegradación en 7 y 15 días presentan una distribución normal.

Prueba de Hipótesis T student para muestras relacionadas

**Ho:** No existe diferencia entre el peso del LDPE antes y después de la biodegradación mediante la larva *Z. morio*

**H1:** Existe diferencia entre el peso del LDPE antes y después de la biodegradación mediante la larva *Z. morio*

<b>Tabla 8:</b> Prueba T Student de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Peso Inicial - Peso Final	1,669 7375	1,00344 69	,354772 0	,830834 9	2,50864 01	4,70 7	7	,002

Fuente: Elaboración propia

Se verifica según la Tabla 8 el valor  $P < 0.05$ , por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis 1.

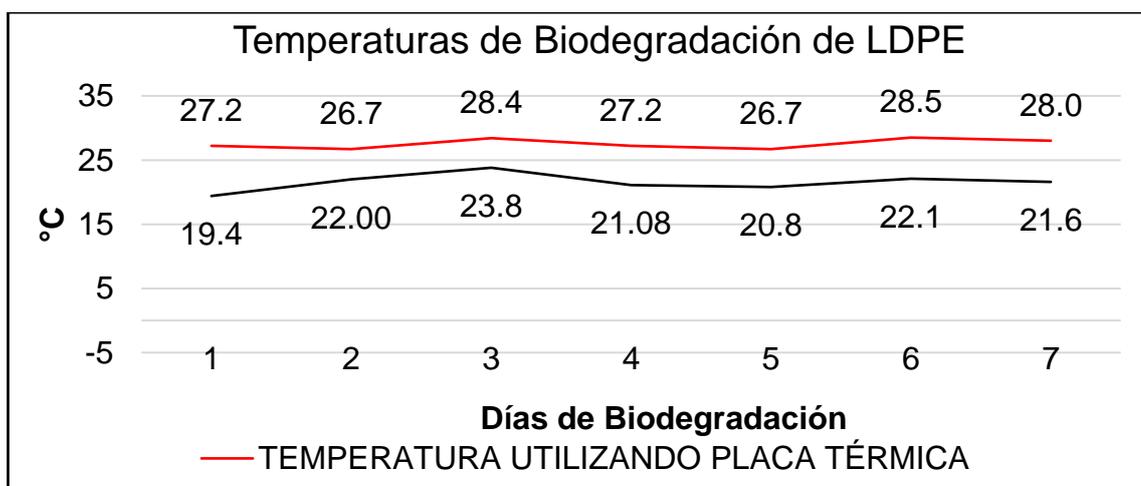
Se concluye que existe una diferencia significativa en las medias de los pesos de las muestras antes y después de la biodegradación mediante la larva *Z. morio* (Fabricius, 1776).

#### 4.1.2 Registro de Temperaturas Periódicamente

**Tabla 9:** Temperatura durante 07 Días de Biodegradación de LDPE

DÍAS	TEMPERATURA UTILIZANDO PLACA TÉRMICA			TEMPERATURA INTERNA DE LA HABITACIÓN		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio (°C)
1	29.4	26.9	27.2	24.6	17.3	19.4
2	28.8	26.2	26.7	23.8	15.0	22.0
3	28.6	28.2	28.4	25.5	17.7	23.8
4	28.4	27	27.2	24.6	17.9	21.0
5	29.1	26.9	26.7	23.4	13.4	20.8
6	28.9	27.9	28.5	24.7	13.9	22.1
7	28.3	26.4	28.0	28	15.8	21.6
<b>Promedio</b>	<b>28.8</b>	<b>27.1</b>	<b>27.5</b>	<b>24.9</b>	<b>15.9</b>	<b>21.5</b>

Fuente: Elaboración propia



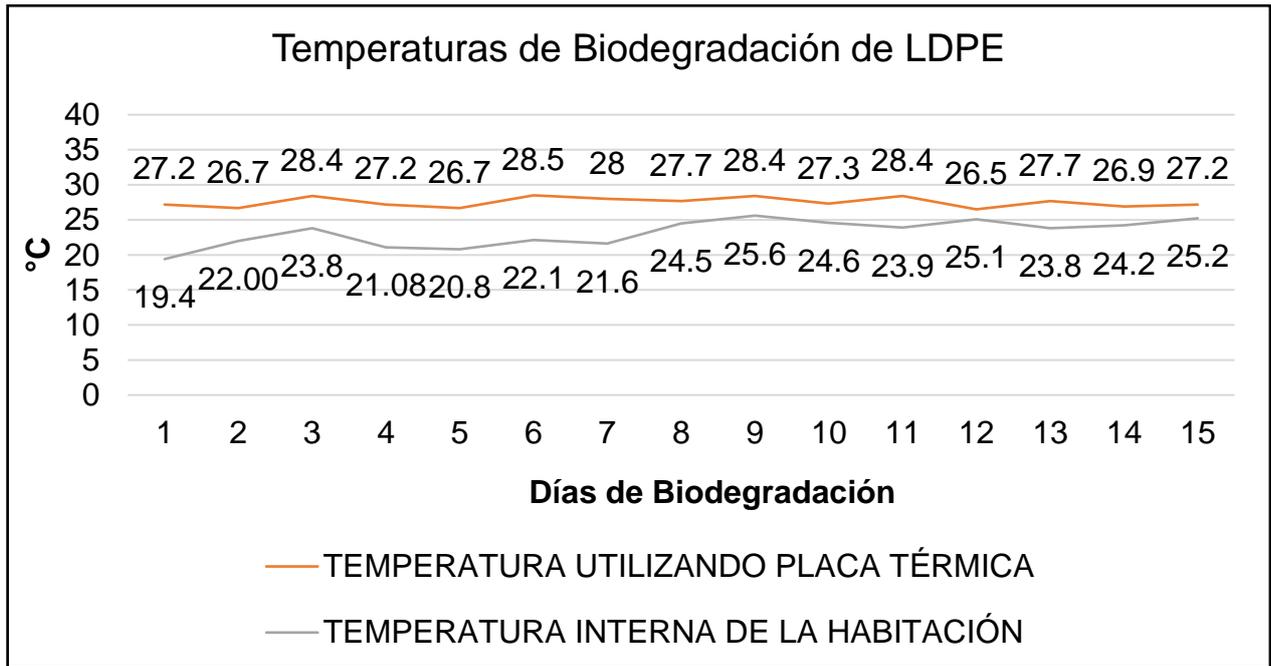
**Figura 27:** Temperaturas en 7 Días de Biodegradación (Elaboración propia)

Interpretación: En la Figura N°28, se evidenció que durante los 07 días de exposición del LDPE con las larvas, la temperatura utilizando una placa térmica estuvo en un rango promedio de 26.7 a 28.5 °C; mientras que a temperatura interna de la habitación se encontró en un rango promedio de 19.4 a 23.8 °C.

**Tabla 10:** Temperaturas durante 15 Días de Biodegradación de LDPE

DÍAS	TEMPERATURA UTILIZANDO PLACA TÉRMICA			TEMPERATURA INTERNA DE LA HABITACIÓN		
	Máximo	Mínimo	Promedio	Máximo	Mínimo	Promedio (°C)
1	29.4	26.9	27.2	24.6	17.3	19.4
2	28.8	26.2	26.7	23.8	15.0	22.00
3	28.6	28.2	28.4	25.5	17.7	23.8
4	28.4	27	27.2	24.6	17.9	21.08
5	29.1	26.9	26.7	23.4	13.4	20.8
6	28.9	27.9	28.5	24.7	13.9	22.1
7	28.3	26.4	28	28	15.8	21.6
8	28.1	26.9	27.7	27.6	16.3	24.5
9	28.7	26	28.4	28.0	15.8	25.6
10	28.2	26.8	27.3	27.4	16.3	24.6
11	28.7	27.3	28.4	27.7	16.9	23.9
12	28.3	26	26.5	28.8	17.4	25.1
13	28.4	26.6	27.7	27.5	17.3	23.8
14	28.1	26.5	26.9	29.5	16.9	24.2
15	28	27	27.2	31.7	17.3	25.2
<b>Promedio</b>	<b>28.5</b>	<b>26.8</b>	<b>27.5</b>	<b>26.9</b>	<b>16.3</b>	<b>23.2</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 28:** Temperaturas en 15 Días de Biodegradación (Elaboración propia)

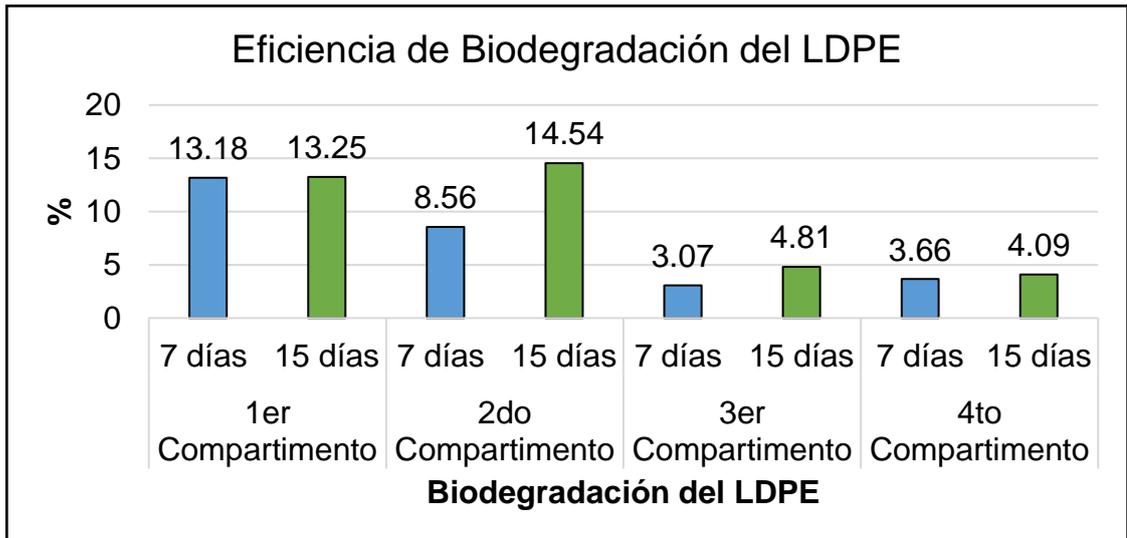
Interpretación: En Figura N°29, se evidencian las temperaturas diarias en 15 días de exposición del LDPE con las larvas, la temperatura utilizando una placa térmica obtiene promedio de 27.5°C (Tabla N°08); mientras que a temperatura interna de la habitación obtiene un promedio de 23.2 °C (Tabla N°08).

### 4.1.3 Eficiencia de Biodegradación

Tabla 11: Eficiencia de Biodegradación de LDPE durante 7 y 15 días

Compartimento	<b>Cálculo de Eficiencia %</b> $\frac{W_{Plástico} (P_i - P_f)}{P_f} \times 100 = \%$
Primer Compartimento	7 Días $\rightarrow \frac{2.6833}{20.3575} \times 100 = 13.18\%$
	15 Días $\rightarrow \frac{2.6966}{20.3575} \times 100 = 13.25\%$
Segundo Compartimento	7 Días $\rightarrow \frac{1.7782}{20.7740} \times 100 = 8.56\%$
	15 Días $\rightarrow \frac{3.0207}{20.7740} \times 100 = 14.54\%$
Tercer Compartimento	7 Días $\rightarrow \frac{0.6270}{20.4124} \times 100 = 3.07\%$
	15 Días $\rightarrow \frac{0.9828}{20.4124} \times 100 = 4.81\%$
Cuarto Compartimento	7 Días $\rightarrow \frac{0.7412}{20.2451} \times 100 = 3.66\%$
	15 Días $\rightarrow \frac{0.8281}{20.2451} \times 100 = 4.09\%$

Fuente: Elaboración propia



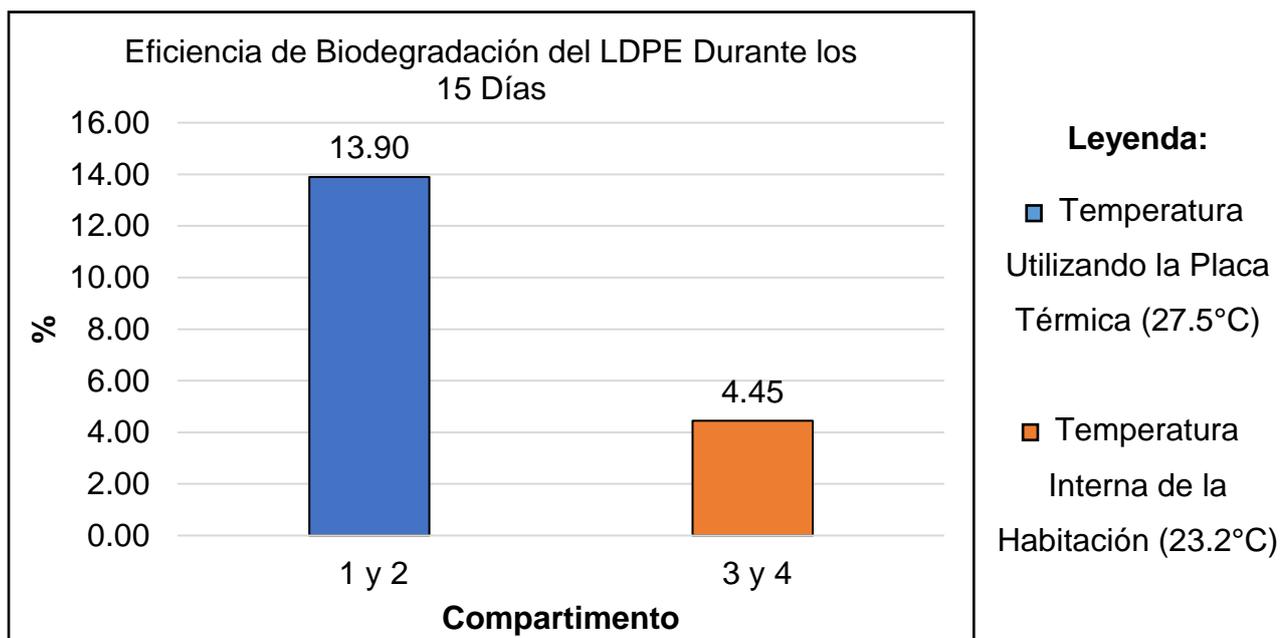
**Figura 29:** Eficiencia de Biodegradación de LDPE durante 7 y 15 días (Elaboración propia)

Interpretación: En la Figura N°30, se muestra la eficiencia de biodegradación de las larvas durante la exposición con el LDPE, señalando que hubo mayor eficacia en el Compartimento N°1 (13.18% y 13.25%) y el Compartimento N°2 (8.56% y 14.54%), durante los 07 y 15 días, respectivamente.

**Tabla 12:** Promedio de Eficiencia de Biodegradación de LDPE

	Promedio de Eficiencia de Biodegradación del LDPE durante 15 Días
TEMPERATURA UTILIZANDO PLACA TÉRMICA	13.90 %
TEMPERATURA INTERNA DE LA HABITACIÓN	4.45 %

Fuente: Elaboración propia



**Figura 30:** Promedio de Eficiencia de Biodegradación del LDPE durante 15 días (Elaboración propia)

Interpretación: En la Figura 31, se muestra el promedio de Biodegradación finalizado los 15 días de interacción de las larvas con el LDPE, lo cual muestra que hubo mayor eficiencia de biodegradación en los compartimientos N°1 y N°2 (13.25%), en los cuales fue determinante una mayor temperatura gracias a la placa térmica.

## 4.2 Variable Independiente

### 4.2.1 Características físicas de la Larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776)

**Tabla 13:** Peso de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) durante los 07 Días

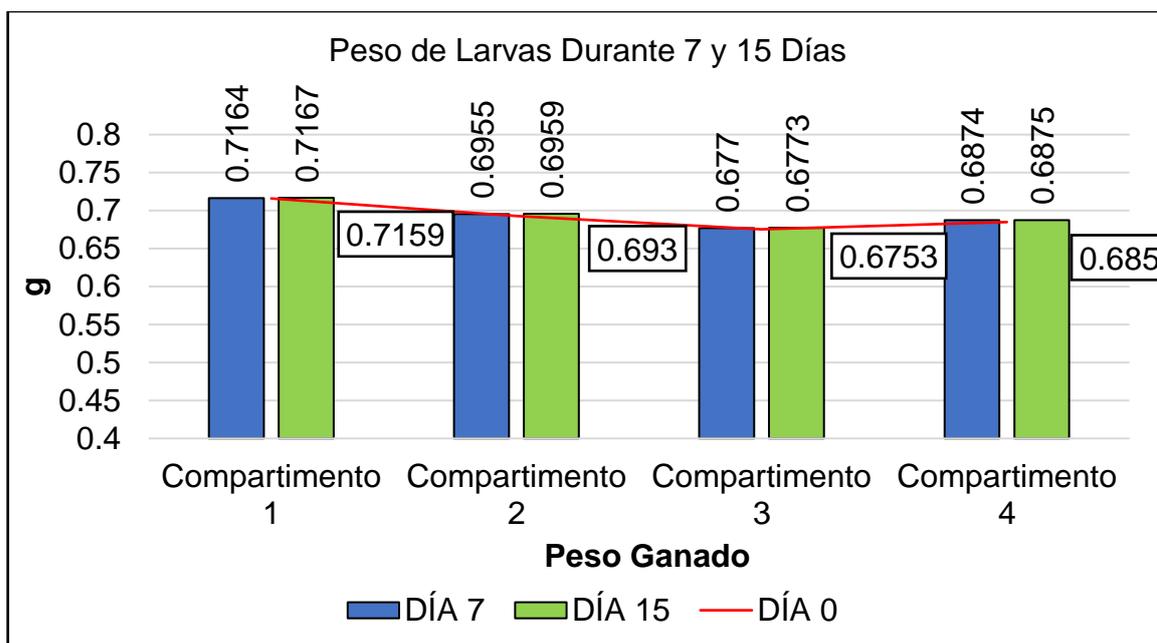
Ítem	Peso de larvas <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776).			
	Día 0	Día 7	Peso Ganado	%Porcentaje acumulado
Compartimento 1	0.7159	0.7164	0.0005	0.15
Compartimento 2	0.6930	0.6955	0.0025	0.36
Compartimento 3	0.6753	0.6770	0.0017	0.25
Compartimento 4	0.6850	0.6874	0.0024	0.35

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14:** Peso de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) durante los 15 Días

Ítem	Peso de larvas <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776).			
	Día 0	Día 15	Peso Ganado	%Porcentaje acumulado
Compartimento 1	0.7159	0.7167 g	0.0003	0.04
Compartimento 2	0.6930	0.6959	0.0004	0.05
Compartimento 3	0.6753	0.6773	0.0003	0.04
Compartimento 4	0.6850	0.6875	0.0001	0.01

Fuente: Elaboración propia



**Figura 31:** Peso Ganado de las Larvas *Zophobas morio* Durante los días de Interacción con el LDPE (Elaboración propia)

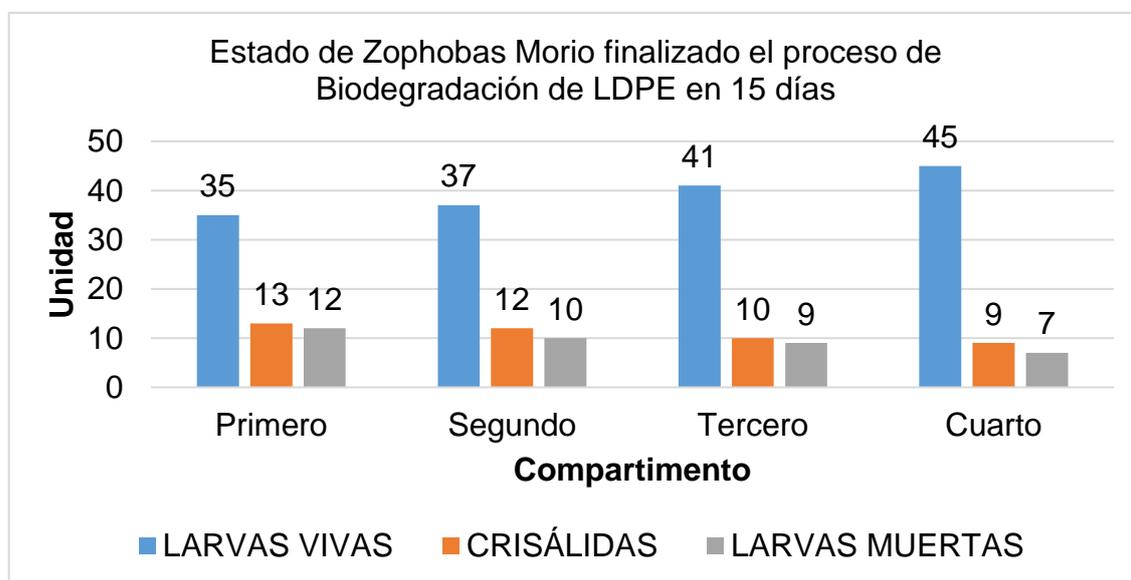
Interpretación: En la figura 32, se evidencia que las larvas *Zophobas morio* (Fabricius, 1776), las cuales fueron elegidas al azar, en el transcurso de los 15 días fueron ganando peso sin inconvenientes.

#### 4.2.2 Estado de las Larvas

**Tabla 15:** Estado de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) durante los 15 Días

Ítem	Estado de las Larvas Finalizado el Proceso de Biodegradación del LDPE		
	LARVAS VIVAS	CRISÁLIDAS	LARVAS MUERTAS
Primer Compartimento	35	13	12
Segundo Compartimento	37	12	10
Tercer Compartimento	41	10	9
Cuarto Compartimento	45	9	7
<b>Total</b>	<b>158</b>	<b>44</b>	<b>38</b>

Fuente: Elaboración propia

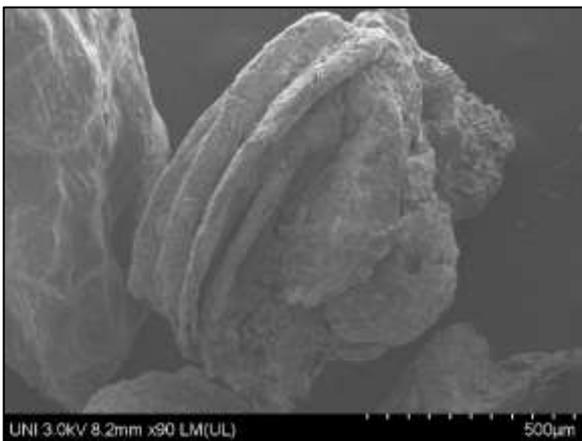


**Figura 32:** Estado de las Larvas *Zophobas morio* Finalizado el Proceso de Biodegradación de LDPE en 15 días (Elaboración propia)

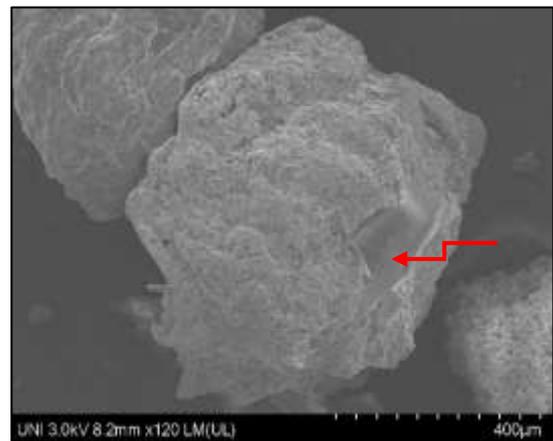
Interpretación: En la figura 33, se evidencia que finalizado el proceso de biodegradación del LDPE, quedaron 158 larvas *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) vivas, mientras que 44 larvas avanzaron en su ciclo de vida al estado de crisálidas y un total de 38 quedaron alejadas del proceso debido al canibalismo observado durante el periodo estudiado.

#### 4.2.3 Características fisicoquímicas de las excretas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776)

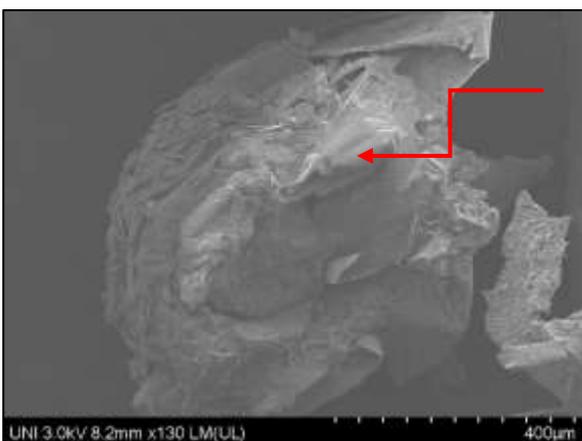
Morfología: Se obtuvieron las siguientes imágenes de alta resolución (Figuras 34, 35, 36 y 37), producto del análisis de microscopía electrónica de barrido (MEB o SEM) realizado en el laboratorio de microscopía electrónica de la facultad de ciencias – Universidad Nacional de Ingeniería (Figuras 30, 31, 32 y 33):



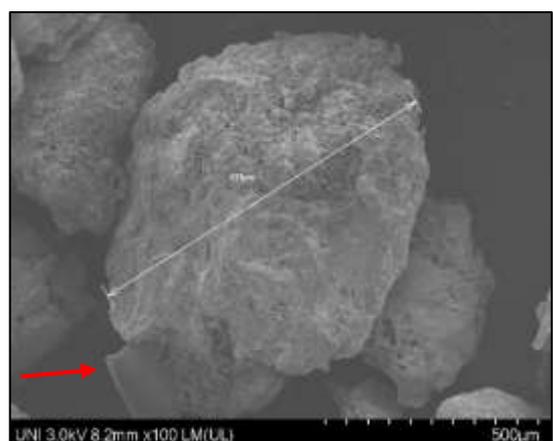
**Figura 33:** Excreta de *Zophobas morio* blanca, sin consumo de LDPE (Elaboración propia)



**Figura 34:** Unidad de Excreta de *Zophobas morio*, después del consumo de LDPE (Elaboración propia)



**Figura 35:** Unidad de Excreta de *Zophobas morio* después del consumo de LDPE (Elaboración propia)



**Figura 36:** Diámetro de unidad de excreta de *Zophobas morio* después del consumo de LDPE (Elaboración propia)

Interpretación: Se puede observar la presencia del LDPE en forma de microplásticos incrustados en las excretas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) con diámetro aproximado de 839  $\mu\text{m}$ .

#### Determinación de Materia Orgánica

Este análisis se realizó mediante la pérdida por ignición con 4 repeticiones de 1.5 gramos de excretas. El contenido de materia orgánica se expresa como un porcentaje del peso del suelo secado en el horno, luego de la ignición.

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 \quad (5)$$

Donde:

% M.O. = Porcentaje de materia orgánica

$W_i$  = Peso inicial (Peso del crisol + Peso de la muestra)

$W_f$  = Peso final (Peso del crisol + Peso de la muestra en la mufla)

$W_{dm}$  = Peso de la muestra

Muestra n°1:

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 = \frac{45.366 - 43.983}{1.501} \times 100 = 92.13\%$$

Muestra n°2:

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 = \frac{43.646 - 42.243}{1.499} \times 100 = 93.59 \%$$

Muestra n°3:

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 = \frac{38.01 - 36.602}{1.501} \times 100 = 93.80 \%$$

Muestra n°4:

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 = \frac{38.527 - 37.135}{1.501} \times 100 = 92.74 \%$$

Por lo tanto, el promedio de materia orgánica de las excretas es:

$$\%M.O. = \frac{92.13+93.59+93.8+92.74}{4} = 93.065\%$$

Interpretación: Se observa un porcentaje de materia orgánica por encima el 90% en las excretas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776), este parámetro se relaciona con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros nutrientes.

#### Determinación de pH, Temperatura y Conductividad Eléctrica

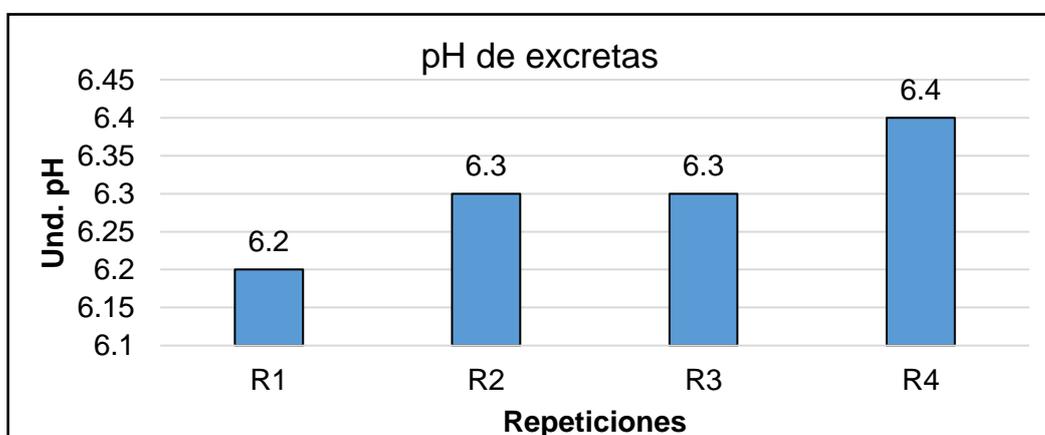
Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 16:** Resultados de parámetros fisicoquímicos en las excretas

Repeticiones	pH	T (°C)	C.E. (µS/m)
R1	6.2	25.5	3740
R2	6.3	25.4	3720
R3	6.3	25.6	3690
R4	6.4	25.3	3700
Promedio	6.3	25.45	3712.5

Fuente: Elaboración propia

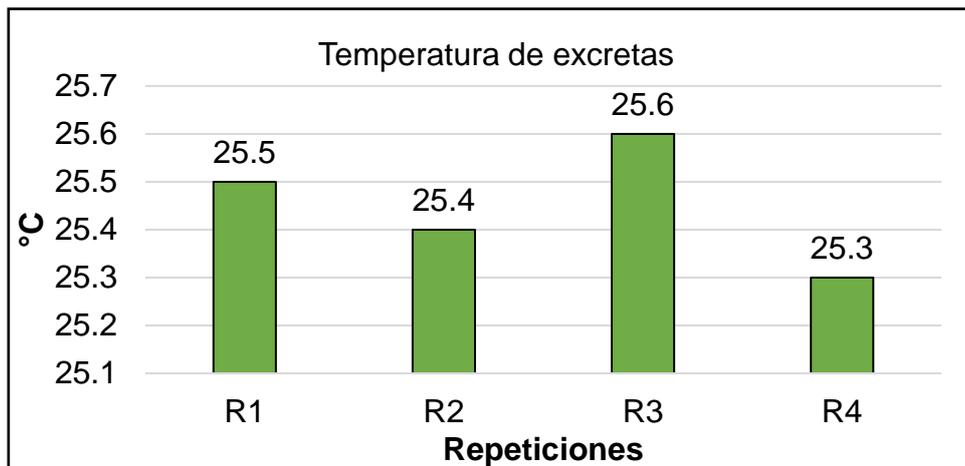
- pH



**Figura 37:** Valores de pH de las excretas de *Z. morio* (Fabricius, 1776) (Elaboración propia)

Interpretación: se observa en la Figura 38 que el pH de las excretas obtiene valores de pH por encima de 6 en las 4 repeticiones, asimismo se obtiene un promedio de 6.3 de pH (Tabla 16), por lo que podría ser apto para un suelo agrícola.

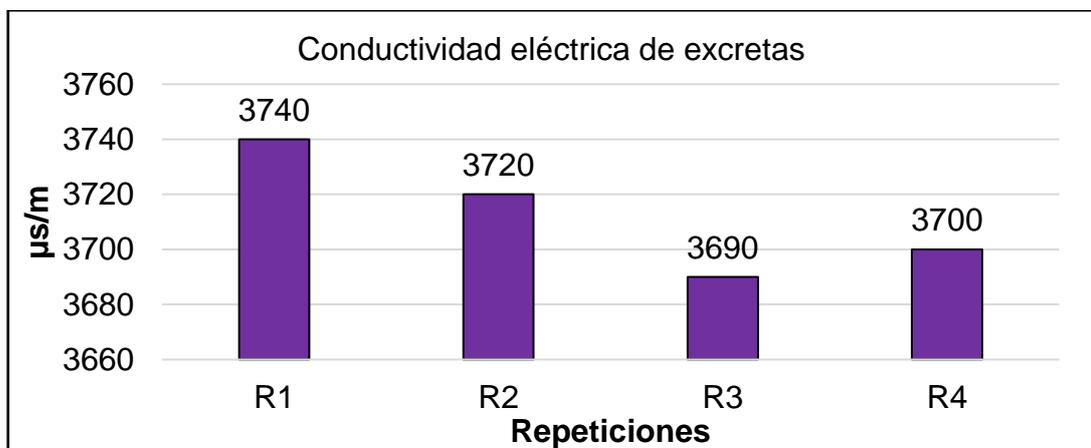
- Temperatura



**Figura 38:** Valores de temperatura de las excretas de *Z. morio* (Fabricius, 1776)  
(Elaboración propia)

Interpretación: se observa en la figura 39 las temperaturas de excretas en 4 repeticiones, las cuales tienen un promedio de 25.45°C. (Tabla 16)

- Conductividad Eléctrica



**Figura 39:** Valores de conductividad eléctrica de las excretas de *Z. morio* (Fabricius, 1776)  
(Elaboración propia)

Interpretación: se observa en la Figura 40 los niveles de conductividad eléctrica de las excretas en 4 repeticiones, obteniéndose un promedio de 3712.5 µs/m (ver Tabla 16), lo cual evidencia un bajo nivel de salinidad.

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados de la presente tesis, se establece que en 15 días se obtiene una eficiencia de biodegradación del LDPE (bolsas plásticas) de 13.90% mediante 60 larvas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776). En tal sentido, se mejora la eficiencia respecto a Revilla, M. (2018), dado que su tratamiento durante 1 semana muestra eficiencias de 0.64%, 3.36% y 9.79% aplicadas a bolsas plásticas.

Asimismo, la presente investigación obtiene un menor tiempo de biodegradación del LDPE en 15 días, a diferencia de Molina et al. (2016) que obtuvo resultados después de 45 días experimentales con una biodegradación del 96% de polietileno en muestras de solo 10 g. Sin embargo, cabe señalar que las larvas *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) empezaron a disminuir en cantidad debido al canibalismo y su conversión en crisálidas para iniciar su metamorfosis a escarabajo, lo que difiere parcialmente con Molina et al. (2016), dado que en su investigación las larvas de *Tenebrio molitor* no sufrieron ningún problema de crecimiento.

Según la Fundación Nacional de Parques Zoológicos y Acuarios (2016) en su Manual de Cría de Invertebrados para alimentación complementaria, las *Zophobas* obtienen un menor tiempo de maduración a temperaturas cercanas a los 28°C, en tal sentido, la presente investigación planteó como uno de sus objetivos secundarios determinar la temperatura óptima para la interacción de la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) con el LDPE, y cómo se pudo evidenciar, las mejores eficiencias se obtuvieron en promedio temperatura de 27.5°C. Por lo que concluimos que la temperatura óptima para la interacción de la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) con el LDPE es similar a la temperatura que permite al insecto poder desarrollarse en óptimas condiciones.

Opatz, Pusch y Weber (2017) sostienen que la pérdida de peso por sí sola es insuficiente para probar la biodegradación del polietileno. En tal sentido, la presente investigación corrobora lo dicho por tales autores, ya que a través de imágenes microscópicas de alta resolución se observó la presencia de LDPE en forma de microplásticos incrustados en las excretas de las larvas *Zophobas morio* (Fabricius, 1776), por lo que no descartamos que el LDPE haya sido biodegradado

a microplásticos por la larva, sin un proceso de transformación bioquímica de su estructura polimérica por parte de bacterias o enzimas presentes en su tracto digestivo.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se logra biodegradar polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo mediante 60 larvas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) en un periodo de 15 días, con una eficiencia de 13.90 % en una temperatura promedio de 27.5°C, mientras que se logra una eficiencia 4.45 % en una temperatura promedio de 23.2°C.

Se establece que la temperatura óptima para que la larva *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) interaccione con el polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo se ubica en promedio de 27.5°C.

Se determinan las características fisicoquímicas de las excretas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) con un tamaño de 839  $\mu\text{m}$ , pH de 6.3, temperatura de 25.45°C, conductividad eléctrica de 3712.5  $\mu\text{S/m}$  y 93.065% de porcentaje de materia orgánica.

No se descarta que las larvas *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) biodegraden el LDPE a microplásticos, sin un proceso de transformación bioquímica de su estructura polimérica por parte de bacterias o enzimas presentes en su tracto digestivo.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Ampliar la investigación para determinar si existen bacterias o enzimas en el tracto digestivo de la especie *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) capaces de biotransformar el LDPE.

Realizar un estudio a nivel molecular avanzado (Ingeniería molecular) para analizar a mayor detalle los cambios en la cadena ramificada del LDPE, luego de una biodegradación por microorganismos.

Acondicionar un espacio adecuado que favorezca el crecimiento de las larvas (*Zophobas morio*), ya que se desarrollan en ambiente cálidos, esto permitirá mejores resultados en el proceso de biodegradación de LDPE.

Verificar el tiempo de crecimiento de la larva de *Zophobas morio*, ya que al ingresar al estado pupa y posteriormente a escarabajo, se pierde eficiencia de biodegradación de LDPE.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOCCHINI, Federica; BOMBELLI, Paolo y HOWE, Christopher. Polyethylene bio- degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Current Biology* [En línea]. Vol. 7, no. 8, 24 abril 2017. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2019]. Disponible en: [https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(17\)30231-2](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(17)30231-2)

CADENA, Daniela. Estudio de la Biodegradación de cuatro Tipos de Bolsas Oxo-Biodegradables Empleadas en la Venta de Productos, Utilizando Tierra compostable Fresca, Fresca más Aireación y Madura, Simulando condiciones Ambientales de Humedad y Temperatura del Relleno Sanitario Ubicado en Quito. Tesis (Titulo en Ingeniería Ambiental). Quito: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, 2014. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7140/6/UPS-ST001252.pdf>

CASTELLS, Xavier. Los Plásticos Residuales y sus Posibilidades de Valoración [En línea]. 2 a ed. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos, 2012 [Fecha de consulta 10 de octubre de 2019]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=F0BeFOMQpnwC&printsec=frontcover&dq=tipos+de+plasticos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj8noL6roveAhVSrlkKHWuyD\\_8Q6AEIVjAH#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.pe/books?id=F0BeFOMQpnwC&printsec=frontcover&dq=tipos+de+plasticos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj8noL6roveAhVSrlkKHWuyD_8Q6AEIVjAH#v=onepage&q&f=true)  
ISBN: 978-84-9969-371-2

CHUNGA, Lourdes y CIEZA, Carlos. Biodegradación de Poliestireno Utilizando microorganismos Presentes en el Humus de Lombriz durante los meses, Octubre – diciembre 2016. Tesis (Ingeniería Ambiental). Chiclayo, Perú: Universidad de Lambayeque, 2017. Disponible en: <http://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/83/3/CHUNGA%20CAMPOS%2c%20LOURDES%20DEL%20ROSARIO%20ok.pdf>

DIAZ DEL CASTILLO, Felipe. Tecnología de materiales [En línea]. Universidad Nacional Autónoma de México. 2012. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en:

[http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina\\_ingenieria/mecanica/mat/mat\\_mec/m6/conformado%20de%20plasticos.pdf](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado%20de%20plasticos.pdf)

DUSSUD, Claire y Ghiglione, Jean-François. Bacterial Degradation of Synthetic Plastics. The Tara Expeditions Foundation. [En línea]. Diciembre 2014. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.sfecologie.org/regard/r63-plastiques-en-mer-dussud-et-ghiglione/>.

ESPINOZA, Luis. Evaluación de la degradación de polietileno de baja densidad mediada por diferentes especies de hongos. Tesis (Título en Ingeniería Química). Quito: Universidad San Francisco de Quito USFQ, 2018. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7410/1/139174.pdf>

QUINCHÍA, Adriana y MAYA, Simón. Degradabilidad de polietileno de baja densidad –LDPE- utilizando *Pycnoporus sanguineus* UTCH 03. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería [en línea]. 15-18 septiembre 2015. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/1153/1156>

CRISTÁN, Arturo, IZE, Irina y GAVILÁN, Arturo. La situación de los envases de plástico en México. Gaceta Ecológica [En línea]. Diciembre 2003, 69, 67-82. [Fecha de consulta 09 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/539/53906905.pdf>  
ISSN: 1405-2849.

FUNDACIÓN NACIONAL DE PARQUES ZOOLOGICOS Y ACUARIOS. Manual Cría de Invertebrados para alimentación complementaria [En línea]. Venezuela. Mayo 2017. [Fecha de consulta 09 de octubre de 2019]. Disponible en: <http://funpza.minec.gob.ve/wp-content/uploads/2016/09/Manual-para-la-Cr%C3%ADa-de-Invertebrados.pdf>

GEYER, Roland; JAMBECK, Jenna y LAVENDER, Kara. Production, use, and fate of all plastics ever made. American Association for the Advancement of Science [En línea]. Vol. 3, no. 7, 19 julio 2017. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2019]. Disponible en: <https://advances.sciencemag.org/content/3/7/e1700782>

GIRALDO, Daniel [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. [En línea]. 17(1). Abril 2010. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2018]. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v17n1/a17v17n1.pdf>  
ISSN: 1727-9933

GUTIÉRREZ, Jazmin. Biodegradación de Polietileno de Baja Densidad por Consorcios Microbianos. Tesis (Licenciada en Biología). México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2013. Disponible en [https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis\\_gutierrez\\_pescador.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_gutierrez_pescador.pdf)

GUTIERREZ, Karem. Influencia de Factores Ambientales de Crecimiento Microbiano en la Degradación de Polietileno de Baja Densidad por la Bacteria pseudomona aeruginos. Tesis (Ingeniería Ambiental). Huancayo, Perú: Universidad Continental, 2018. Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/4507/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Gutierrez\\_Taipe\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/4507/1/IV_FIN_107_TE_Gutierrez_Taipe_2018.pdf)

HERNANDEZ [et al.]. Metodología de la Investigación [En línea]. 6. a ed. México: Mc Graw Hill [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2018]. Disponible en <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wpcontent/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

HUERTA, Esperanza [et al.]. Decay of low-density polyethylene by bacteria extracted from earthworm's guts: A potential for soil restoration. Science of The Total Environment. [En línea]. 624. Mayo 2018. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2018]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717335702>  
ISSN: 0048-9697

IPARRAGUIRRE, Katherine; Vivanco, Madeleyne. Aislamiento y Caracterización de Hongos Filamentosos Biodegradadores de Polietileno de Tereftalato y Polietileno de Baja Densidad. Tesis (Gradi). Ica: Universidad Nacional

San Luis Gonzaga, 2015. Disponible en <http://repositorio.unica.edu.pe/handle/UNICA/2196>

JAIMES, L., ROJAS, M. y VALENCIA, M. Efectividad, Eficacia y eficiencia en equipos de trabajo. Revista Espacios. [En línea]. 39(6). 2018. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2018]. Disponible en <http://www.revistaespacios.com/a18v39n06/a18v39n06p11.pdf>  
ISSN: 0798-1015

MALAWI, Anja [et al.]. Face of Hexabromocyclododecane (HBCD), A Common Flame Retardant, In Polystyrene-Degrading Mealworms: Elevated HBCD Levels in Egested Polymer but No Bioaccumulation. [En línea]. 5 diciembre 2019. [Fecha de consulta: 10 de diciembre de 2019]. Disponible en <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.est.9b06501>

La marea de plástico se puede reducir [En línea]. En: Reportajes, presentando por Noticias Organizaciones Naciones Unidas y dirigido por Laura Quiñones, 05 de junio 2018 [Fecha de consulta 09 octubre de 2018]. Disponible en: <https://news.un.org/es/audio/2018/06/1435171>

Meza, Vargas. Biodegradabilidad de Polietileno Tereftalato y de Oxopolietileno, a Nivel de Laboratorio, por la Acción de Bacterias Nativas Presentes en Humus de Lombriz, Caballo y Gallina. Tesis (Ingeniería en Biotecnología). Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército, 2013. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7410/1/139174.pdf>

MINAM, En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables. [En línea]. Perú: 2018. [Fecha de consulta 10 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/novedades/peru-solo-se-recicla-19-total-residuos-solidos-reaprovechables>

MINAM, Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. Perú. 2016.

MOLINA, Karla, Flores, Karla, Monserrat, Maria del Rocio. Degradación de Polimeros con Tenebrio Molitor. Villahermosa, Mexico: Instituto Mexicano Madero,

2016. Disponible en:  
<https://dspace.umad.edu.mx/bitstream/handle/11670/268/finalisimo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MUÑERA, Diana. Degradación del polietileno de baja densidad por *Aspergillus niger*. Tesis (Ingeniera en medio ambiente). Colombia: Universidad de los Andes, 2014. Disponible en:  
[https://documentodegrado.uniandes.edu.co/documentos/200912382\\_fecha\\_2014\\_08\\_15\\_hora\\_07\\_13\\_08\\_parte\\_1.pdf](https://documentodegrado.uniandes.edu.co/documentos/200912382_fecha_2014_08_15_hora_07_13_08_parte_1.pdf)

MURILLO, J. Método de Investigación de Enfoque Experimental [En línea]. Perú: Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, 2018 [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2018]. Disponible en  
<http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>.  
[olasperu.com/blog/ranking-de-las-playas-mas-contaminadas-del-2016/9128](http://olasperu.com/blog/ranking-de-las-playas-mas-contaminadas-del-2016/9128)

OPATZ, Till; PUSCH, Stefan y WEBER, Carina (2017). Polyethylene biodegradation by caterpillars? *Current Biology* [En línea]. Vol. 27, no. 15, 7 agosto 2017. [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2019]. Disponible en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096098221730862X>

PAÇO, Ana [et al.]. Biodegradation of polyethylene microplastics by the marine fungus *Zalerion maritimum*. *Science of The Total Environment*. [En línea]. Vol. 586, 15 mayo 2017. [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2019]. Disponible en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717302577>  
ISSN: 0048-9697

Plastic packaging: Food safety and Quality [En línea]. Opatija: Marco Tincani. [Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2019]. Disponible en:  
<https://www.hgk.hr/documents/marco-tincanni-plastika-za-cuvanje-hrane-copy592bd03eda34c.pdf>

Real Academia Española. (2014). Diccionario de la lengua española (23.ed.). Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=TLksLOy>

RANKING DE LAS PLAYAS MAS CONTAMINADAS DEL 2016 (diciembre, 2016). Disponible en: <https://www.olasperu.com/blog/mar-peruano-con-mas-basura-marina-en-sudamerica/11041>

RESTREPO-FLÓREZ, J.; BASSI, A. y THOMPSON, M. Microbial degradation and deterioration of polyethylene – A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 88(0): 83-90, 2014.

REVILLA, S. 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 (Ingeniera ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. 103pp

SAVOCA, M. [et al.]. Odours from marine plastic debris induce food search behaviours in a forage fish. *Royal Society Publishing*. [En línea]. 284. August 2017. [Fecha de consulta: 21 de noviembre de 2018]. Disponible en <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/284/1860/20171000>  
ISSN: 0962-8452

SHAH, A. [et al.]. Biological degradation of plastics: A comprehensive review. *Biotechnology Advances* [En línea]. 26(3). Mayo 2008. [Fecha de consulta 15 de octubre de 2019]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/5515372\\_Biological\\_Degradation\\_of\\_Plastics\\_A\\_Comprehensive\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/5515372_Biological_Degradation_of_Plastics_A_Comprehensive_Review)

Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM) [En línea]. México, D.F.: Proyecto GEF- CIBIOGEM /CONABIO. [Fecha de consulta 15 de octubre de 2019]. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20914\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20914_sg7.pdf)

QUINTANA, J. Análisis y Diseño de Empaques Flexibles Laminados para envasar alimentos. Tesis (Ingeniero mecánico). Guayaquil, Ecuador: Escuela

Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. 2007. 249 p.

TOMBERLIN, K. y VAN HUIS, A. Insects as food and feed: from production to consumption [En línea]. Holanda: Wageningen Academic Publishers, 2017 [Fecha de consulta 10 de octubre de 2019]. Disponible en: [https://e-insects.wageningenacademic.com/zophobas\\_morio](https://e-insects.wageningenacademic.com/zophobas_morio)

TORRES, D. El papel de los microorganismos en la biodegradación de compuestos tóxicos [En línea]. España: Ecosistemas, 2013 [Fecha de consulta 10 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/540/54012219.pdf>

TOKIWA, Y. [et al.]. Biodegradability of plastics. International journal of molecular sciences. 10(9): agosto 2009. [Fecha de consulta 10 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.mdpi.com/1422-0067/10/9/3722>

VALDEZ, C y UNTIVEROS, G. Extracción y Caracterización del aceite de las larvas del Tenebrio Molitor [En línea]. 27 de octubre 2010. [Fecha de consulta 10 de octubre de 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2010000400011](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2010000400011)  
ISSN: 1810-634X

YANG, Y. [et al.]. Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests. [en línea]. Septiembre 2015, no. 49. [Fecha de consulta: 10 de octubre 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/282046766\\_Biodegradation\\_and\\_Mineralization\\_of\\_Polystyrene\\_by\\_Plastic-Eating\\_Mealworms\\_Part\\_1\\_Chemical\\_and\\_Physical\\_Characterization\\_and\\_Isotopic\\_Test](https://www.researchgate.net/publication/282046766_Biodegradation_and_Mineralization_of_Polystyrene_by_Plastic-Eating_Mealworms_Part_1_Chemical_and_Physical_Characterization_and_Isotopic_Test)

## **ANEXOS**

- **Anexo 1:** Matriz de Consistencia
- **Anexo 2:** Instrumentos
- **Anexo 3:** Clasificación de Plásticos
- **Anexo 4:** Galería de Pesajes
- **Anexo 5:** Identificación taxonómica de la especie *Zophobas morio* (Fabricius, 1776).
- **Anexo 6:** Análisis de Materia Orgánica de Excretas
- **Anexo 7:** Análisis Físicoquímico de Excretas
- **Anexo 8:** Microscopía Electrónica de Barrido en Excretas

## Anexo 1: Matriz de Consistencia

Formulación del Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Operacionalización				
P. General	O. General	H. General	V. Dependiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	unidad
¿Cuál es la eficiencia de la biodegradación del polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo mediante el uso de la larva <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776), Callao, 2019?	Determinar la eficiencia de la biodegradación del polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo mediante el uso de la larva <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776), Callao, 2019	La larva <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776). Biodegrada eficientemente el polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo, Callao, 2019.	Eficiencia de biodegradación de polietileno de baja densidad	El proceso de degradación consiste en el paso de polímeros a monómeros, para que estos puedan ser mineralizados (Shah, A. et al., 2008; Restrepo-Flórez et al., 2014).	La eficiencia de la biodegradación de polietileno de baja densidad se obtendrá mediante la fórmula: $\frac{W_{Plástico} (P_i - P_f)}{P_f} \times 100 = \%$ En donde interviene la diferencia entre el peso inicial (Pi) y final (Pf) del polietileno de baja densidad, a una temperatura óptima.	Masa	Peso inicial	g
						Masa	Peso Final	g
						Temperatura óptima	Temperatura	°C
						Porcentaje de biodegradación	$\frac{W_{Plástico} (P_i - P_f)}{P_i} \times 100$	%
P. Específicos	O. Específicos	H. Específicos	V. Independiente	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	unidad
¿Cuál es la temperatura óptima para una eficiente biodegradación del polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo mediante el uso de la larva <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776), Callao, 2019?	Hallar la temperatura óptima para una eficiente biodegradación del polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo mediante el uso de la larva <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776), Callao, 2019.	La temperatura óptima para una eficiente biodegradación de polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo mediante el uso de la larva <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) es 26°C	Uso de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776)	La especie <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) pueden crecer hasta alcanzar 2 a 4 cm de longitud. Su ciclo de vida es similar al de otros escarabajos, ya que tiene una etapa de huevo, larva, pupa y adulto. (Tomberlin y Van Huis, 2017)	El insecto <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) es medido a través de su estado, características morfológicas, y las características físicoquímicas de sus excretas.	Características morfológicas	Peso	mg
						Estado de la larva	Cantidad de larvas vivas	Número entero
¿Cuáles son las características físicoquímicas de las excretas de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) luego de biodegradar polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo, Callao, 2019?	Determinar la composición físicoquímica de las excretas de larva <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) luego de biodegradar polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo, Callao, 2019.	Existe un porcentaje de materia orgánica en las heces de la larva <i>Zophobas morio</i> luego la biodegradar polietileno de baja densidad proveniente de la playa Carpayo, Callao, 2019	Uso de <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776)	La especie <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) pueden crecer hasta alcanzar 2 a 4 cm de longitud. Su ciclo de vida es similar al de otros escarabajos, ya que tiene una etapa de huevo, larva, pupa y adulto. (Tomberlin y Van Huis, 2017)	El insecto <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) es medido a través de su estado, características morfológicas, y las características físicoquímicas de sus excretas.	Características físicoquímicas de las excretas de <i>Z. morio</i> (Fabricius, 1776)	pH	Unidad de pH
						Características físicoquímicas de las excretas de <i>Z. morio</i> (Fabricius, 1776)	Conductividad Eléctrica	µS/cm
						Características físicoquímicas de las excretas de <i>Z. morio</i> (Fabricius, 1776)	Temperatura	°C
						Características físicoquímicas de las excretas de <i>Z. morio</i> (Fabricius, 1776)	Materia Orgánica	%
Características físicoquímicas de las excretas de <i>Z. morio</i> (Fabricius, 1776)	Tamaño	µm						

## Anexo 2: Instrumentos

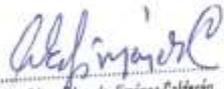
### Instrumento N° 1 Caracterización de Residuos sólidos

Lugar: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_ Investigadores \_\_\_\_\_

Item	Tipo de Residuos Sólidos	Generación de Residuos Sólidos			Suma (Kg)	Porcentaje (%)
		PUNTO DE MUESTREO				
		P1 (Kg)	P1 (Kg)	P1 (Kg)		
<b>TOTAL</b>						

  
 \_\_\_\_\_  
**ELMER GONZÁLEZ BENÍTEZ**  
INGENIERO QUÍMICO  
Reg. CIP N° 71888  
 Nombre y Apellido:  
 CIP:  
 VALIDADOR

  
 \_\_\_\_\_  
 **Dr. César Eduardo Jiménez Calderón**  
CIP. 42355  
 Nombre y Apellido:  
 CIP:  
 VALIDADOR

  
 \_\_\_\_\_  
**JORGE JAVE**  
CIP 43444  
 Nombre y Apellido:  
 CIP:  
 VALIDADOR

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Berites Alfaro Elnay  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización de Residuos Sólidos  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: LAGUE CAUCHO ALEX GABRIEL QUINTO ARELLANO JOSÉ CARLOS

**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.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos										✓			
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

**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 :**

SI
—

90 %

Lima, 9 de Diciembre del 2019

  
 ALEX GABRIEL LAGUE CAUCHO  
 DTC UCV

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. .... Telf. ....

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JONCE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: BLADME CAYCHO ALEX GABRIEL - QUIROZ AREVALO, JOSE CARLOS

**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.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**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 :**

SI
-

90%
-----

 Lima, 11 DE DICIEMBRE del 2019



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

 DNI No. 01016653 Telf. 994552085

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN, CÉSAR EDUARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC - UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: LAGO CAYCHO ALEX GABRIEL - QUIROZ AREVALO JOSE CARLOS

**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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Escrito una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**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 :**

51
-

91.5%
-------

  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

Lima, 09 DE DICIEMBRE del 2019

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

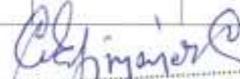
DNI No..... Telf:.....

Instrumento 2

REGISTRO DE DATOS PERIÓDICAMENTE

Investigadores:					
Lugar de Análisis:					
N° de Registro:		N° de Compartimiento:		Tipo de Plástico: LDPE	
Fecha	Morfología de larvas de <i>Zophobas morio</i> (Gusano Rey)		Estados de larvas de <i>Zophobas morio</i> (Gusanos Rey)		Temperatura (°C)
	Tamaño	Peso	Vivo	Muerto	

ELMER GONZÁLEZ BENTES ALVARO  
INGENIERO QUÍMICO  
R.M.C.P. N° 1188

  
Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
CIP. 42355

Nombre y Apellido:  
CIP:

Nombre y Apellido:  
CIP:

VALIDADOR

VALIDADOR

Nombre y Apellido:  
CIP:

  
JORGE JAVE  
CIP 43444  
VALIDADOR

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Berites Alvaro Eumer  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Doc. UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de datos periódicamente  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Uaque Caycho Alex Gabriel Quiroz Arevalo José Carlos

**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.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

**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 :**


**90** %

Lima, 9 Diciembre del 2019

**ELMER QUINTANA**  
INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE BARRAZO JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE DATOS PERIÓDICAMENTE  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: LLAQUE CAYCHO ALEX GABRIEL - BUREZ AREVALO JOSE CARLOS

**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												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

**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 :**

51
-

90 %
------

 Lima, 11 DE DICIEMBRE del 2019


  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

 DNI No 8806653 Tel: 994552085

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- I.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN CÉSAR EDUARDO  
 I.2. Cargo e institución donde labora: DTC - UCV  
 I.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE DATOS PERIÓDICAMENTE  
 I.4. Autor(A) de Instrumento: Maque Caycha Alex GABRIEL QUIROZ AREVALO JOSE CARLOS

**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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**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 :**

SI  
—

91.5 %

*César Jiménez Calderón*  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

Lima, 09 DE DICIEMBRE del 2019

REGISTRO NACIONAL DE PROFESIONES  
 COLLEGE OF PROFESSIONS

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

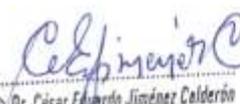
Instrumento N° 3

REGISTRO DE DATOS DE LABORATORIO

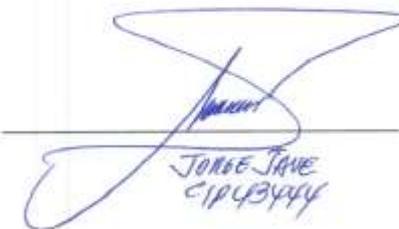
Investigadores:		Fecha de Inicio:		
Lugar de Análisis:		Fecha Final:		
N° de Registro:		Tipo de Plástico: LDPE		
Gravimetría				
N° de Compartimiento de Vidrio	Tiempo de Exposición	Peso Inicial	Peso Final	Total (Peso Inicial - Peso Final)

  
 ELMER GONZALES BENITES ALFARO  
 Ingeniero Químico  
 Reg. CIP N° 71998  
 Nombre y Apellido:  
 CIP:

VALIDADOR

  
  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP 42355  
 Nombre y Apellido:  
 CIP:

VALIDADOR

  
 Nombre y Apellido:  
 CIP:

VALIDADOR

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de datos de laboratorio  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ugarte Cayllor Alex Gabriel Quispe Arevalo José Carlos

**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.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**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 :**

S
-

**90** %

Lima, 9 de Diciembre del 2019

**ELMER GARCIA BENAVIDES ALFARO**  
Docente Titular

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAKAYO JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE DATOS DE LABORATORIO  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: LLAQUE CAYCHO ALEX GABRIEL - QUIRZE ACEVALO JOSE CARLOS

**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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

**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 :**

51
-

90%
-----

Lima, 11 DE DICIEMBRE del 2019

  
 \_\_\_\_\_  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No. 01066653 Telf. 999552085

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN, CÉSAR EDUARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC - UCY  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: REGISTRO DE DATOS DE LABORATORIO  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: LAGO Aycha, Alex GABRIEL, QUIROZ AREVALO, JOSE CARLOS

**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.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													✓
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

**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 :**

SI  
-

915 %



*Dr. César Eduardo Jiménez Calderón*  
CIP 42355

Lima, 09 DE DICIEMBRE del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Tel:.....

**Instrumento N° 4**  
**Sistematización de Eficiencia**

N° de Compartimiento de Vidrio	Repeticiones	Cálculo de Eficiencia % $\frac{W - P_{\text{Medio}}(C_1 - P_1)}{P_1} \times 100 = \%$
	<b>1</b>	
	<b>2</b>	
	<b>3</b>	
	<b>4</b>	

  
 ELMER GONZÁLEZ BONTÉS ALPARÓ  
 Registrado Público  
 Bº CP N° 71906  
 Nombre y Apellido:  
 CIP:

VALIDADOR

  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

Nombre y Apellido:  
 CIP:  
 VALIDADOR

Nombre y Apellido:  
 CIP:

  
 José Iván  
 CIP 43444  
 VALIDADOR

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: Berites Alvaro Eumer
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC UCV
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Sistemática de EFICIENCIA
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Ulague Caycho Alex GABRIEL QUIROZ AYOVALO JOSÉ CARLOS

**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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

**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 :**

S
-

90 %

Lima, 9 de Diciembre del 2019

**ELMER GONZÁLEZ BERITES**  
INGENIERO QUÍMICO  
 Reg. CIP N° 71981

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JAVE NAWAYO JORGE LEONARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: SISTEMATIZACIÓN DE EFICIENCIA  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: LLAVE CAYCHO ALEX GABRIEL - QUIROZ AREVALO JOSE COCLO

**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.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

**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 :**

SI
-

90 %
------

 Lima, 22 DE DICIEMBRE del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

 DNI 807066653 Tel: 994552085

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. Apellidos y Nombres: JIMÉNEZ CALDERÓN, CÉSAR EDUARDO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: OTC - UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: SISTEMATIZACIÓN DE EFICIENCIA  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: BLAQUE CAYCHO ALEX GABRIEL - QUIROT ARENALO JOSE CARLOS

**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.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico											✓		

**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 :**

SI
-

**91.5 %**
  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

 Lima, 09 DE DICIEMBRE del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No..... Telf:.....

### Anexo 3: Clasificación de Plásticos

NOMBRE	PROPIEDADES	APLICACIONES DEL ENVASADO	APLICACIONES PARA EL RECICLADO
1 PET o PETE	Polietileno tereftalato (PET, PETE), también referido como poliéster, transparencia, buenas propiedades como barrera al gas y humedad, dureza y resistencia al calor. Se hunde en el agua, por lo que se separa del PE porque este último flota.	Botellas de refrescos y especialmente agua, así como otros envases de productos perecederos como mantequilla, salsas, comida precocinada para horno	Sobre todo, en la elaboración de textiles y textiles no tejidos (filtros y forro polar), moquetas, fibras de relleno para almohada y acolchados diversos, cintas de audio/video, geotextiles.
2 HDPE	Polietileno de alta densidad PEAD (HDPE, <u>high density polyethylene</u> ). HDPE Rigidez, resistencia al ataque químico y a la humedad, permeabilidad al gas, facilidad de procesado. El PEAD pigmentado tiene mayor resistencia a la fractura que el no pigmentado.	Botellas de leche, zumos cosméticos, detergentes, bolsas de envases.	Botellas de detergentes, aceite para automoción, tuberías, macetas, cubos, perfiles y sustituto de madera: bancos, suelos, vallas, etc.
3 PVC	Cloruro de polivinilo (PVC). Excelente resistencia al ataque químico, a la exposición solar y la intemperie, al calor, buen aislante y gran resistencia mecánica. Transparencia y facilidad de mezclado con otros componentes lo hay flexible y rígido en función de las aplicaciones a que se destina.	El rígido se usa en botellas y todo tipo de envase transparente, tuberías, carpintería para construcción y reversos de moquetas. El flexible se usa en blíster, film, accesorios de oficina, tubos de aplicación en medicina, recubrimiento de cables, pavimentos sintéticos, piel sintética, pinturas y recubrimientos. Buena propiedad aislante y resistencia al calor.	Alfombrillas, tuberías, <u>panelado</u> (estanterías de poca calidad de diseño), pavimentos, cajas eléctricas, conos y elementos varios.
4 LDPE	Polietileno de baja densidad (LDPE, <u>Low Density Polyethylene</u> en inglés). Químicamente similar al HDPE, pero menos denso y más flexibles. Resistencia, transparencia media, flexibilidad, barrera a la humedad, facilidad de procesado y sellado.	Tapas flexibles para envase, botellas flexibles (miel mostaza), film para todo tipo de bolsa (comida, fundas de ropa, bolsas de envío postal)	Envoltorios para transporte (menor calidad de diseño), cubos, macetas, perfiles y sustituto de madera.
5 PP	PP, <u>Propileno</u> (PP, <u>Polypropylene</u> ). Buena resistencia química, alto punto de fusión y por tanto resistencia al calor, dureza y resistencia al calor, dureza y resistencia, barrera a la humedad	En aplicaciones tanto flexibles como rígidas que se requiera resistencia al calor, como componentes para automoción, contenedores de líquidos calientes. También en fibras, botellas de productos variados.	Carcasas de baterías de vehículos, luces de señalización, fibras de escobas y cepillos, rejillas y rastrillos o herramientas y piezas de fricción, bandejas, <u>palets</u> .
6 PS	PS, <u>poliestireno</u> (PS, <u>Polystyrene</u> ). Puede ser rígido o expandido (EPS). Gran transparencia, propiedades aislantes y facilidad de procesado. Versátil, con punto de fusión relativamente	Expandido: envase de protección, bandejas y vasos desechables, aislante en construcción. Rígido: cajas, tapas y contenedores, como cajas de CD, vajilla y cubertería desechable, envases de yogur y huevos.	Interruptores eléctricos, aislante térmico, material de oficina rígido, perchas de ropas. El Expandido se usa como aislante en construcción y embalaje de protección en aplicaciones de menor calidad de diseño.
7 OTHER	Utilizado para materiales distintos a los anteriores o para mezclas complejas o <u>composites</u> en los que los materiales anteriores no son claramente predominantes.	Envases de comidas para llevar, platos para hornos de microondas, entre todo tipo de aplicaciones	Aplicaciones en los que no se requiera pureza del material reciclado, como perfiles sustitutos de madera. Los materiales reforzados con fibras no se reciclan.

Fuente: Castells, 2012, p. 1005

#### Anexo 4: Galería de pesajes.

Pesaje inicial del polietileno de baja densidad y Peso de las larvas *Zophobas morio* (Fabricius, 1776)



**Figura N° 41:** Traslado de Muestras y utilización de la balanza analítica (Elaboración propia)



**Figura N° 42:** Peso "a" de 20.3575 g (Elaboración propia)



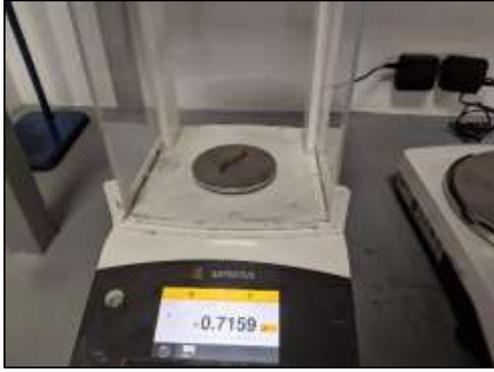
**Figura N° 43:** Peso "b" de 20.7740 g (Elaboración propia)



**Figura N° 44:** Peso "c" de 20.4124 g (Elaboración propia)



**Figura N° 45:** Peso "d" de 20.2451 g (Elaboración propia)



**Figura N° 46:** Peso 1 de larva *Z. morio*  
(Fabricius, 1776)  
(Elaboración propia)



**Figura N° 47:** Peso 2 de larva *Z. morio*  
(Fabricius, 1776)  
(Elaboración propia)

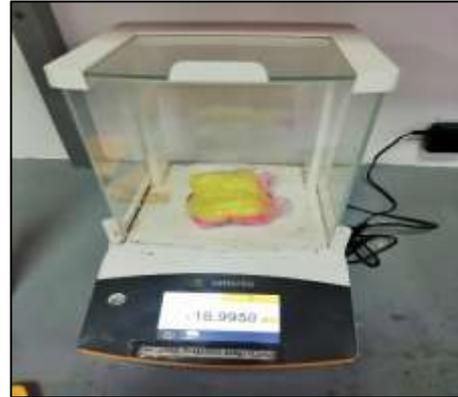


**Figura N° 48:** Peso 3 de larva *Z. morio*  
(Fabricius, 1776)  
(Elaboración propia)

## Pesaje de Polietileno de Baja Densidad Luego de 07 Días



**Figura N° 49:** Peso "1er compartimento"  
de 17.6742 g  
(Elaboración propia)



**Figura N° 50:** Peso "2do compartimento"  
de 18.9958 g  
(Elaboración propia)



**Figura 51:** Peso "3er compartimento"  
de 19.7854 g  
(Elaboración propia)



**Figura N° 52:** Peso "4to compartimento"  
de 19.5039 g  
(Elaboración propia)

Pesaje de Polietileno de Baja Densidad Luego de 15 Días



**Figura N° 53:** Peso "1er compartimento" de 17.6609 g  
(Elaboración propia)



**Figura N° 54:** Peso "2do compartimento" de 17.7533 g  
(Elaboración propia)



**Figura N°55:** Peso "3er compartimento" de 19.4296 g  
(Elaboración propia)



**Figura N° 56:** Peso "4to compartimento" de 19.4170 g  
(Elaboración propia)

Medición de parámetros fisicoquímicos en excretas de *Zophobas morio* (Fabricius, 1776).



**Figura N° 57:** Pesaje de excretas.  
(Elaboración propia)



**Figura N° 58:** Disolución en agua  
(Elaboración propia)



**Figura N° 59:** Agitación con bagueta  
(Elaboración propia)



**Figura N°60:** Adición de agua destilada  
(Elaboración propia)



**Figura N° 61:** Medición de parámetros  
fisicoquímicos  
(Elaboración propia)

Proceso para la determinación de materia orgánica en excretas de  
*Z. morio* (Fabricius, 1776).



**Figura N° 62:** Tamizado de excretas con Malla N°4.  
(Elaboración propia)



**Figura N° 63:** Resultado de excretas luego del tamizado.  
(Elaboración propia)



**Figura N° 64:** Pesaje de excretas en balanza analítica.  
(Elaboración propia)



**Figura N°65:** Peso del crisol n°1  
(Elaboración propia)



**Figura N° 66:** Peso de muestra n°1  
Elaboración propia



**Figura N° 67:** Peso del crisol n°2  
(Elaboración propia)



**Figura N° 68:** Peso de muestra n°2  
(Elaboración propia)



**Figura N° 69:** Peso del crisol n°3  
Elaboración propia



**Figura N° 70:** Peso de la muestra n°3  
Elaboración propia



**Figura N° 71:** Peso del crisol n°4  
(Elaboración propia)



**Figura N° 72:** Peso de la muestra n°4  
(Elaboración propia)



**Figura N° 73:** 4 muestras en la mufla  
Elaboración propia



**Figura N° 74:** Temperatura de la mufla  
Elaboración propia



**Figura Nº 75:** Después de la mufla  
Elaboración propia



**Figura Nº 76:** 4 crisoles luego de la  
ignición  
Elaboración propia



**Figura Nº 77:** Peso final nº1  
Elaboración propia



**Figura Nº 78:** Peso final nº2  
Elaboración propia



**Figura Nº 79:** Peso final nº3  
Elaboración propia



**Figura Nº 80:** Peso del final nº4  
Elaboración propia

**Anexo 5.** Identificación taxonómica de la especie *Zophobas morio* (Fabricius, 1776).

	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> <b>DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA</b> <b>MUSEO DE ENTOMOLOGIA KLAUS RAVEN BÜLLER</b> Telf. (51-1) 614-7800 anexo 330 -Apartado Postal 12-056	
<b>SERVICIO DE ANÁLISIS E IDENTIFICACIÓN</b>		
<b>Para:</b> ALEX GABRIEL LLAQUE CAYCHO RUC: 72111935		Fecha: 27-12-2019
<b>Atención:</b> Alex Gabriel Llaque C.		
<b>Muestra:</b> Larvas, pupas y adultos de Tenebrionidae. Obtenidos de una crianza en el distrito de Breña-Lima. Para confirmar si la especie corresponde a <i>Zophobas morio</i> .		Lote N° 39-19
		Informe completo: X
Después de un examen de las características de los adultos y con el examen de la genitalia (Fotos), se pudo tener el siguiente resultado:		
La especie corresponde a <i>Zophobas morio</i> (Fabricius, 1776) de la familia Tenebrionidae.		
Cabeza vista dorsal	Genitalia del macho	
		
<small>Nota. - Las muestras fueron revisadas e identificadas por Biol. Mg. Sc. Clorinda Vergara Cobián del Museo de Entomología Klaus Raven Büller. Departamento de Entomología - UNALM.</small>		
 Jefe del Museo de Entomología		
Biol. Mg. Sc. Clorinda Vergara Cobián de Sánchez		

## Anexo 6: Análisis de Materia Orgánica de Excretas

Tipo de ensayo:	Porcentaje de Materia Orgánica		
Matriz:	Bolsas de Polietileno de Baja Densidad (LDPE)		
Descripción de la muestra:	Excretas de larvas de Zophobas morio luego de biodegradar polietileno de baja densidad		
Muestra tomada por:	Alex Ulaque Caycho	José Quiroz Arevalo	
Fecha de ingreso de la muestra	09/12/2019		
Lugar de ensayo:	Laboratorio de química UCV		

PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA	
<b>MUESTRA N° 1</b>	92.13%

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 = \frac{45.366 - 43.983}{1.501} \times 100 = 92.13\%$$

<b>MUESTRA N° 2</b>	93.59%
---------------------	--------

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 = \frac{43.646 - 42.243}{1.499} \times 100 = 93.59\%$$

<b>MUESTRA N° 3</b>	93.80%
---------------------	--------

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 = \frac{38.01 - 36.602}{1.501} \times 100 = 93.80\%$$

<b>MUESTRA N° 4</b>	92.74%
---------------------	--------

$$\% M. O. = \frac{W_i - W_f}{W_{dm}} \times 100 = \frac{38.527 - 37.135}{1.501} \times 100 = 92.74\%$$

<b>PORCENTAJE DE MATERIA ORGÁNICA</b>	<b>93.065%</b>
---------------------------------------	----------------

$$\frac{92.13 + 93.59 + 93.8 + 92.74}{4} = 93.065\%$$

APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB.

APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

Equipo Utilizado: Estufa BINDER

Código interno: 6007395

Muffa

69565

dsecador

69564



M.Sc. Carlos Humberto Alfaro Rodriguez

## Anexo 7: Análisis Físicoquímico de Excretas

Tipo de ensayo:	Análisis físicoquímico	
Matriz:	Bolsa de Polietileno de Baja Densidad (LDPE)	
Descripción de la muestra:	Excretas de larvas de Zophobas morio luego de biodegradar polietileno de baja densidad	
Muestra tomada por:	Alex Llaque Caycho	José Quiroz Arevalo
Fecha de ingreso de la muestra	09/12/2019	
Lugar de ensayo:	Laboratorio de química UCV	

Repeticiones	pH (unidad de pH)	T° (°C)	C.E. (µS/cm)
R1	6.2	25.5	3740
R2	6.3	25.4	3720
R3	6.3	25.6	3690
R4	6.4	25.3	3700

APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB.  
Standard Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992.  
SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)  
CANCELA A LA NMX-AA-012-1980  
APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B  
APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B

**Equipo Utilizado:** Multiparametro Hanna edge  
**Código interno:** 6053633  
Estufa BINDER  
6007395  
Mufla  
69565  
desecador  
69564



M.Sc. Carlos Humberto Alfaro Rodriguez

## Anexo 8: Microscopía Electrónica de Barrido en Excretas



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**Facultad de Ciencias**

### CONSTANCIA

EL ENCARGADO DEL LABORATORIO DE MICROSCOPIA ELECTRÓNICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA: QUE SUSCRIBE:

#### HACE CONSTAR

Que en el Laboratorio de Microscopia Electrónica se realizaron los análisis de muestras del proyecto "EFICIENCIA DE BIODEGRADACIÓN DEL POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD MEDIANTE LA LARVA ZOPHOBAS MORIO EN LA PLAYA CARPAYO 2019" a solicitud del Sr. **ALEX GABRIEL LLAQUE CAYCHO** con DNI: 72111935, los análisis se realizaron con el Microscopio Electrónico de Barrido de marca Hitachi modelo SU 8230



Mg Clemente Luyo Caycho  
Docente Facultad de Ciencias  
Laboratorio de Microscopia Electrónica



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, QUIROZ AREVALO JOSE CARLOS, LLAQUE CAYCHO ALEX GABRIEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "EFICIENCIA DE BIODEGRADACIÓN DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD DE LA PLAYA CARPAYO MEDIANTE EL USO DE LA LARVA ZOPHOBAS MORIO (FABRICIUS, 1776), CALLAO, 2019", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
QUIROZ AREVALO JOSE CARLOS <b>DNI:</b> 71004960 <b>ORCID:</b> 0000-0002-1534-6026	Firmado electrónicamente por: JCQUIROZA el 11-11- 2022 00:43:08
LLAQUE CAYCHO ALEX GABRIEL <b>DNI:</b> 72111935 <b>ORCID:</b> 0000-0001-8576-5210	Firmado electrónicamente por: ALLAQUEC el 11-11- 2022 07:44:05

Código documento Trilce: INV - 0924574