



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Biodegradación de Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella* – Lima, 2023

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL:

Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Arce Herrera, Angel Jose (orcid.org/0000-0003-4249-1656)

ASESOR:

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis madres, a mis hermanos y a mi padre, por depositar su confianza en mí y motivarme a seguir adelante para cumplir mis metas.

A mi pequeño ángel, por no dejarme caer.

AGRADECIMIENTO

A mi asesor Dr. Ing. Ordoñez Gálvez Juan Julio, por guiarme en esta etapa final de la carrera, por sus útiles consejos y su constante apoyo.

A todos los docentes que me han acompañado y brindado sus enseñanzas durante toda mi etapa universitaria.

A la Universidad César Vallejo, por acogerme en sus instalaciones y brindarme los conocimientos necesarios para mi formación profesional.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Biodegradación de Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de Zophobas morio y Galleria mellonella – Lima, 2023", cuyo autor es ARCE HERRERA ANGEL JOSE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 26 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO DNI: 08447308 ORCID: 0000-0002-3419-7361	Firmado electrónicamente por: JORDONEZ02 el 11- 12-2023 19:04:11

Código documento Trilce: TRI - 0665817

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, ARCE HERRERA ANGEL JOSE estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Biodegradación de Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de Zophobas morio y Galleria mellonella – Lima, 2023", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He 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 asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ARCE HERRERA ANGEL JOSE DNI: 60591747 ORCID: 0000-0003-4249-1656	Firmado electrónicamente por: AARCEH el 04-12-2023 18:46:10

Código documento Trilce: INV - 1594274

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización	11
3.3. Población, muestra y muestreo	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.6. Método de análisis de datos	14
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS	16
V. DISCUSIÓN.....	26
VI. CONCLUSIONES	28
VII. RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS.....	30
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la especie <i>Z. morio</i>	9
Tabla 2. Taxonomía de la especie <i>G. mellonella</i>	10
Tabla 3. Características físicas de las larvas <i>Zophobas morio</i>	16
Tabla 4. Características físicas de las larvas <i>Galleria mellonella</i>	17
Tabla 5. Proceso de la biodegradación PET en 30 días según ZM.....	18
Tabla 6. Reducción del PET en gramos cada 10 días según ZM.....	18
Tabla 7. Proceso de la biodegradación PET en 30 días según GM.....	19
Tabla 8. Reducción del PET en gramos cada 10 días según GM.....	19
Tabla 9. Nivel de la biodegradación del PET según larvas de ZM.....	20
Tabla 10. Nivel de la biodegradación del PET según larvas de GM.....	21
Tabla 11. Porcentaje de la reducción del PET según larvas de ZM.....	22
Tabla 12. Porcentaje de la reducción del PET según larvas de GM.....	23
Tabla 13. Proceso de la biodegradación del PET mediante el uso de larvas.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Código de Identificación del Plástico.....	6
Figura 2. Estructura química del Tereftalato de Polietileno.....	7
Figura 3. <i>Zophobas morio</i>	9
Figura 4. <i>Galleria mellonella</i>	10
Figura 5: Diagrama de procesos.....	12
Figura 6: Obtención de peceras.....	13
Figura 7: Obtención de botellas de PET.....	13
Figura 8: Larvas de <i>G. mellonella</i>	13
Figura 9: Larvas de <i>Z. morio</i>	13
Figura 10: Distribución final de unidades experimentales.....	14
Figura 11. Características físicas de las larvas <i>Zophobas morio</i>	16
Figura 12. Características físicas de las larvas <i>Galleria Mellonella</i>	17
Figura 13. Nivel de biodegradación del PET según larvas de ZM.....	20
Figura 14. Nivel de biodegradación del PET según larvas de GM.....	21
Figura 15. Porcentaje de reducción del PET según larvas de ZM.....	22
Figura 16. Porcentaje de reducción del PET según larvas de GM.....	23
Figura 17. Proceso de la biodegradación del PET mediante el uso de larvas.....	24

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la biodegradación del Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*, determinar las características adecuadas de larvas para la biodegradación del PET. Con un diseño experimental, utilizando ambas especies separadas en recipientes con 20, 30 y 40 unidades de larvas se evaluó el proceso de biodegradación durante 30 días bajo condiciones ambientales normales. Obteniendo de los resultados finales que la biodegradación del Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* presentó mejores resultados el uso de larvas de *Galleria mellonella*, por lo que el uso de *Zophobas morio* es más efectiva para la degradación del PET, las características de larvas que presentaron mayores resultados fueron las de 40 unidades, el mayor tiempo de biodegradación se dieron entre los 20 y 30 días. El nivel de biodegradación del PET con larvas de *Zophobas morio* fue de 1.75 g y con larvas de *Galleria mellonella* fue de 0.46 g. El porcentaje de reducción del PET mediante la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* fue de 21.65 % y el porcentaje de reducción del PET mediante la biodegradación con larvas *Galleria mellonella* 4.71%.

Palabras Clave: Biodegradación, larvas, *Zophobas morio*, *Galleria mellonella*, tereftalato de polietileno, PET.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the biodegradation of Polyethylene Terephthalate (PET) with larvae of *Zophobas morio* and *Galleria mellonella*, to determine the appropriate characteristics of larvae for the biodegradation of PET. With an experimental design, using both species separated in containers with 20, 30 and 40 units of larvae, and the biodegradation process was evaluated for 30 days under normal environmental conditions. Obtaining from the results that the biodegradation of Polyethylene Terephthalate (PET) with *Zophobas morio* larvae presented better results than the use of *Galleria mellonella* larvae, so the use of *Zophobas morio* is more effective for the degradation of PET. The larval characteristics that presented the greatest results were those of 40 units, the longest biodegradation time occurred between 20 and 30 days. The biodegradation level of PET with *Zophobas morio* larvae was 1.75 g and with *Galleria mellonella* larvae was 0.46 g. The percentage of PET reduction through biodegradation with *Zophobas morio* larvae was 21.65% and the percentage of PET reduction through biodegradation with *Galleria mellonella* larvae was 4.71%.

Keywords: Biodegradation, larvae, *Zophobas morio*, *Galleria mellonella*, polyethylene terephthalate, PET.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación por residuos plásticos es una problemática que ha incrementado en los últimos años debido al aumento en la producción de plásticos a nivel mundial, esto último debido al crecimiento demográfico y al consumismo de las poblaciones. En cuanto a factores ambientales, los residuos plásticos generalmente traen consigo altas consecuencias que afectan de manera negativa a los ecosistemas marinos, terrestres e indirectamente a los animales y a la salud humana (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2021).

De la Torre, Mendoza y Pilar (2019) evidencian la presencia de microplásticos en algunos mariscos, lo cual es perjudicial si es consumido por los humanos u otros animales marinos. Además, los microplásticos pueden ingresar al cuerpo humano mediante la inhalación o por absorción a través de la piel y acumulándose en los órganos (DKV y ECODES, 2019), ocasionando enfermedades respiratorias como bronquitis, asma, inflamaciones o lesiones en los tejidos (Campanale et al., 2020).

El Polietileno tereftalato (PET) y el Polietileno de baja densidad (LDPE) son algunos de los materiales más utilizados en el desarrollo de empaques en la industria de alimentos, su tiempo de vida es prolongado puesto que son materiales que presentan una composición química lineal, generando problemas en el ambiente debido al inadecuado uso y disposición final de dichos materiales (Roger et al., 2018).

Según Business Empresarial (2022) la producción del PET en el Perú es de 267,000 T anuales, de las cuales solo un 22% se aprovecha mediante el reciclaje y el porcentaje restante se convierte en residuos depositados en grandes botaderos. Pese al esfuerzo de las Municipales por incentivar la cultura del reciclaje, el resultado no es del todo favorable.

A causa de ello, se ha buscado alternativas para la disposición de estos desechos de los cuales uno de ellos es la biodegradación el cual usa organismos vivos para degradar estos polímeros. Siendo así, se plantea el siguiente **problema general** de investigación: ¿Cómo es la biodegradación del Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*? Y los **problemas específicos**: ¿Cuáles son las características adecuadas de larvas para

la biodegradación del PET?, ¿Cuál es el tiempo de mayor biodegradación del PET con larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*?, ¿Cuál es el nivel de reducción del PET con larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*? ¿Cuál es el porcentaje de reducción del PET con larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*?

Esta investigación se justifica desde un enfoque teórico con las bases teóricas y conceptuales de los procesos y análisis utilizados en la biodegradación de polímeros como el PET mediante el uso de larvas los cuales pueden degradar estos compuestos mediante su digestión. Desde un enfoque metodológico, se justifica fácilmente debido a los procesos experimentales donde se manipulan las variables para obtener distintos escenarios en la biodegradación del plástico. En un enfoque práctico, se justifica ya que el uso de estas larvas para degradar estos compuestos propone una amigable alternativa para reducir la problemática de los plásticos. Por último, el enfoque social se justifica con el desarrollo de un entorno sostenible y libre de residuos plásticos para el bienestar de la población y el medioambiente.

Asimismo, se presenta el **objetivo general** de la investigación: Evaluar la biodegradación del Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*. Y los objetivos **específicos**: Determinar las características adecuadas de larvas para la biodegradación del PET, determinar el tiempo de mayor biodegradación del PET con larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*, determinar el nivel de biodegradación del PET con larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella* y determinar el porcentaje de reducción del PET con larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*.

De la misma manera se plantea la **hipótesis general** de la investigación: La biodegradación del Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* es más efectiva que el uso de larvas de *Galleria mellonella*.

II. MARCO TEÓRICO

Huarancca (2021) en su investigación logró determinar la eficiencia de las larvas *Tenebrio molitor* como biodegradantes de poliestireno, en muestras de 27 y 28 g durante un periodo de evaluación de 30 días. Obtuvo como resultados un 3.4% y un 1.8% para cada especie, concluyendo que las larvas del *Tenebrio molitor* son más eficientes para biodegradar este compuesto.

Álvarez y Botache (2020) en su investigación analizaron el comportamiento de la degradación del plástico frente a larvas de *Tenebrio molitor*. Utilizando 220 larvas y 2 tipos de plásticos (poliestireno y polietileno de baja densidad) bajo un periodo de 2 meses, lograron determinar que ambos materiales fueron totalmente biodegradados.

Chávez y Riofrío (2020) en su investigación evaluaron la biodegradación de 3 tipos de plásticos mediante la digestión del *Zophobas morio*. Utilizando 16g aproximadamente de cada material y 526 larvas durante 6 semanas, obtuvieron como resultados la biodegradación de todos los materiales. Concluyendo que la especie es favorable para este tipo de degradación.

Florez (2018) en su investigación evaluó la capacidad biodegradante de la polilla de cera ante bolsas de polietileno en un periodo de 8h. Con una metodología de 3 tratamientos con 2 réplicas y 40 individuos de larvas para cada una, logró determinar que las larvas degradaron el material en un aproximado de 4.84 mg/h.

Gallardo y López (2021) en su estudio evaluaron la capacidad del *Tenebrio molitor* y *Zophobas morio* para degradar distintos tipos de plásticos. Evaluándolos durante 28 días, encontraron en sus resultados que ambas especies degradan el EPS y el LDPE, pero ninguna logró degradar el PET.

Horna (2020) en su investigación determinó la eficiencia de *Alphitobius diaperinus* para biodegradar el LDPE y el EPS. Utilizando una masa de 10g y 6.88g sometió ambas muestras ante 50, 75 y 100 larvas durante 16 días, finalmente obtuvo una eficiencia de 8.3% para la especie.

Espinoza (2018) en su investigación propuso determinar la eficiencia del *Tenebrio Molitor* y *Galleria Mellonella* para biodegradar microplásticos. Exponiendo los

microplásticos ante 30 larvas de cada especie durante 15 días, logró determinar un 54.2% y 34.4% de eficiencia respectivamente.

Siesquen y Trujillo (2019) en su investigación estudiaron la biodegradación del EPS con el gusano de la cera. Utilizando 3 tratamientos distintos con 3.416 g del material durante 72 horas, lograron determinar que la especie es eficiente para determinar dicho material.

Velasco (2017) en su trabajo de investigación logró determinar la biodegradación del LDPE usando *Galleria mellonella*. Utilizando 20 bolsas de LDPE bajo condiciones térmicas normales, encontró en sus resultados que la especie si es capaz de degradar el LDPE. Además de que la luz es un factor que un influye en la degradación.

Yang et al. (2020) en su artículo investigaron la capacidad y los mecanismos de biodegradación del PP en las larvas *T. molitor* y *Z. atratus*, utilizando duplicados en las pruebas y cantidades de 300 y 200 respectivamente bajo 25°C durante 35 días, obtuvieron un consumo de 68.11% y 39.70%. Concluyendo que ambas especies son efectivas para la biodegradación del componente.

Yang, Wang y Xia (2019) en su artículo estudiaron el potencial del supergusano para degradar y mineralizar el pp como única dieta. Utilizando 300 en cantidad de la especie bajo 25°C durante 28 días, encontraron resultados favorables de 0.58 mg/d, lo cuales 4 veces mayor al del gusano de la harina.

Bombelli, Howe y Bertocchini (2017) en su investigación proponen el uso de las larvas de *Galleria mellonella* como una alternativa para la degradación del plástico. Utilizando 100 unidades de la especie en contacto de una bolsa comercial durante 12h, evidencia un nivel de degradación de 92 mg/h. Concluyendo la alta capacidad de esta especie, además de la producción de etilenglicol durante el proceso de biodegradación.

Jiang et al. (2021) en su estudio compara el comportamiento de 3 especies para la biodegradación de plástico. *Tenebrio molitor*, *Galleria mellonella*, y *Zophobas atratus*, sometiendo a las larvas durante 30 días lograron observar que todos tienen el mismo potencial para degradar el compuesto, siendo el *Z. morio* el mayor.

Deras (2018) en su estudio sobre la supervivencia de la especie *Galleria mellonella* utilizando 50 larvas y distintas dietas de polietileno a lo largo de 15 días, logró determinar que el compuesto afecta negativamente al crecimiento y supervivencia de la especie, indicando que no es favorable para la biodegradación.

Peng et al. (2020) en su investigación evaluaron la capacidad de las larvas *Z. atratus* para digerir EPS y LDPE. Para ello utilizaron 100 larvas en un periodo de 33 días bajo una temperatura de 25°C, logrando una degradación de 58.7 y 61.1 respectivamente.

Jiang et al. (2021) en su investigación analizaron la bacteria intestinal de la especie *G. mellonella* para comparar su biodegradación en plásticos con otras bacterias. Después de 30 días obtuvieron que la bacteria logró degradar el PS en 12.97%, concluyendo que el porcentaje es igual de bueno que otras bacterias previamente identificadas y la posibilidad de degradar otros tipos de plásticos como el PET y PP.

Kundungal, Synshiang y Purushothaman (2021) en su investigación tuvieron como objetivo evaluar la biodegradación de plástico con larvas de escarabajo. Utilizando 100 larvas durante 28 días, lograron determinar un 89% y 84% de degradación para el PS y PS-WC respectivamente.

Peng et al. (2020) evaluaron la biodegradación de plástico utilizando la especie *T. molitor*. Durante un periodo de 16 días bajo 25°C, lograron determinar un nivel de degradación de 36.6%.

El uso y la producción a nivel mundial del plástico han crecido exponencialmente desde el año 1950 con un aproximado de 9 millones de personas empleadas alrededor del mundo en la producción de polímeros. Actualmente, se estima una producción de 430 millones de toneladas anualmente para estos materiales plásticos, de los cuales productos de un solo uso y corta vida útil van en aumento. Un reciente estudio demuestra que si la producción de plásticos sigue el ritmo actual podría triplicarse para el año 2060, afectando negativamente al medio ambiente, a la salud humana y la economía (United Nations Environment Programme, 2023).

Según sus propiedades, el plástico puede dividirse en termoplásticos, termoestables y elastómeros (Asiandu, Wahyudi y Widiya, 2022). Los

termoplásticos son compuestos que cambian su estructura mediante la temperatura, pueden derretirse cuando se someten a altas temperaturas y endurecerse cuando se someten a temperaturas bajas (Asiandu, Wahyudi y Widiya, 2021).

Por otro lado, los plásticos suelen categorizarse según el Código de Identificación Plástico, el cual es utilizado en las industrias para permitirnos identificar el tipo de plástico de los materiales y su susceptibilidad a ser reciclados, tal y como se muestra en la **Figura 1**. Según la UNEP (2021) la clasificación es la siguiente:

PET: Tereftalato de Polietileno, utilizado comúnmente en envases domésticos como botellas de bebidas, botellas de medicamentos, bandejas de alimentos, recipientes, peines y cuerdas. HDPE: Polietileno de Alta Densidad, utilizado generalmente en la fabricación de paquetes de dulces, envases de leche, productos de limpieza y juguetes. PVC: Cloruro de Polivinilo, utilizado para la fabricación de tuberías, productos de cuero sintético y revestimiento de cables y alambres. LDPE: Polietileno de baja densidad, utilizado para bolsas plásticas, plástico de burbujas y envolturas adhesivas. PP: Polipropileno, utilizado en almacenamiento de alimentos, tapas de botellas plásticas, botellas de yogurt, pajillas y fibras de tejidos. PS: Poliestireno Expandido, utilizado en forma de espuma para la protección de productos delicados, flotadores y en forma rígida como piezas de juguetes y materiales de laboratorio como cajas Petri. Otros: Refiere a todos los demás tipos de plásticos difíciles de reciclar o incluso a la combinación de estos.

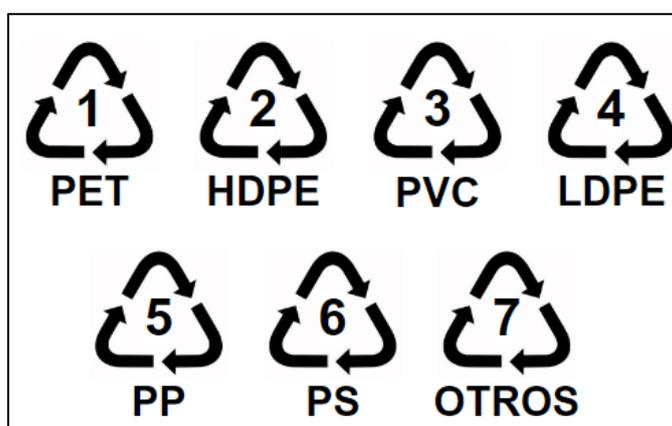


Figura 1. Código de Identificación del Plástico

Fuente: DKV Seguros y ECODES, (2019)

El tereftalato de polietileno o PET por sus siglas en inglés, es uno de los materiales plásticos más utilizados por industrias en todo el mundo debido a su excelente combinación mecánica, y propiedades químicas y térmicas (Chen et al., 2019).

Dentro de las propiedades del PET se encuentran su alta resistencia al desgaste y al plegado, una alta resistencia térmica y química. También posee una excelente barrera ante el CO₂, transparente y liviano. Dichas características lo hacen ideal para la fabricación de almacenamiento de bebidas y alimentos. En la **Figura 2** podemos apreciar la composición de este polímero.

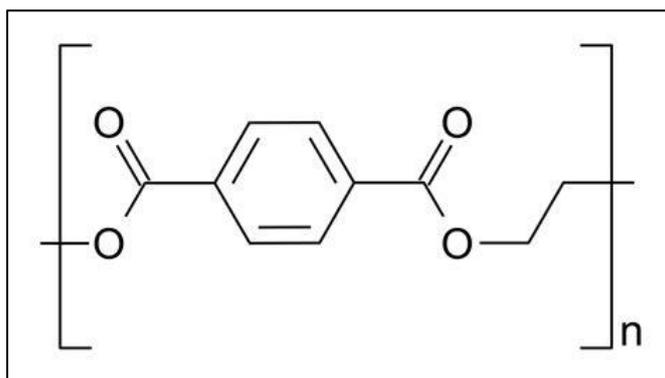


Figura 2. Estructura química del Tereftalato de Polietileno

Fuente: Baldera et al. (2022)

Este polímero derivado del petróleo es incapaz de degradarse naturalmente en el ambiente (Nistico, 2020), por lo que el reciclaje es una opción a considerar ya que este tipo de plástico es el que mayor porcentaje de reciclaje tiene, sin embargo, la práctica a nivel mundial no es la esperada. Según un estudio de Zero Waste Europe (2022) las cifras respecto al reciclaje de botellas de PET rozan apenas el 30%. Asimismo, los procesos de reciclaje para este componente son de alto costo lo cual limita su ejecución (Pérez, 2020).

La Biodegradación por su parte, muestra una alternativa eficaz y rentable para degradar los plásticos mediante procesos biológicos, además, comparado con otros procesos de degradación esta es mucho más amigable y ecológica con el medio ambiente (Liu et al., 2023).

Muchos microorganismos tienen la gran capacidad de descomponer polímeros mediante la secreción de enzimas, tanto a nivel celular como extracelular (Asiandu, Wahyudi y Sari, 2020). Cómo también de manera aeróbica o anaeróbica, es decir

con oxígeno y sin oxígeno (Zeenat et al., 2021). Adicionalmente, este proceso no daña ni altera de alguna manera a los organismos involucrados (Zielinska et al., 2020).

Desde 1950 diversos investigadores han encontrado la capacidad de digerir plástico en las larvas de escarabajos y polillas (Yang et al., 2023). Actualmente, existen reportes de especies de insectos capaces de degradar distintos tipos de plásticos, entre estos destacan las larvas de *Tenebrio molitor*, *Zophobas atratus* y *Galleria mellonella* L. (Yang et al., 2022), considerando a estas especies como “plástivoras”, capaces de digerir y metabolizar el plástico (Cassone et al., 2020). Por lo que es posible cultivar en gran escala estas larvas para agregarlas en los residuos plásticos y estas puedan transformar el material en otros componentes que puedan ser aprovechados de manera sostenible (Murray, Serrano y Miranda, 2021). Danso, Chow y Streit (2019) menciona que hay especies que degradan el plástico con gran eficiencia en al menos un par de semanas o incluso en algunas horas. Aun así, se debe seguir investigando más a fondo otras especies y su capacidad para degradar plásticos (Rodríguez, 2021).

La especie *Zophobas morio* pertenece a una gran familia de escarabajos (**Tabla 1**) cuya larva es comúnmente llamada gusano de la harina gracias a su relación con la harina de trigo. Por otro lado, en la naturaleza se ha relacionado con el guano del murciélago de fruta y la basura orgánica. Respecto a sus orígenes, se encuentra principalmente en regiones tropicales de América Central y América del Sur. Adicionalmente esta especie ha sido introducida en regiones de Europa y Asia (Rumbos y Athanassiou, 2021).

Tabla 1. Taxonomía de la especie *Z. morio*

<i>Zophobas morio</i>	
Reino	Animalia
Clase	Insecta
Orden	Coleoptera
Familia	Tenebrionidae
Género	Zophobas
Especie	Zophobas morio

Fuente: Florez (2018)

El ciclo de vida de esta especie empieza cuando los escarabajos adultos se aparean y ponen huevos, estos huevos suelen medir unos 1.7 mm y eclosionan después de 8 días. La etapa de larva se mantiene durante unas 6-7 semanas con una longitud de 55mm. Luego pasa al estado de pupa y salen del capullo después de 10-15 días. En su estado de escarabajo adulto llega a medir entre 38-57 mm y pueden vivir hasta 6 meses (**Figura 3**).

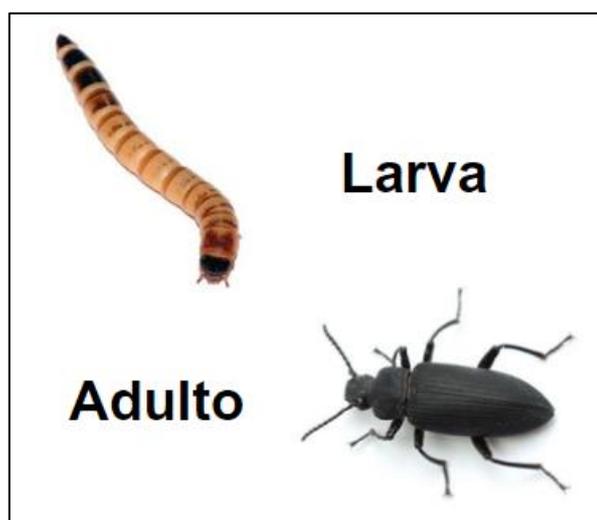


Figura 3. *Zophobas morio*

Fuente: Hobern (2009)

Estos insectos pueden consumir estos polímeros y degradarlos en sus intestinos con ayuda de su flora intestinal (Aboelkheir et al., 2019). Aunque dependiendo del tipo de polímero, varía la dependencia de estos microorganismos para el proceso de biodegradación (Yang et al., 2019). Por lo general, Tsochatzis et al. (2021) menciona que la flora intestinal es muy tolerante y al finalizar el proceso no termina dañada o con la presencia de contaminantes.

Por otro lado, la especie *Galleria mellonella* pertenece a la familia de las polillas (**Tabla 2**), se le conoce comúnmente como polilla de la cera debido a su dieta basada en miel, cera y piel de pupa de abeja como producto de la evolución en hábitats hostiles (Ruiz et al., 2022).

Tiene origen en el Occidente, pero actualmente se encuentra distribuida en todos los continentes. Su hábitat natural se encuentra relacionado con las colmenas de las abejas.

Tabla 2. Taxonomía de la especie *G. mellonella*

<i>Galleria mellonella</i>	
Reino	Animalia
Clase	Insecta
Orden	Lepidoptera
Familia	Pyralidae
Género	Galleria
Especie	Galleria mellonella

Fuente: Florez (2018)

Respecto a su ciclo de vida, los huevos de esta especie suelen medir en promedio 0.478 mm y eclosionan después de 8 días. En la etapa de larva, al nacer llegan a medir entre 1-3 mm y antes de la etapa de pupa hasta 30 mm, mantienen su etapa de larva durante 30 días. Luego de 12 días en el estado de pupa la polilla sale del capullo llegando a medir entre 15-20 mm (**Figura 4**). Durante su etapa adulta pueden vivir entre 2-5 meses (Kwadha, 2017).

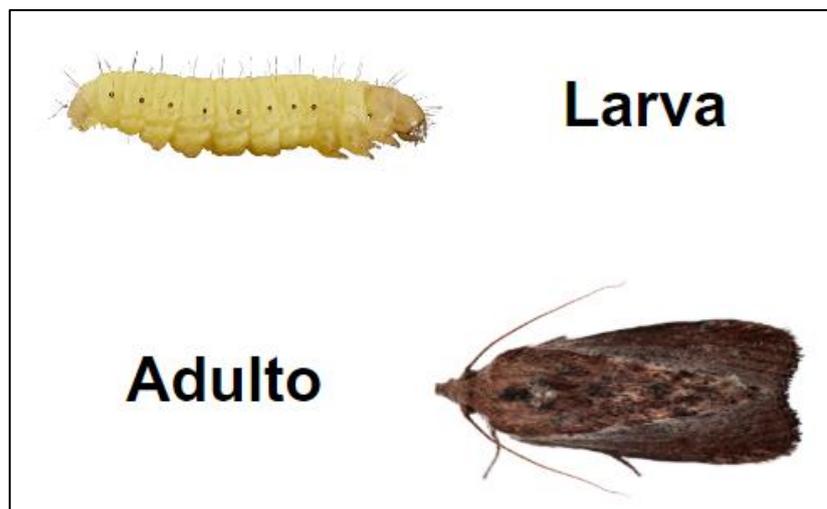


Figura 4. *Galleria mellonella*

Fuente: Karwath (2005)

Kong et al. (2019) menciona que la especie es capaz de degradar el plástico ya que la estructura del polímero es muy similar a la cera de abeja que está acostumbrados digerir. Gran parte de la degradación es debida al rol de los microorganismos presentes en los intestinos de la especie los microorganismos intestinales de la *G. mellonella* (Zhang et al., 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es Aplicada, según Baena (2017) en este tipo de investigación se busca evaluar una problemática y encontrar una respuesta, aportando así nuevos conocimientos que puedan resultar útiles para la ciencia.

El diseño de la investigación es experimental, según Arias (2020) en un diseño de esta índole se tiene control o manipulación de las variables. Es decir, la independiente sobre la dependiente.

El enfoque es Cuantitativo, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) una investigación cuantitativa debe ser de carácter objetivo, siguiendo procesos lógicos los cuales nos proporcionarán datos confiables y validados para formular y demostrar teorías.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*.

Variable dependiente: Biodegradación de Tereftalato de polietileno (PET).

En función a las variables identificadas se elaboró la matriz de operacionalización la cual se presenta en el **Anexo 1**; donde apreciamos las definiciones conceptuales y operacionales, así como también la identificación de las dimensiones con sus respectivos indicadores.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población corresponde a un conjunto de elementos con ciertas características (Hernández, Fernández y Baptista, 2017). La población de la investigación fue las botellas plásticas de Tereftalato de Polietileno (PET) distribuidas en la ciudad de Lima, Perú.

Muestra

La muestra por su parte es un subconjunto representativo de la población correspondiente (Baena, 2017). Por lo que la muestra de estudio utilizada fue de 24 botellas plásticas de Tereftalato de Polietileno (PET).

Muestreo

La técnica de muestreo utilizado en esta investigación fue la del muestreo no probabilístico intencional, ya que todas las muestras fueron seleccionadas por conveniencia y criterio del autor. Según Hernández, Fernández y Baptista (2017) un muestreo no probabilístico no está relacionado con la probabilidad, sino que depende directamente de las características del investigador.

Unidad de análisis

La unidad de análisis es la botella de plástico de Tereftalato de Polietileno (PET).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Con lo que respecta a la técnica de recolección de datos, se utilizó la técnica de observación, ya que al ser esta investigación netamente experimental las variables son manejables y los datos fueron recolectados por el investigador para su posterior análisis e interpretación.

Los instrumentos de recolección fueron las fichas ubicadas en el **Anexo 02**, Ficha 1: Formato de recolección de datos de las características de las larvas, Ficha 2: Formato de recolección de datos del proceso de biodegradación. Dichos instrumentos fueron validados a través del método de juicio de expertos, por tres docentes de la UCV.

3.5 Procedimientos

Los procedimientos de la investigación se dividieron en 3 etapas, tal y como se muestra en la **Figura 5**.

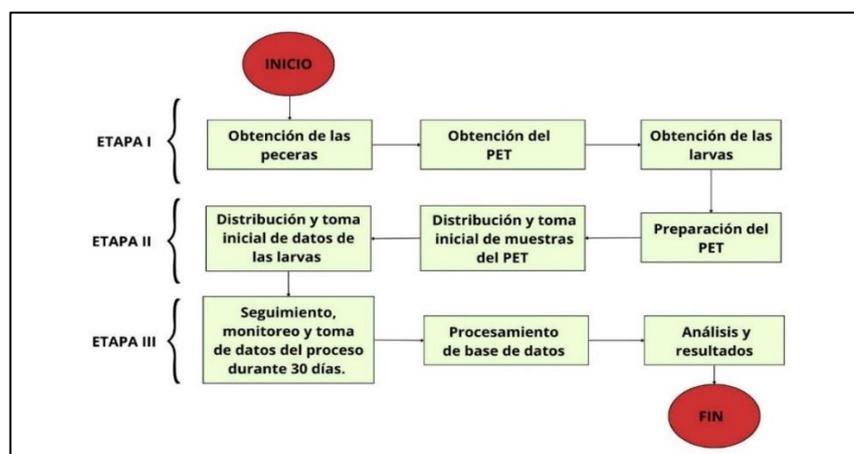


Figura 5: Diagrama de procesos

ETAPA I

- Obtención de las peceras: Se utilizaron 6 peceras de vidrio como recipientes para las larvas y el PET (Figura 6), con medidas de aproximadamente de 30x30 cm.



Figura 6: Obtención de peceras.



- Obtención del PET: Se procedió a recolectar botellas plásticas de gaseosas y de agua distribuidas en la ciudad de Lima, como se observa en la Figura 7.

Figura 7: Obtención de botellas de PET.

- Obtención de las larvas: Se obtuvieron 200 larvas de *Zophobas morio* y 200 larvas de *Galleria mellonella*, como se aprecia en las Figuras 8 y 9



Figura 8: Larvas de *G. mellonella*



Figura 9: Larvas de *Z. morio*

ETAPA II

- Preparación del PET: Una vez obtenida la cantidad requerida de botellas plásticas se limpiaron y adecuaron para la muestra.
- Distribución y toma inicial de muestras del PET: Se pesó la muestra inicial de 10g de PET y se distribuyó en cada uno de los recipientes.

- Distribución y toma inicial de datos de las larvas: Se tomaron las medidas iniciales de cada larva (longitud y peso) y se distribuyó de la siguiente manera segunda cara recipiente, 20, 30 y 40.
- Contando finalmente con 3 tratamientos de cada especie haciendo un total de 6 unidades experimentales (**Figura 10**).



Figura 10: Distribución final de unidades experimentales.

ETAPA III

- Seguimiento, monitoreo y toma de datos del proceso: Se monitoreó el proceso de biodegradación durante 30 días y se tomó nuevamente los datos del peso del PET, el peso de las larvas y su longitud durante los días 10, 20 y 30.
- Procesamiento de base de datos: Finalmente los datos obtenidos fueron llevados a una base de datos donde se les dio el debido procesamiento para los análisis y resultados.

3.6 Método de análisis de datos

Los datos obtenidos en la investigación a través de los tratamientos presentados fueron analizados a través de la herramienta SPSS (Paquete Estadístico para Ciencias Sociales). Adicionalmente las tablas y figuras se realizaron en el Software de Microsoft Excel.

3.7 Aspectos éticos

Los resultados de esta investigación fueron presentados en su totalidad originalidad y sin haber alterado ningún dato, esto para preservar la veracidad y ética de los análisis. Asimismo, las técnicas e instrumentos de recolección de datos fueron debidamente validadas por expertos del área correspondiente. Toda información externa utilizada en esta investigación dígase: artículos, revistas y tesis; fueron debidamente citadas y referenciadas según la Norma ISO 690, respetando a los autores y la calidad de sus trabajos. La veracidad y originalidad de esta investigación se está bajo la supervisión del Software Turnitin proporcionado por la Universidad César Vallejo, tal como se menciona en la Resolución Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV.

IV. RESULTADOS

4.1 Análisis de las características de las larvas para la Biodegradación del Tereftalato de Polietileno (PET)

Zophobas morio

Tabla 3. Características físicas de las larvas *Zophobas morio*.

<i>Zophobas morio</i>	TIEMPO (días)	PESO (g)	LONGITUD (cm)
	1	1.5	2
	10	1.7	4
	20	1.9	5
	30	2	5.5

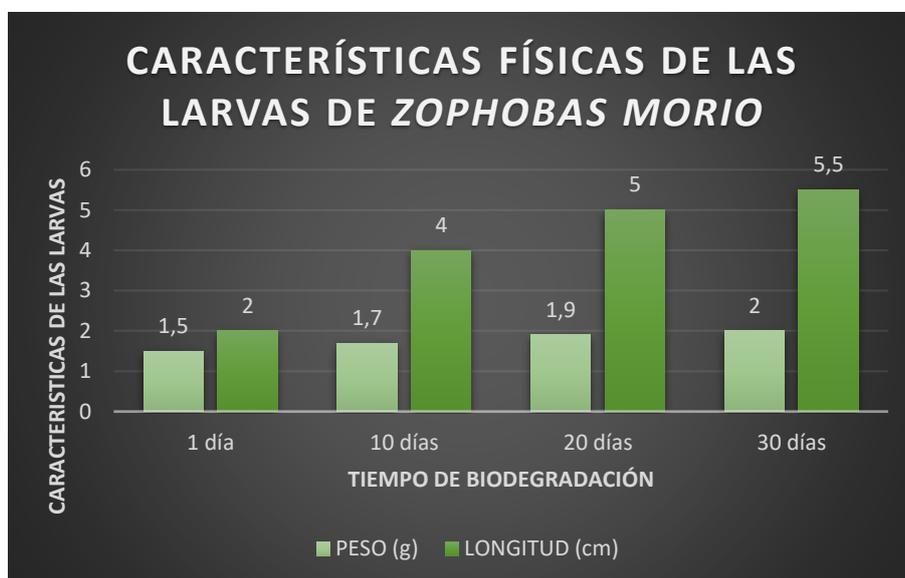


Figura 11. Características físicas de las larvas *Zophobas morio*.

En la **Tabla 3** y la **Figura 11**, se muestra que el inicio del proceso de biodegradación del Tereftalato de Polietileno (PET) el peso de las larvas de *Zophobas morio* fue de 1.5 g y una longitud de 2 cm. En el día 10 del proceso, las larvas presentaron un peso de 1.7 g y una longitud de 4 cm. En el día 20, presentaron un peso 1.9 y una longitud de 5 cm. Por último, al final el proceso las larvas presentaron un peso de 2 g y una longitud de 5.5. Teniendo que el peso y la longitud de las larvas fue aumentando en relación al tiempo del proceso.

Galleria mellonella

Tabla 4. Características físicas de las larvas *Galleria mellonella*.

<i>Galleria mellonella</i>	TIEMPO (días)	PESO (g)	LONGITUD (cm)
	1	0.5	0.7
	10	1	0.8
	20	1	2
	30	1.2	2

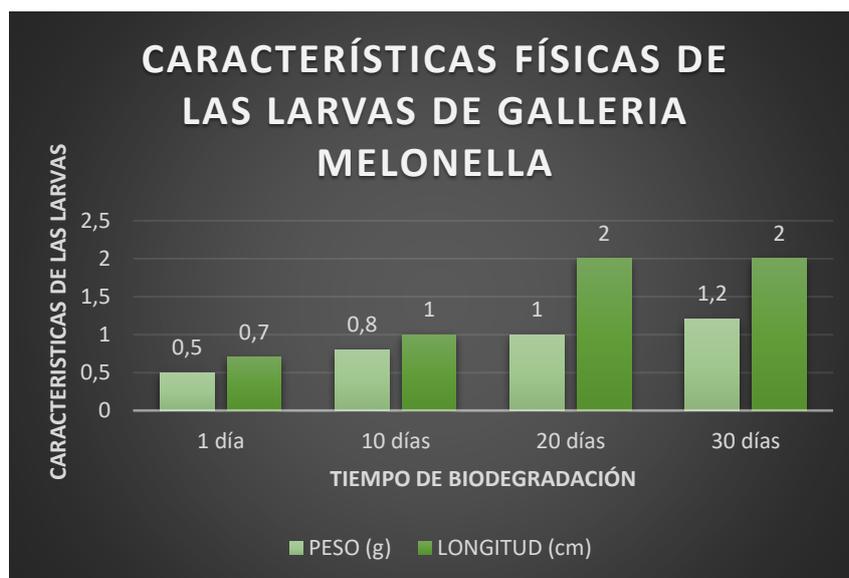


Figura 12. Características físicas de las larvas *Galleria mellonella*.

En la **Tabla 4** y la **Figura 12**, se muestra que el inicio del proceso de biodegradación del Tereftalato de Polietileno (PET) el peso de las larvas de *Galleria mellonella* fue de 0.5 g y una longitud de 0.7 cm. En el día 10 del proceso, las larvas presentaron un peso de 1 g y una longitud de 0.8 cm. En el día 20, presentaron un peso 1 g y una longitud de 2 cm. Por último, al final el proceso las larvas presentaron un peso de 1.2 g y una longitud de 2 cm. Teniendo que el peso y la longitud de las larvas fue aumentando en relación al tiempo del proceso.

4.2 Análisis del tiempo de mayor reducción del Tereftalato de Polietileno (PET) según la cantidad de las larvas

Zophobas morio

Tabla 5. Proceso de la biodegradación del PET en 30 días según *Zophobas morio*.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	1d	10d	20d	30d
<i>Zophobas morio</i>	20	0.25	10	9.81	9.65	9.51
		0.89	10	9.85	9.69	9.55
	30	0.25	10	9.75	9.22	8.80
		0.89	10	9.78	9.27	8.85
	40	0.25	10	9.61	8.90	8.22
		0.89	10	9.69	8.93	8.25

Tabla 6. Reducción del PET en gramos cada 10 días según *Zophobas morio*.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	10d	20d	30d
<i>Zophobas morio</i>	20	0.25	0.19	0.16	0.14
		0.89	0.15	0.16	0.14
	30	0.25	0.25	0.53	0.42
		0.89	0.22	0.51	0.42
	40	0.25	0.39	0.71	0.68
		0.89	0.31	0.76	0.68

En la **Tabla 5** y la **Tabla 6**, se muestra la reducción del PET durante el proceso de biodegradación con el uso de larvas de *Zophobas morio* en relación al tiempo que fue de 30 días. Recopilando los datos cada 10 días, se calculó los gramos perdidos cada 10 días, teniendo que las mayores cantidades de reducción se dieron a los 20 días, siendo 0.16 g para el uso de 20 larvas, 0.53 g y 0.51 g para el uso de 30 larvas y 0.71 g y 0.76 g para el uso de 40 larvas.

Galleria mellonella

Tabla 7. Proceso de la biodegradación del PET en 30 días según *Galleria mellonella*.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	1d	10d	20d	30d
<i>Galleria mellonella</i>	20	0.25	10	9.91	9.82	9.65
		0.89	10	9.92	9.83	9.66
	30	0.25	10	9.90	9.70	9.60
		0.89	10	9.92	9.72	9.61
	40	0.25	10	9.82	9.72	9.54
		0.89	10	9.84	9.73	9.55

Tabla 8. Reducción del PET en gramos cada 10 días según *Galleria mellonella*.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	10d	20d	30d
<i>Galleria mellonella</i>	20	0.25	0.09	0.09	0.17
		0.89	0.08	0.09	0.17
	30	0.25	0.10	0.20	0.10
		0.89	0.08	0.20	0.11
	40	0.25	0.18	0.10	0.18
		0.89	0.16	0.11	0.18

En la **Tabla 7** y la **Tabla 8**, se muestra la reducción del PET durante el proceso de biodegradación con el uso de larvas de *Zophobas morio* en relación al tiempo que fue de 30 días. Recopilando los datos cada 10 días, se calculó los gramos perdidos cada 10 días, teniendo que las mayores cantidades de reducción se dieron a los 30 días para el uso de 20 larvas y 40 larvas, con 0.17 g y 0.18 g respectivamente. Y para el uso de 30 larvas, el mayor tiempo de reducción se dio a los 20 días, con 0.20 g.

4.3 Análisis del nivel de biodegradación del Tereftalato de Polietileno (PET)

Zophobas morio

Tabla 9. Nivel de biodegradación del PET según larvas de ZM.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	Pi (g)	Pf (g)	Nivel de REDUCCIÓN (g)
<i>Zophobas morio</i>	20	0.25	10	9.51	0.49
		0.89	10	9.55	0.45
	30	0.25	10	8.80	1.20
		0.89	10	8.85	1.15
	40	0.25	10	8.22	1.78
		0.89	10	8.25	1.75

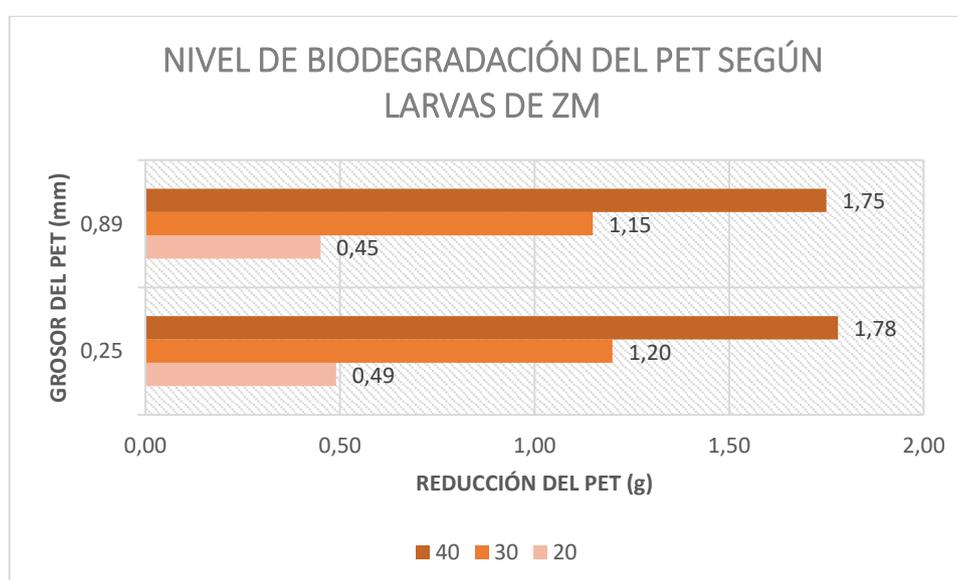


Figura 13. Nivel de biodegradación del PET según larvas de ZM.

En la **Tabla 9** y la **Figura 13**, se muestran los niveles de reducción del PET según las larvas de ZM. Para el uso de 20 larvas el nivel de reducción fue de 0.49 g para un grosor de 0.25 mm de PET y 0.45 g para un grosor de 0.89 mm. Para el uso de 30 larvas el nivel de reducción fue de 1.20 g para un grosor de 0.25 mm de PET y 1.15 g para un grosor de 0.89 mm. Para el uso de 40 larvas el nivel de reducción fue de 1.78 g para un grosor de 0.25 mm de PET y 1.75 g para un grosor de 0.89 mm. Teniendo que el mayor nivel de reducción se dio con un menor grosor de PET y 40 larvas.

Galleria mellonella

Tabla 10. Nivel de biodegradación del PET según larvas de GM.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	Pi (g)	Pf (g)	Nivel de REDUCCIÓN (g)
<i>Galleria mellonella</i>	20	0.25	10	9.65	0.35
		0.89	10	9.66	0.34
	30	0.25	10	9.60	0.40
		0.89	10	9.61	0.39
	40	0.25	10	9.54	0.46
		0.89	10	9.55	0.45

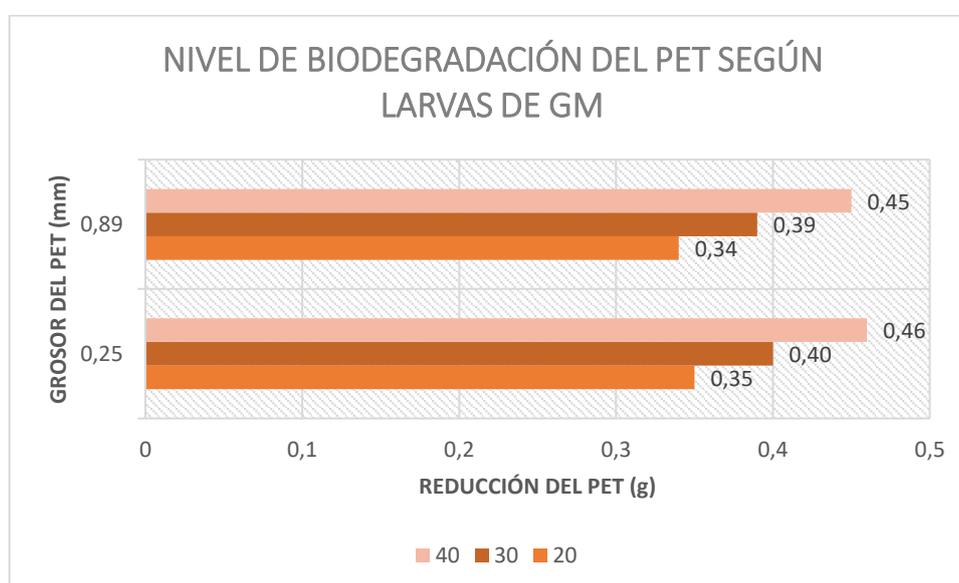


Figura 14. Nivel de biodegradación del PET según larvas de GM.

En la **Tabla 10** y la **Figura 14**, se muestran los niveles de reducción del PET según las larvas de GM. Para el uso de 20 larvas el nivel de reducción fue de 0.35 g para un grosor de 0.25 mm de PET y 0.34 g para un grosor de 0.89 mm. Para el uso de 30 larvas el nivel de reducción fue de 0.40 g para un grosor de 0.25 mm de PET y 0.39 g para un grosor de 0.89 mm. Para el uso de 40 larvas el nivel de reducción fue de 0.46 g para un grosor de 0.25 mm de PET y 0.45 g para un grosor de 0.89 mm. Teniendo que el mayor nivel de reducción se dio con un menor grosor de PET y 40 larvas.

4. 4 Análisis del porcentaje de reducción del Tereftalato de Polietileno (PET)

Zophobas morio

Tabla 11. Porcentajes de reducción del PET según larvas de ZM.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	Pi	Pf	% REDUCCIÓN
<i>Zophobas morio</i>	20	0.25	10	9.51	5.15
		0.89	10	9.55	4.71
	30	0.25	10	8.80	13.64
		0.89	10	8.85	12.99
	40	0.25	10	8.22	21.65
		0.89	10	8.25	21.21

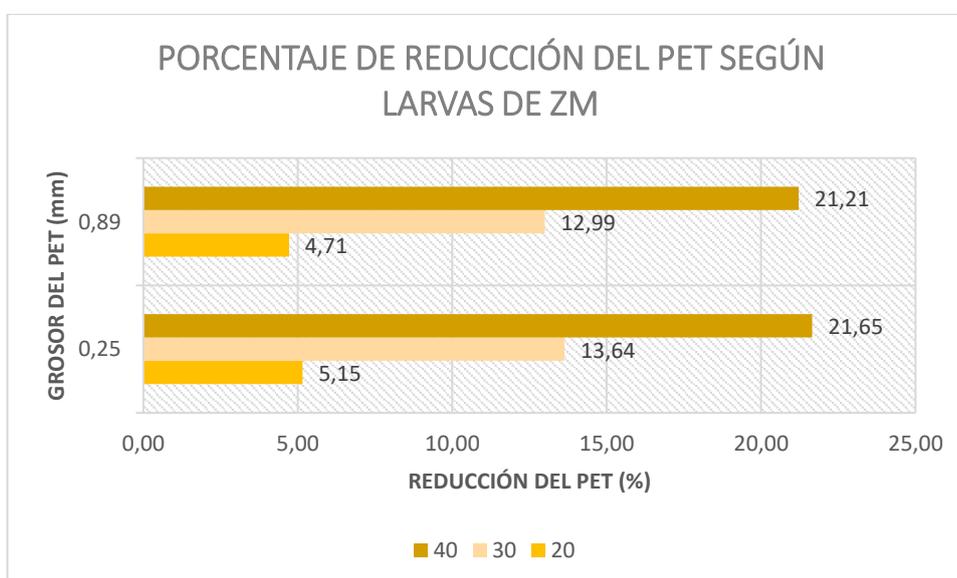


Figura 15. Porcentajes de reducción del PET según larvas de ZM.

En la **Tabla 11** y la **Figura 15**, se muestra que el porcentaje de reducción de PET para la cantidad de 20 larvas y un grosor de 0.25 mm fue de 5.15% y 4.71% para un grosor de 0.89 mm, para la cantidad de 30 larvas y un grosor de 0.25 mm fue de 13.64% y 12.99% para un grosor de 0.89, para la cantidad de 40 larvas y un grosor de 0.25 mm fue de 21.65% y 21.21% para un grosor de 8.89 mm.

Galleria mellonella

Tabla 12. Porcentajes de reducción del PET según larvas de GM.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	Pi	Pf	% REDUCCIÓN
Galleria mellonella	20	0.25	10	9.65	3.63
		0.89	10	9.66	3.52
	30	0.25	10	9.60	4.17
		0.89	10	9.61	4.06
	40	0.25	10	9.54	4.82
		0.89	10	9.55	4.71

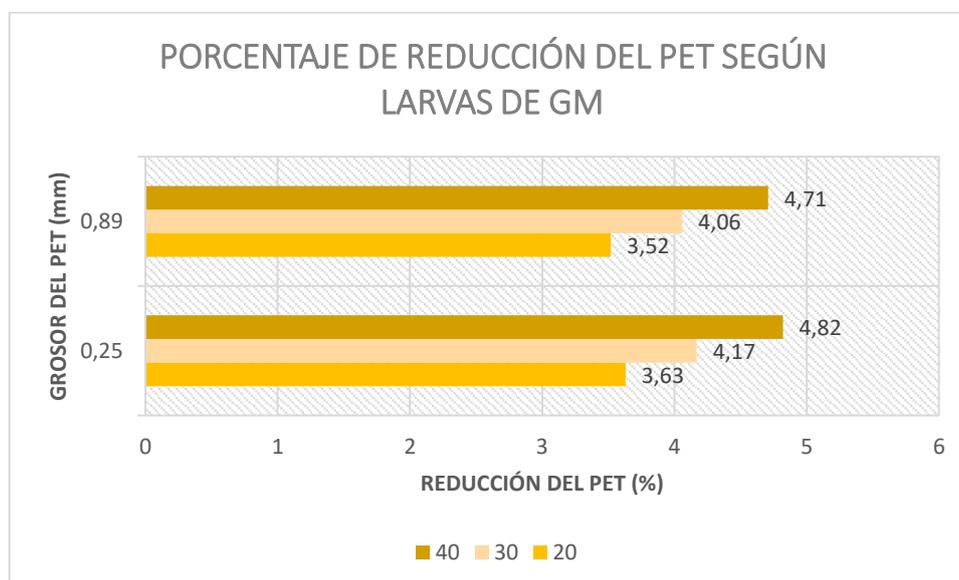


Figura 16. Porcentajes de reducción del PET según larvas de GM.

En la **Tabla 12** y la **Figura 16**, se muestra que el porcentaje de reducción de PET para la cantidad de 20 larvas y un grosor de 0.25 mm fue de 3.63% y 3.52% para un grosor de 0.89 mm, para la cantidad de 30 larvas y un grosor de 0.25 mm fue de 4.17% y 4.06% para un grosor de 0.89 mm, para la cantidad de 40 larvas y un grosor de 0.25 mm fue de 4.82% y 4.71% para un grosor de 8.89 mm.

4. 5 Análisis de la biodegradación del tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella*

Tabla 13. Proceso de la biodegradación del PET mediante el uso de larvas de ZM y GM.

ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (mm)	Pi	Pf	Nivel de REDUCCIÓN	% REDUCCIÓN
<i>Zophobas morio</i>	20	0.25	10	9.51	0.49	5.15
		0.89	10	9.55	0.45	4.71
	30	0.25	10	8.80	1.20	13.64
		0.89	10	8.85	1.15	12.99
	40	0.25	10	8.22	1.78	21.65
		0.89	10	8.25	1.75	21.21
<i>Galleria mellonella</i>	20	0.25	10	9.65	0.35	3.63
		0.89	10	9.66	0.34	3.52
	30	0.25	10	9.60	0.40	4.17
		0.89	10	9.61	0.39	4.06
	40	0.25	10	9.54	0.46	4.82
		0.89	10	9.55	0.45	4.71

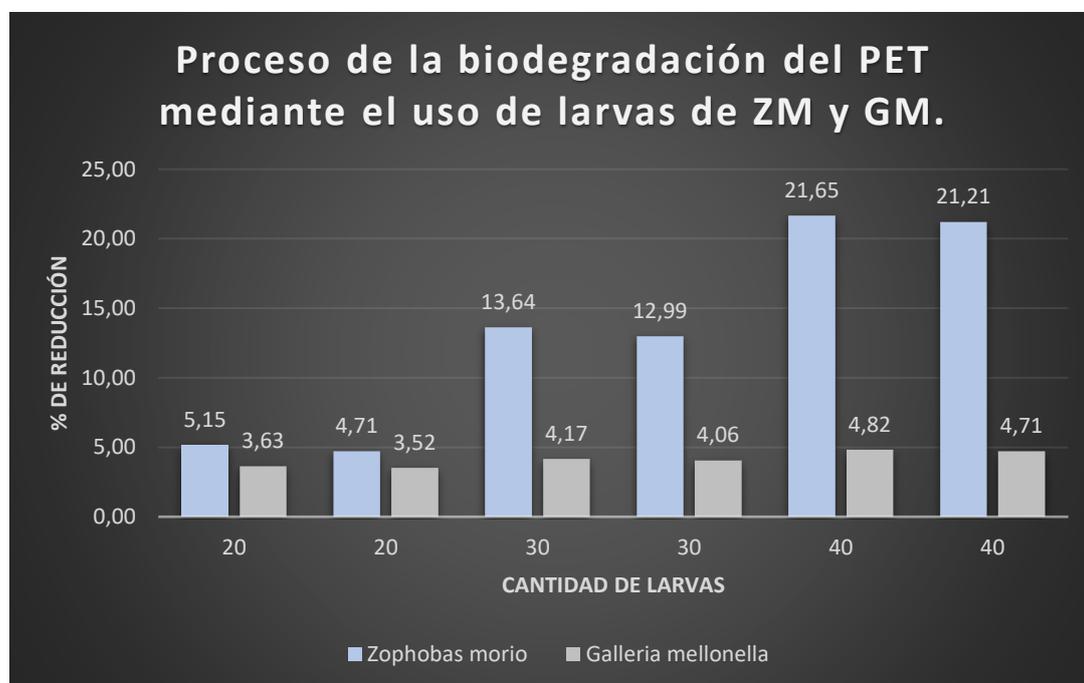


Figura 17. Proceso de la biodegradación del PET mediante el uso de larvas de ZM y GM.

De la tabla 13 y la Figura 17, se muestran que los resultados del proceso de biodegradación mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* y **Galleria mellonella**. Teniendo que la aplicación de las larvas de ZM presentó mayores resultados a los de las larvas de GM.

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación afirman que las larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella* son capaces de degradar el Tereftalato de Polietileno (PET), por otro lado, Gallardo y López (2021) mencionaron que la especie *Zophobas morio* es incapaz de degradar el PET ya que este plástico es más resistente que otros como el EPS o el PEBD, contrarrestando con los resultados obtenidos. Mientras que, Deras (2018) expone que la especie *Galleria Mellonella* no es efectiva para la biodegradación ya que en su investigación a nivel laboratorio presentó que el consumo de plásticos disminuye la supervivencia de las larvas. Sin embargo, Kundungal, Synshiang y Purushothaman (2021) agregan que utilizar larvas de escarabajo para la biodegradación de plásticos refiere un alto índice de efectividad, afirmando en su investigación que la reducción de plástico mediante estas larvas promete una alternativa viable para tratar esta problemática que llevamos lidiando durante muchos años.

Existe un aumento de las características de las larvas durante todo el proceso de biodegradación, siendo que las larvas ganaban peso y aumentaban su tamaño mientras reducían el PET. Bajo una temperatura promedio de 21°C la cantidad de 40 larvas, logró reducir en mayor medida el material. Florez (2018) aplicó una metodología donde utilizó una cantidad de 40 larvas de la polilla de cera con distintas muestras de plástico y presentó resultados favorables en el desarrollo de las larvas, mencionando que existe una relación positiva entre el peso y longitud y el tiempo. Asimismo, Espinoza (2018) utilizando una cantidad de 30 larvas con diferentes tipos de plástico en su investigación bajo una temperatura promedio obteniendo buenos resultados, afirmando que el aumento de las características de las larvas en relación al tiempo corresponde a una gran capacidad para el consumo de plástico. Asimismo, Yang et al. (2020) encuentra en su investigación que con una temperatura de 25°C las larvas pueden vivir y crecer sin algún tipo de complicaciones. Por lo que someter a las larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella* a una dieta basada en plástico no afecta negativamente a las especies, siendo que en todo el desarrollo del proceso mostraron un crecimiento normal.

Respecto al tiempo de biodegradación, durante el proceso de biodegradación se tomaron los datos cada 10 días durante 30 días, por lo que se evaluó cuanto fue la reducción del plástico cada 10 días. Encontrado que para las larvas de *Zophobas morio* los mejores resultados de reducción del PET se encontraron durante los 20 días mientras que para las larvas de *Galleria mellonella* los mejores resultados que se encontraron para la reducción del PET se encontraron en los 30 días, teniendo que los mejores tiempos de la biodegradación se dieron entre los 20 y 30 días. Coincidiendo con Huarancca (2021) que en su investigación de biodegradación utilizando larvas, evaluó el proceso durante 30 días obteniendo resultados mayores en los primeros 20 días del proceso. Así mismo, Yang, Wang y Xia (2019) evaluaron la pérdida de la masa cada 7 días duran 28 días, encontrando los mayores resultados en los días cercanos a 20. Asimismo, Jiang et al. (2021) evaluaron el potencial de distintas larvas durante 30 días, obteniendo datos cada 5 días, evidenciaron que los mayores resultados de reducción se dieron entre los 20, y 25 días. Por lo que se puede entender que durante los 20 y 30 días las larvas suelen consumir en mayor medida el plástico debido a que se encuentran en su etapa joven.

Mediante el uso de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella* para degradar el Tereftalato de Polietileno (PET) se evidenciaron niveles de biodegradación, con pesos iniciales de 10 g de plástico se obtuvieron pesos finales de 8.25 y 8.22 g para el uso de ZM, es decir una reducción total de 1.75 g y 1.178 g. De la misma manera, se encontraron pesos finales de 9.55 y 9.54 g para el uso de GM, es decir un reducción total de 0.45 g y 0.46 g. Siendo estos resultados mayores a los presentados por Yang, Wang y Xia (2018) que fueron de 0.58 mg/d.

Finalmente los porcentajes de reducción del PET se obtuvieron del peso inicial del plástico y el peso final, teniendo diferentes porcentajes según las muestras utilizadas, de las muestras con *Zophobas morio* el mayor porcentaje que se encontró fue de 21.65 % mientras que de las muestras con *Galleria mellonella* el mayor porcentaje fue de 4.82%. Por otro lado, Jiang et al. (2021) al utilizar larvas de *Galleria mellonella* obtuvieron un porcentaje de reducción del 12.97%, mientras que Peng et al. (2020) utilizando gusanos de la haría obtuvieron un 36.6 % de reducción.

VI. CONCLUSIONES

1. La biodegradación del Tereftalato de polietileno (PET) mediante el uso de larvas de *Zophobas morio* presentó mejores resultados el uso de larvas de *Galleria mellonella*, por lo que el uso de *Zophobas morio* es más efectiva para la degradación del PET
2. Las características de las larvas de *Zophobas morio* y *Galleria mellonella* fueron aumentando con respecto al tiempo del proceso, presentando mejores resultados para la biodegradación del PET con 40 unidades bajo una temperatura ambiente promedio de 21°C.
3. El tiempo donde se presentó la mayor biodegradación con las larvas de *Zophobas morio* fue durante los 20 días, mientras que con las larvas de *Galleria mellonella* según los datos obtenidos, fue durante los 30 días.
4. El nivel de biodegradación del PET con larvas de *Zophobas morio* fue de 1.75 g y con larvas de *Galleria mellonella* fue de 0.46 g.
5. El porcentaje de reducción del PET mediante la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* fue de 21.65 % y el porcentaje de reducción del PET mediante la biodegradación con larvas *Galleria mellonella* 4.71%.

VII. RECOMENDACIONES

1. Utilizar cantidades mayores de larvas para obtener mejores resultados en la biodegradación de Tereftalato de polietileno (PET).
2. Considerar el tiempo en que las especies permanecen en estado de larvas para utilizarlas en el proceso sin interrupciones.
3. Utilizar recipientes adecuados que permitan la permanencia y conservación de las especies durante todo el proceso.
4. Utilizar otras especies y comparar sus resultados con las larvas presentadas en esta investigación, para evaluar la especie más eficiente en la biodegradación del Tereftalato de polietileno (PET).

REFERENCIAS

ABOELKHEIR, Mostafa [et al.]. The biodegradative effect of *Tenebrio molitor* Linnaeus larvae on vulcanized SBR and tire crumb. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 649, Agosto 2018. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.228>
ISSN: 0048-9697

ÁLVAREZ, Dolly y BOTACHE, Lina. Biodegradación de Plástico con Larvas del Coleóptero *Tenebrio molitor* como un aporte Interdisciplinar a la Biotecnología Ambiental. Tesis (Licenciatura en Biología). Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, 2020. Disponible en: http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/12205/Biodegradacion_de_Plastico_con_Larvas_Tm%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ARIAS, JOSÉ. Proyecto de tesis Guía para la elaboración [en línea]. Perú, Arequipa, 2020. [Fecha de consulta: 01 de junio]. Disponible en: www.agogocursos.com
ISBN: 978-612-00-5416-1

ASIANDU, Angga, WAHYUDI, Agus y WIDIYA, Septi. A Review: Plastics Waste Biodegradation Using Plastics-Degrading Bacteria. *Journal of Environmental Treatment Techniques* [en línea]. Vol. 9(1), Marzo 2021. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: [https://doi.org/10.47277/JETT/9\(1\)157](https://doi.org/10.47277/JETT/9(1)157)
ISSN: 2309-1185

ASIANDU, Angga, WAHYUDI, Agus y WIDIYA, Septi. AQUATIC PLASTICS WASTE BIODEGRADATION USING PLASTIC DEGRADING MICROBES. *J Microbiol Biotech Food Sci* [en línea]. Vol. 11(5), Abril 2022. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.3724>

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación [en línea]. 3ª ed. México: Grupo Editorial Patria, 2017. [Fecha de consulta: 01 de junio]. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com>
ISBN: 978-607-744-748-1

BALDERA, Yvan [et al.]. Biotechnological Aspects and Mathematical Modeling of the Biodegradation of Plastics under Controlled Conditions. *Polymers* [en línea]. Vol. 14, Enero 2022. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym14030375>

BOMBELLI, Paolo, HOWE, Cristopher y BERTOCCHINI, Federica. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth *Galleria mellonella*. *Current Biology* [en línea]. Vol. 27, Noviembre (2017). [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.02.060>

CASSONE, Bryan [et al.]. Role of the intestinal microbiome in low-density polyethylene degradation by caterpillar larvae of the greater wax moth, *Galleria mellonella*. *PROCEEDINGS B* [en línea], Vol. 287, Febrero 2020. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2020.0112>

CHAMPANALE, Claudia [et al.]. A Detailed Review Study on Potential Effects of Microplastics and Additives of Concern on Human Health. *Environmental Research and Public Health* [en línea]. Vol. 17, Febrero 2020. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi:10.3390/ijerph17041212>

CHÁVEZ, Eva y RIOFRIO, Isabel. Evaluación de la Influencia de la Función Digestiva del *Zophobas morio* en la Biodegradación de tres tipos de plástico. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/10937>

CHEN, Zhuozhi [et al.]. Efficient biodegradation of highly crystallized polyethylene terephthalate through cell surface display of bacterial PETase. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 709, diciembre 2019. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136138>

ISSN: 0048-9697

DANSO, Dominik, CHOW, Jennifer y STREIT, Wolfgang. Plastics: Environmental and Biotechnological Perspectives on Microbial Degradation. *Applied and Environmental Microbiology* [en línea]. Vol. 85, Septiembre 2019.

[Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1128/AEM.01095-19>

DE LA TORRE, Gabriel, MENDOZA, Lisseth y PILAR, Rosa. Microplastic contamination in market bivalve *Argopecten purpuratus* from Lima, Peru. *Manglar* [en línea]. Vol. 16(2), agosto 2019. [Fecha de consulta 30 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi:10.17268/manglar.2019.012>

DERAS, Gonzalo. Efecto del consumo del polietileno de baja densidad en el desarrollo de la polilla de la cera (*Galleria mellonella*, Lepidóptera: Pyralidae). Tesis (Ingeniero en Ambiente y Desarrollo). Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2018. 19 pp. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/636>

DKV y ECODES. Contaminación por plásticos. Uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI. *Observatorio salud y medio ambiente* [en línea]. Noviembre 2019. [Fecha de consulta: 19 de jun de 2023]. Disponible en: <https://dkv.es/corporativo/observatorio-contaminacion-por-plasticos-2019>

ESPINOZA, Jacquelin. “Eficiencia de las larvas *Tenebrio Molitor* y *Galleria Mellonella* para la biodegradación de microplásticos de la playa Costa Azul, Ventanilla, Callao, 2018”. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/49181>

FLOREZ, Juan. Estudio de la Biodegradación en un Periodo de 8 Horas de Bolsas de Polietileno Empleando la Polilla de Cera (*Galleria mellonella*) Lepidoptera: Pyralidae. Tesis (Ingeniero Ambiental). Girardot: Universidad Cundinamarca, 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12558/4313>

GALLARDO, Aurora y LÓPEZ, Lucía. Estudio de la degradación de plásticos por larvas de insectos de la familia Tenebrionidae. Salamanca: Universidad de Salamanca, 2021. Disponible en: <http://repositorio.grial.eu/handle/grial/2522>

HÉRNANDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6ª ed. México: Mc Graw Hill Education, 2014. [Fecha de consulta: 01 de junio]. Disponible en:

<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

ISBN: 978-1-4562-2396-0

HORNA, Mónica. Eficiencia de la larva *Alphitobius diaperinus* para la biodegradación del polietileno de baja densidad y el poliestireno expandido. Tesis (Ingeniero Ambiental). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2020. 55 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48474>

HUARANCCA, Cosme. Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de *Tenebrio molitor linnaeus*, a nivel de laboratorio-Lima-2021. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. 115 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/67647>

JIANG, Shan [et al.]. Biodegradation of Polystyrene by *Tenebrio molitor*, *Galleria mellonella*, and *Zophobas atratus* Larvae and Comparison of Their Degradation Effects. *Polymers* [en línea]. Vol. 13, Octubre 2021. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym13203539>

JIANG, Shan [et al.]. Isolation, Identification, and Characterization of Polystyrene-Degrading Bacteria from the Gut of *Galleria Mellonella* (Lepidoptera: Pyralidae) Larvae. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* [en línea]. Vol. 9, Agosto 2021. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi:10.3389/fbioe.2021.736062>

KONG, Hyun [et al.]. The *Galleria mellonella* Hologenome Supports Microbiota-Independent Metabolism of Long-Chain Hydrocarbon Beeswax. *Cell Reports* [en línea]. Vol. 26, Febrero 2019. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.celrep.2019.02.018>

KUNDUNGAL, Harsha [et al.]. Biodegradation of polystyrene wastes by a newly reported honeybee pest *Uloma* sp. larvae: An insight to the ability of polystyrene-fed larvae to complete its life cycle. *Environment Challenges* [en línea]. Vol. 4, Marzo 2021. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100083>

ISSN: 2667-0100

KWADHA, Charles [et al.]. The Biology and Control of the Greater Wax Moth, *Galleria mellonella*. *Insects* [en línea]. Vol. 8(2), junio 2017. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi:10.3390/insects8020061>

LIU, Hongyo [et al.]. Identification, quantification and biodegradation of microplastics from personal care products and detergents by microorganism. *Journal of Water Process Engineering* [en línea]. Vol. 53, Abril 2023. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103754>

ISSN: 2214-7144

MURRAY, Guillermo, SERRANO, Montserrat y MIRANDA, Marco. Una inundación global de plásticos. *Revista Digital Universitaria* [en línea]. Vol. 22(4), Agosto 2021. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2021.22.4.10>

NISTICO, Roberto. Polyethylene terephthalate (PET) in the packaging industry. *Polymer Testing* [en línea]. Vol. 90, julio 2020. [Fecha de consulta 30 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.106707>

ISSN: 0142-9418

PENG, Bo-Yu [et al.]. Biodegradation of Polyvinyl Chloride (PVC) in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. *Environment International* [en línea]. Vol. 145, Septiembre 2020. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106106>

ISSN: 0160-4120

PENG, Bo-Yu. Biodegradation of low-density polyethylene and polystyrene in superworms, larvae of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad and limited extent depolymerization. *Environmental Pollution* [en línea]. Vol. 266, Julio 2020. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115206>

ISSN: 0269-7491

PÉREZ, Jorge. Biodegradación de tereftalato de polietileno: microorganismos, enzimas y perspectivas futuras. Tesis (Biología). San Cristóbal: Universidad de la Laguna, 2020. Disponible en: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/20671>

RODRÍGUEZ, Anluisa [et al.]. Biodegradación de espumas plásticas por larvas de insectos: ¿una estrategia sustentable? *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* [en línea]. Vol. 24, 2021. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.311>

ROYER, Sarah [et al.]. Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLOS ONE* [en línea]. Vol. 13 (8), Agosto 2018. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200574>

RUIZ, Juliana [et al.]. The Bacterial and Fungal Gut Microbiota of the Greater Wax Moth, *Galleria mellonella* L. Consuming Polyethylene and Polystyrene. *Frontiers in Microbiology* [en línea]. Vol. 13:918861, julio 2022. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.918861>

RUMBOS, C. y ATHANASSIOU, C. The Superworm, *Zophobas morio* (Coleoptera: Tenebrionidae): A 'Sleeping Giant' in Nutrient Sources. *Journal of Insect Science* [en línea]. Vol. 21(2), Febrero 2021. [Fecha de consulta: 19 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab014>

TRUJILLO, Lourdes y SIESQUEN, Blanca. "Utilización del gusano de cera (*Galleria mellonella*) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019". Tesis (Ingeniero Ambiental). Moyobamba: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/47724>

TSOCHATZIS, E.D [et al.]. Biodegradation of expanded polystyrene by mealworm larvae under different feeding strategies evaluated by metabolic profiling using GC-TOF-MS. *Chemosphere* [en línea]. Vol. 281, Mayo 2021. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130840>

ISSN: 0045-653

United Nations Environment Programme (2021). From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution. Nairobi. Disponible en: <https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine->

[litter-and-plastic-pollution](#)

ISBN: 978-92-807-3881-0

United Nations Environment Programme (2023). Turning off the Tap. How the world can end plastic pollution and create a circular economy. Nairobi.

Disponible en: <https://www.unep.org/resources/turning-off-tap-end-plastic-pollution-create-circular-economy>

ISBN: 978-92-807-4024-0

VELASCO, Miguel. "Biodegradación del polietileno de baja densidad, mediante el uso del lepidóptero *Gallería mellonella* bajo condiciones térmicas controladas en el 2017". Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/12614>

YANG, Li [et al.]. Biodegradation of expanded polystyrene and low-density polyethylene foams in larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae): Broad versus limited extent depolymerization and microbe-dependence versus independence. *Chemosphere* [en línea]. Vol. 262, Julio 2020. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127818>

ISSN: 0045-6535

YANG, Shan-Shan [et al.]. Biodegradation of polypropylene by yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) and superworms (*Zophobas atratus*) via gut-microbe-dependent depolymerization. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 756, Noviembre (2020). [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023].

Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144087>

ISSN: 0048-9697

YANG, Xian [et al.]. Plastic biodegradation by in vitro environmental microorganisms and in vivo gut microorganisms of insects. *Frontiers in Microbiology* [en línea]. Vol. 13:1001750, enero 2023. [Fecha de consulta: 19 de jun de 2023]. Disponible en: <https://doi:10.3389/fmicb.2022.1001750>

YANG, Yu, WANG, Jialei y XIA, Mengli. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating superworms *Zophobas atratus*. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 708, Noviembre (2019). [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135233>

ISSN: 0048-9697

ZEENAT [et al.]. Plastics degradation by microbes: A sustainable approach. *Journal of King Saud University – Science* [en línea]. Vol. 33, Junio 2021. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101538>

ISSN: 1018-3647

Zero Waste Europe (2022). How Circular Is PET? A report on the circularity of PET bottles, using Europe as a case study. Bélgica. Disponible en: <https://zerowasteurope.eu/library/how-circular-is-pet/>

ZHANG, Junqing [et al.]. Biodegradation of polyethylene microplastic particles by the fungus *Aspergillus flavus* from the guts of wax moth *Galleria mellonella*. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 704, Diciembre 2021. [Fecha de consulta: 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135931>

ISSN: 0048-9697

ZIELINSKA [et al.]. The impact of polystyrene consumption by edible insects *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* on their nutritional value, cytotoxicity, and oxidative stress parameters. *Food Chemistry* [en línea]. Vol. 345, Diciembre 2020. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128846>

ISSN: 0308-8146

ANEXOS

Anexo 01. Tabla de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	ESCALA
Larvas de Zophobas morio y Galleria mellonella	Zophobas morio: una especie de escarabajo, sus larvas son conocidas como gusanos de harina (Latney et al 2017). Galleria mellonella: conocida como polilla de cera, es un insecto lepidóptero capaz de degradar plástico. (Bombelli et al. 2017).	Se utilizarán diferentes cantidades de cada especie y se medirá el peso y longitud de estas mismas en relación a un determinado tiempo y temperatura.	Características adecuadas de las larvas	Can1 = 20 Can2 = 30 Can3 = 40	Unidad	Razón
				Peso de larva	g	Razón
				Longitud	cm	Razón
			Tiempo de biodegradación	Tiem1 = 1 Tiem2 = 10 Tiem3 = 20 Tiem4 = 30	días	Razón
				Temperatura	°C	Razón
			Biodegradación de Tereftalato de polietileno (PET)	Los plásticos pueden degradarse en microplásticos o nanoplásticos debido a procesos físicos y químicos causados por la intervención de procesos biológicos (Luo et al. 2018).	Como muestra se utilizarán botellas de plástico de distintas procedencias, realizando el debido pesaje antes y después del tratamiento para hallar el porcentaje de reducción.	Nivel de reducción de PET
Peso final	g	Razón				
Porcentaje de reducción de PET	Porcentaje de reducción $\% = \frac{(Pi - Pf)}{(Pi)} * 100$	%				Razón

Anexo 02. Instrumentos de Recolección de Datos



FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DEL PROCESO DE BIODEGRADACIÓN

Nº 02

TITULO:	Biodegradación de Tereftalato de polietileno (PET) mediante las larvas de Zophobas morio y Galleria mellonella - Lima, 2023						
AUTOR:	Angel Jose Arce Herrera						
FECHA	07/06/2023	ASESOR:	Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez				
ESPECIE	CANTIDAD	Grosor del PET (cm)	REDUCCIÓN DEL PLÁSTICO				% REDUCCIÓN
			1d	10d	20d	30d	
			Pi	P	P	Pf	
Zophobas morio	20						
	30						
	40						
Galleria mellonella	20						
	30						
	40						

Anexo 03: Validación de Instrumentos

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Lizaraburu Aguinaga Danny Alonso
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Asociado de la Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de recolección de datos de las características de las larvas.
- 1.5. Autor de Instrumento: Arce Herrera Angel Jose

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 21 de junio del 2023.


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

Danny Alonso Lizaraburu Aguinaga
 CIP 95556
 DNI 17640671

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente Asociado de la Universidad César Vallejo
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de recolección de datos del proceso de biodegradación.
- 5.5. Autor de Instrumento: Arce Herrera Angel Jose

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

Lima, 21 de junio del 2023.



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 Danny Alonso Lizarzaburu Aguinaga
 CIP 95556
 DNI 17640671

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de recolección de datos de las características de las larvas.
- 1.5. Autor de Instrumento: Arce Herrera Angel Jose

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Lima, 03 de julio del 2023.

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Acosta Suasnabar Eusterio Horacio
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de recolección de datos del proceso de biodegradación.
- 5.5. Autor de Instrumento: Arce Herrera Angel Jose

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

80%

Lima, 03 de julio del 2023.

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450
 RENACYT: P0030155

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de recolección de datos de las características de las larvas.
- 1.5. Autor de Instrumento: Arce Herrera Angel Jose

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 10 de julio del 2023.


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 DNI: 08447308
 CIP: 89772

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: Ordoñez Gálvez Juan Julio
- 5.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad Cesar Vallejo
- 5.3. Especialidad o línea de investigación: Tratamiento y Gestión de Residuos
- 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato de recolección de datos del proceso de biodegradación.
- 5.5. Autor de Instrumento: Arce Herrera Angel Jose

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 10 de julio del 2023.


 FIRMA DEL EXPERTO INEORMANTE
 Dr. Ing. JUAN JULIO ORDÓÑEZ GÁLVEZ
 DNI: 05447308
 CIP: 89772