



**Universidad César Vallejo**

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

**Biodegradación con larvas de *zophobas morio* en residuos de  
poliuretano y polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniera Ambiental**

**AUTORAS:**

Castro Evaristo, Kimberly Isabel ([orcid.org/0000-0002-1844-2486](https://orcid.org/0000-0002-1844-2486))  
Muñoz Escobar, Adriana Marcela Elvira ([orcid.org/0000-0003-1177-6042](https://orcid.org/0000-0003-1177-6042))

**ASESOR:**

Dr. Túllume Chavesta, Milton César ([orcid.org/0000-0002-0432-2459](https://orcid.org/0000-0002-0432-2459))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2023

## DEDICATORIA

En primer lugar, dedicamos la presente investigación a nuestros padres, debido a que todos nuestros logros son compartidos con ellos, quienes con tanto esfuerzo nos apoyaron tanto en el aspecto económico como emocional, con cada consejo, cada palabra de aliento, siempre impulsándonos a dar lo mejor de nosotras. Asimismo, se lo dedicamos a nuestros seres queridos que partieron, quienes querían vernos triunfar.

A nuestros hermanos para los cuales somos un ejemplo a seguir y nos dan la motivación de dar lo mejor de nosotras.

## AGRADECIMIENTO

Con mucha dedicación y esfuerzo se pudo concluir la primera parte de nuestra investigación con el apoyo de nuestro asesor el Dr. Milton César Túllume Chavesta, quien brindó apoyo incluso fuera de horario y cada revisión de avance fue muy profunda mejorando cada vez nuestro presente estudio. También, agradecer a nuestros padres por su apoyo en toda la trayectoria de la carrera hasta la actualidad, sin duda, fueron personas que inspiraron nuestras metas de vida. Finalmente, agradecemos a todas las personas que nos han apoyado incondicionalmente.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	15
3.1.1. Tipo de investigación .....	15
3.1.2. Diseño de investigación .....	15
3.2. Variables y operacionalización.....	16
3.2.1. Variable independiente .....	16
3.2.2. Variable dependiente .....	16
3.3. Población, muestra y muestreo.....	16
3.3.1. Población.....	16
3.3.2. Muestra.....	17
3.3.3. Muestreo.....	17
3.3.4. Unidad de análisis .....	18
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.4.1. Técnica de recolección de datos: .....	18
3.4.2. Instrumento: .....	19
3.5. Procedimientos .....	22
3.6. Método de análisis de datos .....	25
3.7. Aspectos éticos.....	26
IV. RESULTADOS.....	27
4.1. Objetivo General.....	27
4.1.1. Cambios en la masa plástica .....	27

4.2. Objetivo Específico 1 .....	31
4.2.1. Cambios en la masa de las larvas <i>Zophobas morio</i> .....	31
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	53
VI. CONCLUSIONES .....	58
RECOMENDACIONES .....	59
ANEXOS .....	78

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Criterios de inclusión y exclusión.....	18
Tabla 2.	Validación de Expertos.....	19
Tabla 3.	Rango de Confiabilidad de Alfa de Cronbach.....	21
Tabla 4.	Confiabilidad de instrumentos .....	21
Tabla 5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la biodegradación con larvas.....	25
Tabla 6.	Variación de masas del poliuretano.....	27
Tabla 7.	Variación de masas del polipropileno .....	28
Tabla 8.	Variación de masas en la dieta control (Salvado de trigo) .....	29
Tabla 9.	Prueba de normalidad para la hipótesis general.....	30
Tabla 10.	Prueba de hipótesis para la diferencia de masas de poliuretano y polipropileno. .. .....	31
Tabla 11.	Variación de masas de las larvas para la dieta con Poliuretano .....	32
Tabla 12.	Variación de masas de las larvas para la dieta con Polipropileno.....	33
Tabla 13.	Variación de masas de las larvas para la dieta control (Salvado de Trigo) .....	35
Tabla 14.	Variación de longitudes del <i>Zophobas morio</i> para la dieta con Poliuretano .....	36
Tabla 15.	Variación de longitudes del <i>Zophobas morio</i> para la dieta con Polipropileno.....	38
Tabla 16.	Variación de longitudes del <i>Zophobas morio</i> para la dieta control (Salvado de Trigo) .....	39
Tabla 17.	Tasa de supervivencia de las larvas <i>Zophobas morio</i> para el tiempo 1 (7 días) 41	
Tabla 18.	Tasa de supervivencia de las larvas <i>Zophobas morio</i> para el tiempo 2 (14 días) .. .....	42
Tabla 19.	Tasa de supervivencia de las larvas <i>Zophobas morio</i> para el tiempo 3 (21 días) .. .....	43
Tabla 20.	Tasa de supervivencia de las larvas <i>Zophobas morio</i> para el tiempo 4 (28 días) .. .....	44
Tabla 21.	Variación de supervivencia de las larvas <i>Zophobas morio</i> del tiempo 1 al tiempo 4 .....	45
Tabla 22.	Prueba de normalidad para la hipótesis específica 1.....	46

Tabla 23. Prueba de hipótesis específica 1 .....	47
Tabla 24. Prueba de normalidad para la hipótesis específica 1 .....	51
Tabla 25. Prueba de hipótesis específica 2 .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Síntesis de poliuretano .....	11
Figura 2. Etapas de biodegradación .....	13
Figura 3. Metodología gráfica de la primera etapa.....	23
Figura 4. Metodología gráfica para las mediciones de CO2 acumulado. ....	24

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Generación de CO <sub>2</sub> por las larvas <i>Zophobas Morio</i> sin alimento .....	48
Gráfico 2. Generación de CO <sub>2</sub> por las larvas <i>Zophobas Morio</i> con poliuretano como único alimento .....	49
Gráfico 3. Generación de CO <sub>2</sub> por las larvas <i>Zophobas Morio</i> con polipropileno como único alimento .....	50

## RESUMEN

En el presente estudio se determinó la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* en residuos de poliuretano (PU) y polipropileno (PP) en San Juan de Lurigancho en 2023. Se utilizaron 2 gramos de PU y PP durante 28 días, con larvas de *Zophobas morio* en su 3 o 4 estadio. Se colocaron 30 larvas en cada grupo, midiendo y pesando previamente. De la misma manera, se observó una disminución del 0,63% en PU y 0,1% en PP. También se registró un aumento en masa y longitud de las larvas: 0,026 g y 0,27 cm para PU, y 0,024 g y 0,27 cm para PP, respectivamente. La supervivencia de las larvas fue considerada con un 20% para el PU y 23,33% para el PP. Posteriormente, se midió la generación de carbono que han emitido 10 larvas alimentadas con PU con un aumento del 4% y PP con 2,5%. En conclusión, el uso de larvas de *Zophobas morio* posibilitó la reducción de residuos de PU y PP en San Juan de Lurigancho. Sin embargo, esta reducción no fue significativa hasta el día 28. Estos resultados destacan la necesidad de seguir investigando para lograr una reducción más significativa de estos residuos y desarrollar estrategias efectivas de gestión de plásticos.

**Palabras clave:** Biodegradación, zophobas, poliuretano, polipropileno

## ABSTRACT

In the present study, biodegradation was determined with *Zophobas morio* larvae in polyurethane (PU) and polypropylene (PP) waste in San Juan de Lurigancho in 2023. Two grams of PU and PP were used for 28 days, with *Zophobas morio* larvae in their 3rd or 4th instar. Thirty larvae were placed in each group, previously measured and weighed. In the same way, a decrease of 0.63% in PU and 0.1% in PP was observed. An increase in larval mass and length was also recorded: 0.026 g and 0.27 cm for PU, and 0.024 g and 0.27 cm for PP, respectively. Larval survival was considered to be 20% for PU and 23.33% for PP. Subsequently, the carbon generation emitted by 10 larvae fed with PU was measured with an increase of 4% and PP with 2.5%. In conclusion, the use of *Zophobas morio* larvae made it possible to reduce PU and PP waste in San Juan de Lurigancho. However, this reduction was not significant until day 28. These results highlight the need for further research to achieve a more significant reduction of these wastes and to develop effective plastic management strategies.

**Keywords:** Biodegradation, zophobas, polyurethane, polypropylene.

## I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la necesidad del uso del plástico ha evolucionado hasta ser catalogado como un producto indispensable para el ser humano debido a su resistencia para degradarse (Cassone *et al.*, 2020, p. 2) y económicamente accesible, pero, con el tiempo este tendría consecuencias negativas en el ambiente debido a que tardan aproximadamente 180 años en degradarse (Zhang *et al.*, 2021, p. 1; Rodríguez-Carreón *et al.*, 2021, p. 2; López *et al.*, 2020, p. 726).

Cabe resaltar, que la manera conveniente y desmesurada de usar materiales plásticos del ser humano ha conllevado a la generación de grandes cantidades de residuos plásticos en el medio ambiente (Jiang *et al.*, 2021, p. 1). Ello se evidencia en cifras anuales que indican un aumento en su producción global, solo en el 2018 se reportaron más de 359 millones de toneladas de plásticos sintéticos (Peng *et al.* 2020, p. 1), posteriormente, en el 2019 esta cifra aumentó a 368 millones de toneladas (Lou *et al.*, 2021, p. 1).

En ese sentido, según Peng *et al.* (2020, p. 1), existen 6 polímeros plásticos más demandados en Europa entre ellos se encuentran el polietileno, polipropileno, polivinilo de cloruro, poliuretano, tereftalato de polietileno y poliestireno con porcentajes de producción de 29,7%, 19,3%, 10%, 7,9%, 7,7% y 6,4%, respectivamente. El polipropileno (PP) y poliuretano (PU), se encuentran dentro del ranking de polímeros muy comerciales debido a que se producen diferentes materiales a partir de su materia prima. Asimismo, el PU se utiliza como aislamiento, revestimientos y adhesivos, los cuales no se pueden reutilizar eficientemente después de cumplir su ciclo de vida útil debido a su composición química y física (Liu *et al.*, 2022, p. 1). De igual manera, el PP puede encontrarse en objetos cotidianos como bolsas, juguetes, botellas, etc. (Yang *et al.*, 2021, p. 1).

En efecto, la falta de conocimiento, por muchos años, sobre la manera correcta de disponer los residuos plásticos, causó que en la mayoría de los casos se decida por enterrar, arrojar al mar o incinerar aquellos residuos sin considerar el efecto negativo en el ambiente (Ormaza *et al.*, 2020, p. 396; Soro, 2022, p. 482; Espino, 2020, p. 148). Por lo general, estos materiales tienen una corta vida útil y su incorrecta gestión genera riesgos ambientales en los ecosistemas, terrestre y

marinos, y en la salud de la población (Zhang *et al.*, 2021, p. 1; Danso *et al.*, 2019, p. 1).

Según Lavanda (2021) anualmente un ciudadano llega a generar 30 kg de residuos plásticos, consecuentemente, en un día se genera un aproximado de 886 toneladas de residuos plásticos entre Callao y Lima Metropolitana equivaliendo al 46% de los residuos generados en todo el Perú. Así mismo, se estima que, de 100 peruanos, solo el 3% realiza reciclaje de aquellos residuos (p. 11-15), por lo que la problemática ambiental ha generado una búsqueda sostenible de soluciones para la sociedad.

En el Plan Distrital de Manejo de Residuos Sólidos de San Juan de Lurigancho, 2022-2026 se registra una generación de residuos sólidos municipales de 1 078 092.21 kg/día, donde se contabilizan los residuos plásticos (12.81%) como el tereftalato de polietileno con un total de 55 219.62 kg/día y polipropileno con un total de 16 488.09 kg/día que ocupan el 5.12% y 1.53% respectivamente (p. 47).

En ese sentido, el gobierno del Perú estableció la ley N° 30884, la cual regula los plásticos de un solo uso como bolsas de plástico, tecnopor, utensilios descartables, etc. Sin embargo, a nivel internacional desde la década de 1950, se realizaron muchas investigaciones que aseguraban la cualidad de algunos insectos de la familia Tenebrionidae, anobiidae y dermestidae para comer plásticos (Yang *et al.*, 2017, p. 980).

En los últimos años, los estudios sobre la degradación de plásticos han destacado la capacidad de consumo de los residuos poliméricos con la aplicación de larvas. Peng *et al.* (2020, p. 2) informaron sobre la biodegradación y despolimerización de PVC con el gusano de harina, perteneciente a la familia del supergusano. En 2021, Luo *et al.* (2021, p. 2) demostraron la degradación de poliestireno (PS), polietileno (PE) y poliuretano (PUR) con larvas de *Zophobas atratus* y los cambios que genera el tipo de alimentación en los microorganismos intestinales y enzimas. En el mismo año, Yang *et al.* (2021, p. 3) evaluaron la viabilidad y las capacidades de degradación de polipropileno (PP) de larvas de *Zophobas atratus* y *Tenebrio molitor* y la función de los microorganismos en el proceso de biodegradación en ambas larvas.

De acuerdo con la problemática, se plantea el siguiente problema general: ¿De qué manera la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* incide en la reducción de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023? y los siguientes problemas específicos: (a) ¿Cuál es el desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023?, (b) ¿Cuánto de CO<sub>2</sub> emiten las larvas de *Zophobas morio* en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023?

Asimismo, el proceso investigativo propone como objetivo general, determinar si la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* posibilita la reducción de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

En esa misma línea, se determinó como objetivos específicos: (a) Evaluar el desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023 y (b) evaluar el CO<sub>2</sub> emitido por las larvas de *Zophobas morio* en la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

La hipótesis general responde que la biodegradación con larvas de *Zophobas Morio* reduce significativamente los residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023. Así mismo, las hipótesis específicas formuladas son: (a) El desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* es significativo en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023; (b) las larvas de *Zophobas morio* emiten significativamente CO<sub>2</sub> en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

La justificación metodológica se basa en la aplicación de larvas *Zophobas morio* para la biodegradación de residuos de Poliuretano (PU) y Polipropileno (PP), cuyos resultados se comprobaron con diferentes análisis de masas y longitudes de larvas, cambios en la masa plástica, masa de las excretas y pruebas de respirometría que deben otorgar datos concretos de la despolimerización y cálculo de CO<sub>2</sub> (Yang *et al.*, 2021, p. 3; Luo *et al.* 2021, p. 2).

La justificación social se fundamenta en la aportación de una nueva metodología para reducir la contaminación por plásticos que, debido a la desmesurada producción y acumulación en el medio ambiente, se ha convertido también en un problema cuyas consecuencias afectan a la calidad de vida de las personas y fauna silvestre (Yang, Wang, Xia, 2020, p. 2).

La justificación ambiental se apoya en las consecuencias al medio ambiente, fauna silvestre y salud humana que parte de la producción cada vez más considerable de plásticos y una sobrecarga en su gestión, en comparación con los métodos tradicionales de eliminación de desechos, la biodegradación es una solución ideal debido a que busca la conversión del residuo en partículas más simple de degradar (Jiang et al., 2021, p.1; Wang et al., 2022, p. 2).

Por último, la justificación económica se basa en la aplicación de larvas de dos especies que contribuyan en la biodegradación de PU y PP, siendo un proceso impactante en la sociedad por ser rápida, innovadora, rentable y ecológica lo que la hace socialmente aceptable (Borchert *et al.*, 2021, p. 908).

## II. MARCO TEÓRICO

Se precisan estudios previos en relación al tema de investigación en el marco internacional y nacional, para ello se revisaron artículos y trabajos de investigación.

Peng et al. (2022) investigaron: (a) la degradación del poliestireno (PS) y el polietileno de baja densidad (PEBD) con la aplicación de larvas de *Zophobas atratus*, (b) el origen de los microplásticos y nanoplásticos en los desechos biológicos de las larvas después de consumir los dos tipos de termoplásticos y (c) los cambios intestinales y digestivos de las larvas de la especie *Zophobas atratus* después del proceso de degradación. Se seleccionaron 100 larvas al azar que fueron sometidas a inanición por un día para asegurar que expulsen todos los residuos derivados de su alimentación previa. Se acondicionaron contenedores con residuos de PE, PS, cereal, sin alimento a temperatura de  $25 \pm 1$  °C y  $70 \pm 5$  % de humedad por 28 días. Los resultados demuestran que las larvas consumieron  $52,9 \pm 3,1$  mg/100 larvas/día de PEBD y  $43,3 \pm 1,5$  mg/100 larvas/día de PS, pero el alimento no fue suficiente para el crecimiento y desarrollo de las larvas. En el proceso se produjeron microplásticos como residuos, que conllevarían a una incompleta digestión y despolimerización. La nula producción de nanoplásticos fue un resultado relevante porque demostraría la alta capacidad biodegradadora del tracto intestinal de las larvas de *Zophobas atratus*.

Wang et al. (2022) alimentaron a las larvas de *Tenebrio molitor* y *Zophobas atratus* con plástico (poliestireno y poliuretano), esto por unos 35 días, que tuvo como principal objetivo el descubrir la diferencia que existe entre la biodegradación de PS y PU, para lo cual se prioriza los análisis de cambios funcionales que se presentan tanto en los plásticos como en las larvas. Trabajaron con un total de 15 super gusanos y 100 gusanos de la harina, teniendo así grupos a los cuales se les proporcionaba el plástico como único alimento, así como salvado, estos siendo indicadores para que el investigador pudiera observar la supervivencia de las especies, así como el análisis del microbioma intestinal, determinando así aquellos microorganismos que influyen en el proceso de biodegradación, pero también este polímero que se está dando como único

alimento puede tener ciertos impactos dentro del desarrollo normal de las larvas, siendo las larvas utilizadas como indicadores de salud. Llegando a la conclusión que el *Zophobas atratus* cuenta con un mayor consumo de PS a comparación del *Tenebrio molitor*, pero en el caso del PU, el consumo de ambas larvas no presentó diferencia significativa.

Yang *et al.* (2020) experimentaron el potencial de los gusanos de *Zophobas atratus* para degradar y mineralizar la espuma de PS siendo esta su única dieta. Se compraron los gusanos en Beijing, China, de los cuales se escogieron como población a 300 individuos y se alimentaron con bloques de espuma de PS de 6 gramos, también se creó un grupo de control, cuya alimentación fue dieta normal de trigo, se especifica que la temperatura a la que se sometieron fue de  $25 \pm 1$  °C y  $80 \pm 2$  % de humedad por un período de 28 días. Después de 1 hora, se obtuvieron los primeros resultados, debido a que los gusanos comenzaron a comer y agujerear los bloques de PS, dando como resultado que el periodo de prueba establecido, un grupo de 300 gusanos de *Zophobas atratus* pueden comer  $3,9 \pm 0,4$  g de espuma de poliestireno, además la tasa de supervivencia con la alimentación de PS no fue tan diferenciada de los que se alimentaban de trigo. Después de la digestión, se dio lugar a la despolimerización en productos de bajo peso molecular que se mineralizan en CO<sub>2</sub> para lo cual se implementó una prueba de respirometría, obteniendo un aumento del 15.1% a 36.7% del dióxido de carbono.

Shan *et al.* (2021) investigaron la biodegradación del polipropileno (PP) utilizando el gusano amarillo y el supergusano, los cuales cuentan con diversos microbios intestinales que fueron los protagonistas dentro de la investigación. Se realizaron 8 grupos, que tuvieron 300 larvas de *Tenebrio molitor* o 250 individuos de *Zophobas atratus* a los cuales se les proporcionó diferentes alimentos que fueron bloques irregulares de PP de  $1 \pm 0.05$  gr, salvado, sin alimento y salvado + PP, esto para ambas larvas. Esta investigación tuvo una duración de 35 días en donde se contabilizaron las larvas, pesaje de los plásticos, así como de los individuos determinando así la supervivencia de estos viéndose una disminución en la masa de las larvas debido a que el plástico no les brinda los nutrientes esenciales para desarrollarse y sobrevivir, así mismo, con el análisis térmico

gravimétrico, FTIR y RMN de H1 se pudo encontrar modificaciones químicas en la estructura del residuo, por último el análisis de la comunidad microbiana de las larvas, que se extrajeron utilizando el Kit de extracción de ADN y la amplificación a partir del PCR con el cual se determinó tanto en las larvas de *Tenebrio molitor* y *Zophobas atratus* hay una mayor presencia de Proteobacterias.

Luo et al. (2021) tuvieron como objetivo descubrir los tipos de plásticos que el *Zophobas atratus* podía consumir, dándole como dieta PS, PE y PU, esto durante un periodo de 35 días con larvas que fueron alimentadas con salvado, consideradas como grupo control. Principalmente se observaron cambios en la supervivencia de estas larvas, siendo el PE y las que no tuvieron comida, que presentaron una disminución de 81.67% y 65 %, respectivamente, así como una disminución en la masa de las larvas. Por otro lado, a partir de los análisis de FTIR y TGA se pudieron observar los cambios en los grupos funcionales y en su termoestabilidad que sufren aquellos plásticos con lo cual se puede afirmar la biodegradación, donde no solo hay presencia de microorganismos que contribuyen a este proceso, sino también a las enzimas encontradas dentro del sistema digestivo donde hay mayor actividad de la proteasa en aquellos grupos que se alimentaron sólo con plástico y los cambios presentados en las comunidades microbianas donde mayor abundancia se obtuvo de *Enterococo*, concluyendo que la biodegradación principalmente se presenta por la presencia de enzimas y comunidades microbianas en las larvas.

Liu et al. (2022) estudiaron la capacidad de 3 grupos de 120 gusanos de *Tenebrio molitor* para consumir residuos de poliéter-poliuretano (poliéter-PU) y poliéster-PU en un periodo de 35 días, los grupos se mantuvieron a 25°C y 70% de humedad. La tasa de supervivencia de la alimentación con poliéter-PU no fue altamente diferencial de las larvas alimentadas con salvado, 86,3 %  $\pm$  2,3 % y 88,7 %  $\pm$  1,9 %, respectivamente, lo que sugiere que el plástico influye en su supervivencia por periodos no prolongados. En la degradación de poliéster-PU influyó su mayor densidad dando como resultado el bajo consumo del residuo en comparación con la espuma de poliéter-PU. El análisis por GPC (Cromatografía de Permeación en Gel) demostró que la degradación no se dio uniformemente en

la macromolécula de PU, aun así, se liberaron oligómeros solubles de espuma de PU producto de la biodegradación en los intestinos de la larva.

Martín (2017) utilizó microorganismos marinos para degradar plásticos como el Tereftalato de polietileno (PET), Polietileno de alta densidad (PEAD), Polietileno de baja densidad (PEBD), Poliestireno (PS) y Polipropileno (PP). Los residuos plásticos fueron granulados y laminados. Dado que los resultados mostraron mayor pérdida de peso para el PET (0,187 %) a comparación de los otros plásticos, se seleccionó para profundizar los estudios de su degradación. Después de 45 días, los residuos PET consumidos por las bacterias se sometieron a análisis gravimétricos, evidenciando que la masa pérdida fue de  $-0,2278 \pm 0,1535$  %. En la prueba de FTIR, no se evidenció un consumo microbiano elevado y se estimaría que se necesitan de 15 años a más para que se produzcan cambios significativos.

Chavez y Riofrio (2019) evaluaron la influencia que iba a tener el *Zophobas morio* para la biodegradación de PEBD y PEAD, así, como del PS, ello a partir de la función digestiva que tiene la larva. Para ello, se utilizaron 460 larvas, estas fueron puestas en un taper para luego reducir su temperatura a unos 3°C, seguidamente fueron sumergidas en etanol de 95%, luego diseccionadas para el retiro de su tracto digestivo los cuales fueron triturados, estas se colocan en vasos precipitados que en el fondo tienen 7 gr de PEBD, PEAD y PS, seguidamente, estas fueron tapadas con aluminio para impedir que las muestras entren en contacto el oxígeno y para que no ingrese la luz. Por otro lado, se utilizaron 100 larvas para la masticación del plástico, estas fueron colocadas en vasos precipitados de 250 ml, con 16 gr de PEBD, PEAD y PS. Donde los resultados un 91.88% y 98.81% de degradación con el tratamiento de homogeneización y masticación, respectivamente. Concluyendo que en ambos casos se presentaron un alto porcentaje de degradación, diferenciándose en que la homogeneización generó un cambio en el color, textura y el grosor del plástico a comparación de la masticación, en la cual se dio la disminución del área del plástico, especialmente en los bordes.

Bulak *et al.* (2019) investigaron la capacidad biodegradadora que tiene la larva *Tenebrio molitor* para reducir residuos plásticos como dos tipos de

poliuretano, poliestireno y polietileno, para ello analizaron el comportamiento del insecto, es decir, aumento de masa y longitud, por último, indagaron la influencia de otros componentes como metales pesados presentes en los residuos plásticos que pueden alterar la biodegradación por las larvas. Se separaron 500 larvas en recipientes de plástico y las condiciones ambientales adoptadas fueron: temperatura  $24 \pm 1$  °C y humedad relativa  $60 \pm 5\%$ . Después de 58 días, los residuos plásticos de PS, PU 1, PU 2 y PE se redujeron en  $46,93 \pm 0,12 \%$ ,  $46,77 \pm 2,73 \%$ ,  $58,97 \pm 5,15 \%$  y  $69,71 \pm 6,34 \%$ , respectivamente; observándose que las larvas consumieron más el polietileno. Sin embargo, el consumo de los residuos plásticos no apoyo al desarrollo de la larva debido a que se registraron pérdidas de masa y longitud para todos los tratamientos. Asimismo, se observaron concentraciones muy bajas de elementos no fisiológicos de las larvas, es decir, hubo presencia de aditivos que se desprendieron de los residuos plásticos propios de su composición química, pero no se les atribuye como factores que retrase el desarrollo larvario.

Orts *et al.* (2023) realizaron un estudio para evaluar la viabilidad del uso de larvas de *Tenebrio molitor* en la biodegradación de espuma de poliuretano. Durante un periodo de 17 días, utilizaron 100 larvas y mantuvieron las condiciones de humedad al  $80 \pm 3\%$  y una temperatura de  $27 \pm 1$  °C. El estudio analizó los cambios químicos y físicos del plástico, así como la actividad de las enzimas intestinales y cambios en el microbiota del gusano. Los resultados indicaron una disminución de peso de las larvas, la cual fue inversamente proporcional al consumo del plástico. Con el paso del tiempo, el consumo del plástico aumentó hasta alcanzar un valor de  $34,78 \pm 2,48\%$ . Los análisis de FTIR y TGA proporcionaron evidencia de la biodegradación que tuvo lugar en el intestino de las larvas. Además, las imágenes obtenidas a través del SEM (microscopio electrónico de barrido) mostraron la degradación física del poliuretano después de 10 y 17 días de exposición a las larvas, evidenciado por bordes arrugados y grietas que se atribuyen a la acción de masticación de las larvas.

Asimismo, se revisaron conceptos teóricos como:

Los residuos o también conocidos como desechos sólidos se clasifican en residuos municipales, residuos agrícolas, residuos domésticos, residuos

industriales y residuos especiales, en este último se encuentran los residuos de hospitales, de construcción, electrónicos y plásticos (Alabi *et al.*, 2019, p. 4). Asimismo, existen diversos tipos de residuos como los de material orgánico, los metálicos, de vidrio, cartón y plásticos los cuales son desechados a los contenedores de basura sin segregarlos, lo que delimita el reaprovechamiento que se le pueden dar a los residuos (Vyas *et al.*, 2022, p. 2).

De la misma manera, se consideran a aquellos como materiales inservibles para el hombre, por lo cual decide deshacerse de ellos, estos pueden ser sustancias o productos provenientes de algún proceso de transformación, consumo, limpieza o utilización que al no ser tratados de manera adecuada genera efectos negativos tanto en el ambiente como en el ser humano. (INEI, 2019, p. 35; Galvis, 2016, p. 110).

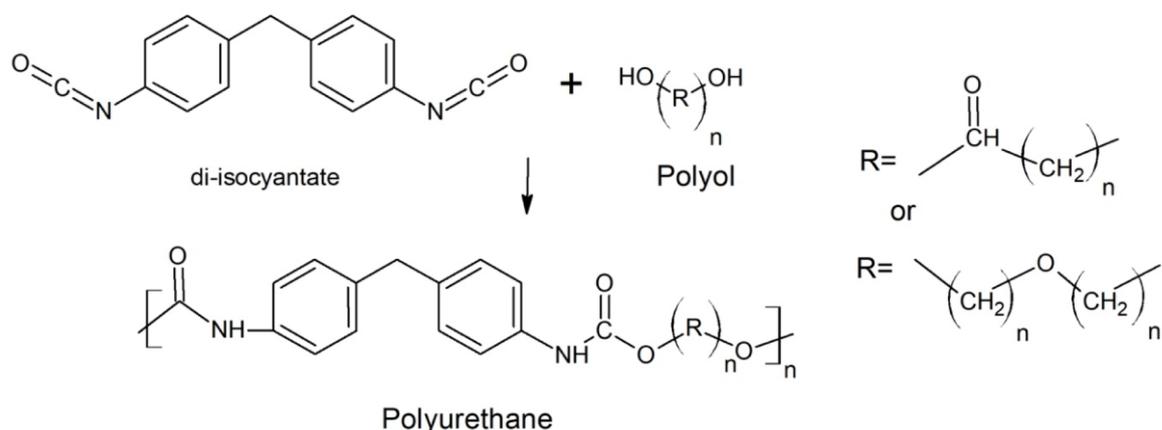
Asimismo, el plástico es un residuo muy común de encontrar, Alvarez y Botache (2020, p. 14) expresan que es un material inorgánico formado por grupos de monómeros unificados a partir de polimerización artificial para crear largas cadenas de carbono e hidrógeno. Según Zylstra (2013) y He *et al.* (2018), por lo general, se denomina residuos plásticos a aquellos que se incorporan directa o indirectamente al ambiente permaneciendo por largos plazos como fragmentos (citados por Yan *et al.*, 2022, p. 2).

De acuerdo con García (2019, p. 11) un monómero son uniones de moléculas repetitivas las cuales forman un polímero mediante polimerización; por lo tanto, un polímero es un compuesto orgánico, natural o sintético conformado por átomos unificados y repetitivos de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. Obteniendo largas cadenas que estarán formadas, principalmente, por uniones covalentes, obteniendo así las macromoléculas.

El poliuretano (PU) es aquel polímero sintético que proviene de los polioles, isocianatos y por un extensor de cadena que se agrega por reacciones de condensación, la materia prima de este polímero es muy utilizado en diversas industrias por su versatilidad. Este material no contiene productos de polimerización, pero se llegan a clasificar dentro del polímero de condensación, en otras palabras, estos no están compuestos por monómeros iguales que se repiten, por el contrario, estos contienen diferentes segmentos los cuales están

unidos por enlaces químicos. El enlace uretano (-NH-COO-) viene a la unidad más importante, ello formado a partir de la reacción que tiene un grupo isocianato (-N=C=O) con alcohol de los polioles. La espuma de PU expandida contiene una significativa cantidad de urea formada a partir de la reacción que tienen las moléculas de agua al entrar en contacto con el grupo isocianato. Una de las principales características que tiene este material es la presencia de segmentos alternos que son rígidos (isocianato) y que son flexibles (poliol) (Jong-Hoon *et al.* 2022, p. 2; Keroma *et al.* 2020, p. 3).

**Figura 1. Síntesis de poliuretano**



Fuente: Keroma *et al.* 2020, p.3

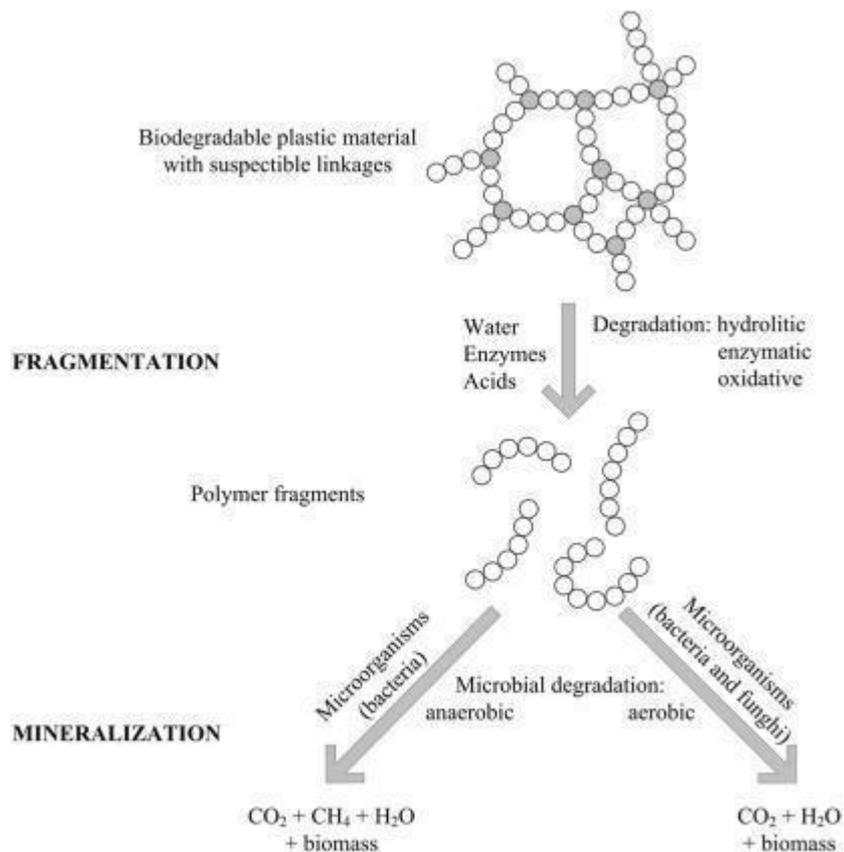
El polipropileno (PP) es un tipo de plástico de poliolefina que tiene un origen fósil, el cual es muy utilizado en el mundo por su procesamiento sencillo, una resistencia química alta y las favorables propiedades mecánicas. Este plástico viene a ser un polímero termoplástico semicristalino, lo cual provoca que sea fácil de quemar, así como generar gotas fundidas durante el proceso de combustión liberando una cantidad considerable de calor y humos que vienen a ser totalmente tóxicos. Este pertenece a la familia de los polímeros poliolefínicos (Zhao *et al.* 2021, p. 1; Jin *et al.* 2020, p. 2; Shan *et al.* 2021, p. 2).

Según Gómez y Sáiz (2013) en Álvarez y Botache (2020, p. 20) manifiestan que la biodegradación viene a ser la acción en la cual intervienen microorganismos consumen aquellos materiales para transformarlos en unas sustancias más sencillas. Por otro lado, Qui (2012) en Huarancca (2021, p. 11)

menciona que la biodegradación es aquel proceso en donde los materiales se disuelven químicamente por la presencia de bacterias, hongos, entre otros. Asimismo, Srikanth *et al.* (2022, p. 1) describen al proceso de biodegradación de polietileno como el más efectivo y mejor distinguiéndose así de los otros procesos de degradación que recibe el plástico sintético, dado que utiliza factores ambientales, acción de especies silvestres y microorganismos como mecanismo no contaminante y beneficioso, sin embargo, se conoce por ser un proceso lento de degradación al tratarse de uno natural.

La biodegradación del plástico es definida como aquel proceso que consta de dos etapas, primero siendo la fragmentación en donde se va acortar y debilitar la cadena de polímeros a partir de la influencia de calor, luz solar, humedad y/o enzimas, la siguiente etapa es la mineralización en el cual van a intervenir microorganismos que asimilan completamente los fragmentos que han quedado del plástico (Figura 2). Para que un plástico sea considerado como biodegradable necesita que ambos procesos se ejecuten (Havstad, 2020, p. 99). En este proceso los organismos utilizan el plástico como una fuente de carbono, por lo cual este polímero es transformado en moléculas más simples como agua, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> entre otros constituyentes orgánicos, lo cual se evidencia en la alteración de la estructura química o física, minimizando así su peso molecular inicial (Ccallo *et al.* 2020, p. 49).

**Figura 2. Etapas de biodegradación**



**Fuente:** Havstad, 2020, p. 99.

En el proceso de biodegradación de residuos, como los plásticos, se producen diversos subproductos como el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), la biomasa, y el metano ( $\text{CH}_4$ ). Estos subproductos son generados debido a la presencia de microorganismos y enzimas que descomponen los polímeros del residuo. Los microorganismos utilizan las enzimas como una estrategia para descomponer los plásticos y aprovecharlos como fuente de carbono y de energía. Esto se debe a que los microorganismos no pueden transportar los polímeros de manera directa a través de sus membranas celulares externas, donde se llevan a cabo los procesos bioquímicos. Es en este lugar donde las enzimas actúan para despolimerizar los plásticos y permitir que los microorganismos los utilicen como sustrato (Alshehrei et al., 2017, p. 12).

Las larvas hembras de *Zophobas morio*, una especie de escarabajo, tienen la capacidad de poner más de 2000 huevos. Los huevos son de un color blanco y tienen bordes redondeados. A medida que las larvas se desarrollan, experimentan un cambio de color, pasando de un amarillo a una coloración marrón en la parte

frontal y final de su cuerpo. La longitud promedio de las larvas macho es de aproximadamente 2.4 cm, mientras que las hembras alcanzan alrededor de 2.6 cm de longitud. El ciclo de vida de *Zophobas morio* consta de 5 etapas: huevo, larva, pupa y escarabajo. Este ciclo tiene una duración de aproximadamente 6 meses. Es importante destacar que las larvas de *Zophobas morio* son especialmente útiles en su estado larvario, ya que poseen una gran mandíbula que les permite degradar eficientemente los plásticos. Esta habilidad las convierte en excelentes descomponedoras de plásticos (Mondragón, 2020, p. 23; Úbeda y Maes, 2021, p. 1-4).

Úbeda y Maes (2021, p. 32) mencionan que para una crianza adecuada del *Zophobas morio* o también conocido como el gusano rey, estas tienen que encontrarse a una temperatura de  $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5$  y a una humedad relativa de  $70\% \pm 5$ . así como ser alimentadas con sémola de trigo y avena. Por otro lado, recomiendan que, al momento de la crianza de las larvas, se separen las pupas de las que ya se encuentran en su estado adulto para evitar el canibalismo.

Para Yang et al. (2018, p. 14) el índice de supervivencia de las larvas de la familia Tenebrionidae se da a condiciones de temperatura que fluctúa entre los 20 a  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , siendo esta una característica de un clima cálido, en otras palabras, es una condición favorable que permite la realización del ciclo de vida de la larva. A su vez, este parámetro está correlacionado a la tasa de consumo, es decir, incrementa la degradación de los plásticos por las larvas en comparación a temperaturas más bajas. En esa misma línea de operatividad, la humedad favorable para que el *Z. morio* debe encontrarse a una humedad ambiental, siendo lo ideal 70%.

Por otro lado, se establece que para la supervivencia de las larvas interviene la dieta la cual es combinada con los plásticos. De acuerdo con Yang et al. (2018, p. 980), las larvas pueden desarrollarse y reproducirse, además, la dieta, a base de salvado de trigo, soya o en otras ocasiones es cera de panal de abeja, les facilita nutrientes esenciales como calcio, potasio, etc., necesarios para su crecimiento (Kundungal et al., 2019, p.12).

### **III. METODOLOGÍA**

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

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

Delgado (2021, párr. 1) sostiene que la investigación aplicada desarrolla un estudio tecnológico e innovador que permita dar una solución a una problemática. Dicha problemática ha sido estudiada para establecer necesidades con el fin de darle un sentido práctico a los conocimientos científicos y técnicos. Del mismo modo, Esteban (2018, p. 3) menciona que en este tipo de investigación, se formulan hipótesis que respondan teóricamente los problemas que emergieron en la sociedad.

En ese sentido, el presente proceso investigativo califica para este tipo de investigación por la aplicación de larvas de *Zophobas morio* como una solución de biodegradación al problema de contaminación a causa del Poliuretano y Polipropileno que se podrá observar a partir de los diferentes análisis donde se demostrará el cambio que han tenido este tipo de plásticos al momento de ingresar y salir del tracto digestivo del super gusano.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

El presente trabajo se enfoca en un diseño experimental puro, debido a que el investigador manipula las variables, en la cual la variable independiente tendrá una influencia en la variable dependiente donde se hará un control de los efectos que se presenten, observándose una causa y efecto que se genere dentro del proceso (Guevara et al., 2020, p. 168; Monjarás et al., 2019, p. 120). Asimismo, la variable independiente genera un impacto dentro de la variable dependiente, es por ello que se debe realizar una intervención antes y después del proceso, para identificar la varianza que se ha generado (Ramos, 2021, p. 2; Hernández y Mendoza, 2018, p. 163).

Tiene un nivel explicativo porque se desarrolla la validación de las hipótesis causales a través que investiga cuales son las fuentes de origen que dan paso a los objetos de estudio para un mejor desarrollo y entendimiento de la investigación a tratar (Sánchez et al., 2018, p.66).

Por otra parte, el presente documento tiene un enfoque cuantitativo, debido a la comparación de ambas variables para identificar el efecto que tiene una de la otra, a partir de las estimaciones que se tienen de los resultados, a lo cual se les conoce como hipótesis las cuales serán respondidas con datos numéricos obtenidos a partir de la cuantificación al realizar la experimentación (Hernández y Mendoza, 2018, p. 40; Cárdenas, 2018, p. 3). Asimismo, Amaiquema et al. (2019, p. 359) mencionan que este enfoque se basa en técnicas de medición hacia la población de estudio obteniendo así resultados que se presentan en tablas o diagramas.

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **3.2.1. Variable independiente**

La variable independiente para la investigación es la biodegradación con la aplicación de larvas de *Zophobas morio*, la cual, según Pivato et al., (2022) viene a ser la degradación del plástico a partir de agentes microscópicos o larvarios, en donde este último cuenta con una boquilla masticadora lo que les permite una consumir fácilmente este material.

Según Danso et al., 2019 citado por Campos (2021, p. 11) en la biodegradación que se realiza con especies larvarias se presume que los microorganismos intestinales coadyuvan a la eficiencia del proceso a través de enzimas extracelulares.

#### **3.2.2. Variable dependiente**

La variable dependiente de la investigación está enfocada en los residuos de PU y PP, fabricados como esponja y pellet, respectivamente.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

El universo o también conocido como población viene a ser el conjunto de individuos que pueden ser las personas, países, entre otros, del cual se obtendrá

la muestra que será analizada para la obtención de un resultado significativo para su investigación (Cárdenas, 2018, p. 28).

Dentro del presente documento se toma como población a las especies larvas de *Zophobas morio*, para ello se hizo la compra de 3 millares de individuos, que seguidamente se obtendrá la cantidad específica para la muestra, debido a que estas serán seleccionadas por conveniencia, excluyendo aquellas larvas que no hayan sobrevivido al viaje y las restantes no se encuentren en etapa de pupa.

### **3.3.2. Muestra**

La muestra viene a ser el subgrupo que proviene de la población que se desea analizar, siendo en este caso las larvas de *Zophobas morio*, las cuales deberán de ser representativas (Hernandez y Mendoza, 2018, p. 196).

Se eligieron 30 larvas para los 3 tipos de alimentación, específicamente, salvado, PU y PP. Cada grupo se realizó por triplicado, se seleccionaron 30 individuos para reducir el canibalismo entre las especies de *Zophobas morio*, las cuales tienen tendencia a comerse las larvas y pupas de su misma especie (Peng et al., 2022, p. 2).

### **3.3.3. Muestreo**

Según Hernandez y Carpio (2019, p.77-79), el muestreo no probabilístico implica la selección de individuos mediante criterios específicos con el objetivo de buscar una posible representatividad. En esta investigación, se utilizó el muestreo por conveniencia, teniendo en cuenta criterios establecidos (Tabla 1) por el investigador. Se optó por este enfoque para obtener una muestra representativa que cumpliera con las cualidades requeridas para su utilización en la experimentación.

**Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión**

<i>Inclusión</i>	<i>Exclusión</i>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Las larvas deben de encontrarse en su estado larvario.</li><li>- Que se encuentren vivas.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Las larvas que se encuentren en pupa.</li><li>- Que las larvas se encuentren muertas.</li></ul>

Elaboración propia.

#### **3.3.4. Unidad de análisis**

Según Hernandez y Mendoza (2018, p. 198) en muchos casos la unidad de análisis viene a ser igual que la unidad de muestreo, sin embargo, hay casos excepcionales que se diferencian sutilmente y debe tomarse en consideración, por lo que será la unidad de análisis la que agregue datos que se evaluarán por un método estadístico (p. 218).

En el trabajo se maneja como unidad de análisis de la masa en gramos de consumo de los residuos de PU y PP por las larvas de *Zophobas morio* llevando un conteo de la masa inicial y final, así como su masa y longitud, ello se registra en las fichas técnicas del desarrollo experimental, a partir de eso, se determinará la capacidad de biodegradación que tiene la larva.

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

##### **3.4.1. Técnica de recolección de datos:**

La técnica viene a ser la manera en la que se va a realizar la recopilación de los datos, en el caso del presente documento se utilizarán las técnicas de observación y la recolección de datos, en donde el investigador hará el reconocimiento de cambios o alteraciones que se estén generando en el proceso de estudio que seguidamente serán anotadas de una manera confiable y válida (Hernán-García et al., 2021, p. 299).

En este contexto, se anotaron los cambios que se presentan desde el primer día en que las larvas entraron en contacto con el de los residuos de PU y PP, así mismo, se realizó el pesaje de los trozos de los residuos de PU y PP para

observar y controlar la disminución que ha tenido el residuo.

### 3.4.2. Instrumento:

Como instrumento se hará el empleo de fichas, en las cuales se realizará la anotación de los datos obtenidos para su posterior análisis y evaluación (Arias, 2021, p. 14). El registro será de manera general, debido a que al tener ciertas condiciones operativas que serán manejadas para brindar una calidad de vida adecuada a las larvas, se tendrá que registrar las características como la temperatura y humedad que se tiene del entorno en donde se está realizando el estudio (Useche et al., 2019, p. 44). Las fichas que se emplearán serán las siguientes:

Ficha técnica N° 1: Ficha de respuesta fisiológica de las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con PU y PP.

Ficha técnica N° 2: Ficha de generación de subproductos.

Ficha técnica N°3: Ficha técnica de Cambios físicos en los residuos de PU y PP.

#### Validación:

Según Juárez y Tobón (2018, p. 1) mencionan que para la obtención de datos válidos los instrumentos deben de pasar por una supervisión previa antes de que sean empleados, por ello para la validación de este estudio, se contará con el apoyo de 3 expertos que tengan carreras afines con el enfoque que tiene la investigación, los cuales realizarán la evaluación de los instrumentos utilizados:

**Tabla 2. Validación de Expertos**

Experto	Especialidad	Grado	Apreciación
Dr. Luis Johan Nuñez Gamboa	Ingeniero industrial	Doctor	Los instrumentos se encuentran conformes
Mgst. Rita Jaqueline Cabello Torres	Ingeniero Químico	Magister	Los instrumentos se encuentran conformes
Dr. Ever Enrique Castillo Osorio	Ingeniero de Sistemas	Doctor	Los instrumentos se encuentran conformes

Fuente: Elaboración propia

### **Confiabilidad:**

Según Ruiz (2002, p. 35) citado por Posso y Lorenzo (2020, p. 218) asegura la confiabilidad de un instrumento mediante el nivel de consistencia otorgado a las variables de investigación que se medirán. En relación a ello, Hernández, Fernández y Batista (2014, p. 348) citados por Posso y Lorenzo (2020, p. 218) mencionan que el proceso de confiabilidad trata de la aplicación de una fórmula que brinda el grado de congruencia y exactitud que caracteriza a los instrumentos de medición utilizados en la investigación.

De acuerdo con Aiken (2003) y Barrios y Cosculluela (2013), a partir del Coeficiente de Cronbach se estima la fiabilidad que tiene un instrumento, ello a partir de una fórmula matemática, este tiene. Si bien es cierto, hay diversas fórmulas con las cuales se puede calcular el coeficiente, pero la más utilizada viene a ser la siguiente (citado por Rodríguez y Reguant, 2020, p. 7). Asimismo, Hernández et al. (2014) menciona que los valores que se obtienen oscilan entre 0 a 1 (citado por Toapanta et al. 2017, p. 39).

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right]$$

$\alpha$  = Coeficiente de confiabilidad del instrumento

k = Número de ítems del instrumento

$S_i^2$  = Sumatoria de las varianzas de los ítems.

$S_t^2$  = Varianza total del instrumento.

**Tabla 3. Rango de Confiabilidad de Alfa de Cronbach**

<i>Rango</i>	<i>Confiabilidad</i>
≤ 0.53	Confiabilidad Nula
0.54 a 0.59	Confiabilidad Baja
0.60 a 0.65	Confiable
0.66 a 0.71	Muy Confiable
0.72 a 0.99	Excelente Confiabilidad
1	Confiabilidad perfecta

Fuente: Hernández (2014)

**Tabla 4. Confiabilidad de instrumentos**

<i>Instrumentos</i>	<i>Coficiente de Cronbach</i>	<i>Confiabilidad</i>
Respuestas fisiológicas de las larvas de <i>Zophobas morio</i> en la biodegradación de residuos	0.85	Excelente Confiabilidad
Emisión de CO <sub>2</sub> .	0.89	Excelente Confiabilidad
Cambios físicos de los residuos de PU, PP.	0.91	Excelente Confiabilidad

Fuente: Elaboración propia

En base al puntaje otorgado por los 3 expertos considerando 10 criterios de evaluación para la Ficha N° 1, se obtuvo una confiabilidad de 0.85, y de acuerdo al rango de confiabilidad (Tabla 2) indica que existe una confiabilidad excelente.

$$\alpha = \frac{10}{10 - 1} \left[ 1 - \frac{21.33}{80.89} \right]$$

$$\alpha = 0.85$$

Asimismo, los mismos expertos evaluaron la Ficha técnica N° 2 considerando 10 criterios. A partir de la aplicación del coeficiente de Cronbach se obtuvo como resultado 0.89 el cual indica que el instrumento es de confiabilidad excelente (Tabla 2), siendo apto para ser aplicado en la presente investigación.

$$\alpha = \frac{10}{10 - 1} \left[ 1 - \frac{58.89}{294.22} \right]$$

$$\alpha = 0.89$$

De acuerdo a la evaluación de la Ficha técnica N° 3, también, considerando 10 criterios, la aplicación del coeficiente de Cronbach definió un resultado de 0.91 indicando que el instrumento es de confiabilidad excelente (Tabla 2), siendo apto para ser aplicado en la presente investigación.

$$\alpha = \frac{10}{10 - 1} \left[ 1 - \frac{44.67}{244.22} \right]$$

$$\alpha = 0.91$$

### 3.5. Procedimientos

#### Primera etapa:

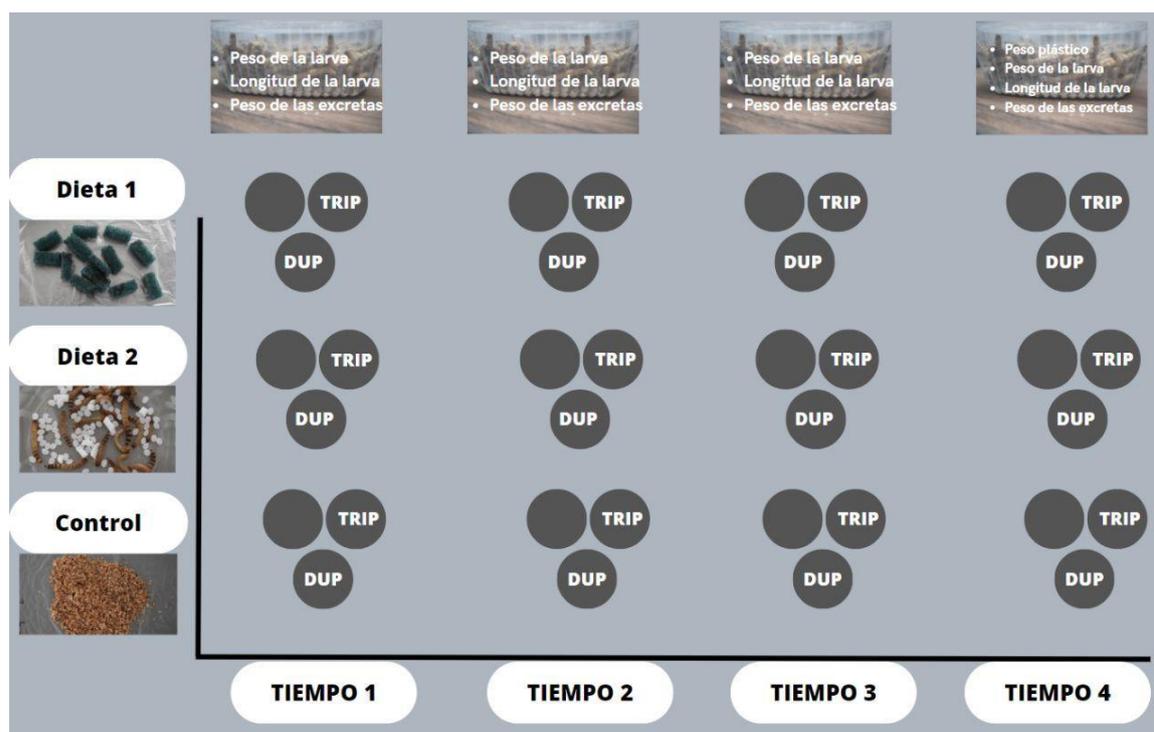
Se adquirieron 3 millares de larvas de *Zophobas morio* en “Repti food”, Lima, Perú, que se encontraban en el estadio 3 o 4 de su crecimiento. Los materiales utilizados fueron el poliuretano (esponja de fibra verde), los cuales se cortaron en láminas de 2.5 cm x 1 cm y polipropileno (pellet).

Para las mediciones de los grupos se optó por realizarlo cada 7 días, teniendo una duración de 4 semanas, es decir 28 días. Se realizaron un total de 3 grupos con dietas diferentes y por triplicado cada uno de ellos. Además, se realizó la separación de estos grupos por tiempos T1 (7 días), T2 (14 días), T3 (21 días) y T4 (28 días) como se puede apreciar en la Figura 4.

Cada uno de los grupos estuvo conformado por 30 larvas las cuales fueron alimentadas con 2 gr de PU, PP y salvado de trigo, este último como grupo de

control. Los grupos fueron colocados dentro de vasos precipitados de 500 mL, obteniendo un total de 1440 larvas utilizadas distribuidas en los 48 vasos precipitados. Por otro lado, se llevó un control de la supervivencia, longitud y masa de las larvas para observar su desarrollo con los 3 tipos de alimentos. También, se consideraron la masa de las excretas y de los plásticos correspondientes a cada uno de los grupos. Por otra parte, todos los contenedores estuvieron a condiciones ambientales que registraban temperatura ambiental de  $25 \pm 5$  °C, así como a una humedad relativa de  $70 \pm 5$  % (Yang et al. 2020).

**Figura 3. Metodología gráfica de la primera etapa.**



Fuente: Elaboración propia.

### Segunda etapa:

#### Pesaje de los residuos de Poliuretano y Polipropileno

Pasados los 28 días de la experimentación, se retiraron los residuos plásticos de los vasos precipitados, esto con la intención de colocarlos en una caja organizadora, la que tenía sílica, este se dejó por un periodo de 24 horas para su posterior pesaje.

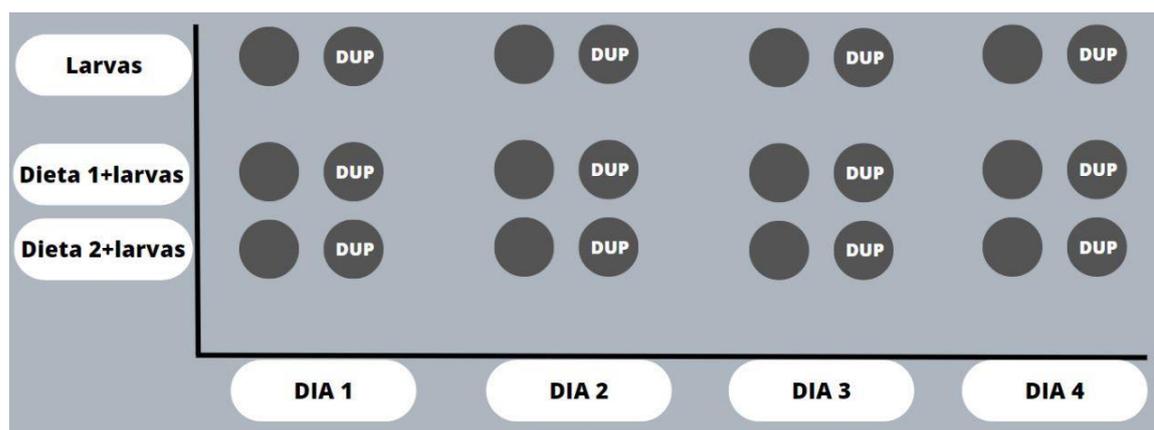
### Tercera etapa:

#### Prueba de respirometría

Por otra parte, se colocaron 2 grupos con 10 larvas alimentadas con polipropileno y poliuretano. Además, se agregó un grupo con solo larvas de *Zophobas morio* con el fin de obtener una comparación entre todos los grupos con respecto a la acumulación de CO<sub>2</sub>. Todos los frascos se sellaron con parafilm para evitar contaminación cruzada con el aire exterior. El análisis de la acumulación del gas se realizó por tiempos siendo T1 (1 día), T2 (2 días), T3 (3 días) y T4 (4 días), para esta medición se utilizó un equipo medidor de CO<sub>2</sub> (Dongguan Jinlide Electronic Technology), que cuenta con un Sensor Infrarrojo No Dispersivo (NDIR) establecido en la Norma ISO 16000-26: Estrategia de Muestreo de Dióxido de Carbono.

Antes de iniciar las mediciones, se consideró un tiempo de 10 minutos para que el equipo se estabilice. Seguidamente, se midió el CO<sub>2</sub>, en un periodo de 10 a 15 minutos, en los grupos desde el T1 hasta el T4, según corresponda.

**Figura 4. Metodología gráfica para las mediciones de CO<sub>2</sub> acumulado.**



Fuente: Elaboración propia

### Quinta etapa:

Se recolectaron los datos registrados durante los 28 días de experimentación. También, se recogieron todas las evidencias fotográficas del proceso tanto en la biodegradación como en el cambio de etapa del ciclo de vida de las especies de larva. Finalmente, se analizaron los datos en el programa

SPSS y los gráficos se realizaron con Microsoft Excel, el cual contribuyó, también, a la realización de fórmulas.

**Tabla 5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos para la biodegradación con larvas.**

<i>Etapa</i>	<i>Técnica</i>	<i>Instrumento</i>	<i>Resultado</i>
Primera	Observación	Seguimiento de contactos para la obtención de larvas.	- Compra de 3000 larvas. - Evidencia fotográfica.
Segunda	Observación	- Ficha técnica N° 1 - Ficha técnica N° 2 - Ficha técnica N° 3	- Datos que se obtuvieron a partir de las fichas técnicas. - Evidencia fotográfica.
Tercera	Observación y recolección de datos	Análisis de datos en Microsoft Excel y SPSS.	- Análisis de los resultados obtenidos en cuadros y discusión con otros autores. - Evidencia fotográfica.

Fuente: Espinoza, J. (2018, p. 26).

### 3.6. Método de análisis de datos

Para la recolección de datos se llevará un registro del número de experimentos y análisis de las larvas durante el tiempo que el investigador considere, en este caso, siendo de unos 28 días, todo ello será anotado en fichas técnicas donde se especificará, principalmente, las condiciones operativas en el desarrollo, y la capacidad de consumo que tienen las larvas al momento de biodegradar el PU y PP, por otro lado, el análisis de respirometría llegó a tener un periodo de 4 días, en donde se determinó la cantidad de CO<sub>2</sub> que se genera durante el consumo del plástico que realizan las larvas.

Con la información registrada en las fichas técnicas se elaborarán bases de datos en el software SPSS para su análisis y posteriormente se registrarán en Microsoft Excel, programa en donde se graficaron los resultados del trabajo.

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación que se presenta ha sido realizada a partir de la búsqueda de información de diversos autores que han realizado investigaciones publicadas en artículos científicos, libros, tesis y manuales, los cuales nos guían una adecuada exploración de variables teóricamente. Cabe destacar que en esta investigación se respetaron los derechos del autor en las ideas plasmadas en cada párrafo, ello se citó siguiendo el manual ISO proporcionado por la Universidad César Vallejo.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Objetivo General

Determinar si la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* posibilita la reducción de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

#### 4.1.1. Cambios en la masa plástica

##### Biodegradación de poliuretano por larvas de *Zophobas morio*

**Tabla 6. Variación de masas del poliuretano**

Tiempo	Grupo	Variación de masa del poliuretano			
		Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de masas (g)	Variación de masa (%)
28 días	D1	2,0669	2,0438	0,0231	1,2
	R1	2,0193	2,0066	0,0127	0,63
	R2	2,0575	2,0543	0,0032	0,16
Total		16,3185	16,2155	0,1031	-
Promedio		2,0398	2,0269	0,0129	0,63

Nota: R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 6**, se muestra la diferencia en las masas de los plásticos para el segundo tratamiento con poliuretano como única dieta como consecuencia del consumo por larvas *Z. morio* durante los 28 días a su exposición. El mayor consumo se presenta en el grupo D2 con 0,0231 gramos, por otro lado, el menor consumo se presentó en R2 con 0,0032 gramos. El consumo promedio total para esta dieta fue de 0,0129 gramos y su variación de masa es 0,63%.

## Biodegradación de polipropileno por larvas de *Zophobas morio*.

**Tabla 7. Variación de masas del polipropileno**

Tiempo	Grupo	Variación de masa del polipropileno			
		Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de masas (g)	Variación de masa (%)
28 días	D 2	2,0197	2,0167	0,0030	0,15
	R 1	2,0503	2,0433	0,0070	0,34
	R 2	2,0097	2,0052	0,0045	0,22
Total		24,4497	24,4241	0,0256	-
Promedio		2,0375	2,0353	0,0021	0,11

Nota: R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 7**, se observa la diferencia en las masas del plástico para el primer tratamiento con polipropileno como consecuencia del consumo por larvas *Z. morio* durante los 28 días a su exposición. El mayor consumo se presenta en el grupo R1 con 0,0070 gramos. Por otro lado, el menor consumo se presentó en el grupo D1 0,0030 gramos. En consecuencia, el consumo promedio total para esta dieta fue de 0,0021 gramos y su variación de masa es 0,11%.

**Tabla 8. Variación de masas en la dieta control (Salvado de trigo)**

Tiempo	Grupo	Variación de masa de la dieta control			
		Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de masas (g)	Variación de masa (%)
28 días	C	2,0272	1,4292	0,5980	29,50
	R1	2,0053	1,4166	0,5887	29,36
	R2	2,0488	1,1215	0,9273	45,26
Total		6,0813	3,9673	2,114	-
Promedio		2,0271	1,3224	0,7047	34,71

Nota: C: control, R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 8**, se muestra la diferencia en las masas de los plásticos para el grupo control con salvado de trigo como única dieta como consecuencia del consumo por larvas *Z. morio* durante los 28 días a su exposición. El mayor consumo se presenta en el grupo R2 con 0,9273 gramos, por otro lado, el menor consumo se presentó en R1 con 0,5887 gramos. El consumo promedio total para esta dieta fue de 2,114 gramos y su variación de masa es 34,71%.

### **Prueba de hipótesis general**

#### **Prueba de normalidad**

**H0:** Los datos obtenidos tienen distribución normal.

**H1:** Los datos obtenidos NO tienen distribución normal.

**Tabla 9. Prueba de normalidad para la hipótesis general.**

<b>Diferencia de masas de poliuretano y polipropileno por larvas de <i>Zophobas morio</i></b>	
<b>Poliuretano</b>	<b>Polipropileno</b>
Regla de decisión: Si el valor de Sig. es menor o igual a 0,05, se rechaza H0.	
El nivel de significancia utilizado de 0.05 es mayor que la significancia obtenida ( <b>0.002</b> ), por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.	El nivel de significancia utilizado de 0.05 es menor que la significancia obtenida ( <b>0.085</b> ), por lo que se acepta H0.

**Fuente:** Elaboración propia.

Según se demuestra en la **Tabla 9**, se infiere que los datos para la masa consumida de poliuretano no cumplen con una distribución normal; por lo tanto, se aplicó una prueba no paramétrica. En tanto, para la masa consumida de polipropileno, los datos cumplen con una distribución normal; por lo que se aplicó una prueba paramétrica (**Ver anexo 9**).

### **Hipótesis general**

Se presenta la hipótesis general, la cual se sometió a una prueba paramétrica T para la dieta con poliuretano y una prueba no paramétrica de Wilcoxon para la dieta con polipropileno (**Ver anexo 9**).

**H0:** La biodegradación con larvas de *Zophobas morio* NO reduce significativamente los residuos de poliuretano y polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

**H1:** La biodegradación con larvas de *Zophobas morio* reduce significativamente los residuos de poliuretano y polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

**Tabla 10. Prueba de hipótesis para la diferencia de masas de poliuretano y polipropileno.**

Poliuretano	Polipropileno
Regla de decisión: Si el valor de Sig. es menor o igual a 0,05, se rechaza H0.	
Valor de Sig. = 0,013	Valor de Sig. = 0,005
<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.	<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a la **tabla 10**, se demuestra que existe evidencia estadística para aceptar H1, por ello, se concluye que la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* reduce significativamente los residuos de poliuretano y polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

#### **4.2. Objetivo Específico 1**

Evaluar el desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

##### **4.2.1. Cambios en la masa de las larvas *Zophobas morio***

**Variación en la masa de las larvas *Zophobas morio* con poliuretano como única dieta.**

**Tabla 11. Variación de masas de las larvas para la dieta con Poliuretano**

Tiempo (días)	Grupo	Variación de masa de las larvas <i>Zophobas morio</i>				
		Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de masas (g)	Promedio	Variación de masa (%)
7	D1	0.0649	0.0791	0.0142	0.0720	21.88
	R1	0.0886	0.0890	0.0004	0.0888	0.45
	R2	0.1078	0.1235	0.0157	0.1157	14.56
14	D1	0.0780	0.1386	0.0606	0.1083	77.69
	R1	0.1060	0.1083	0.0023	0.1072	2.17
	R2	0.0994	0.2013	0.1019	0.1504	102.52
21	D1	0.0930	0.1009	0.0079	0.0970	8.49
	R1	0.0861	0.0982	0.0121	0.0922	14.05
	R2	0.0861	0.1126	0.0265	0.0994	30.78
28	D1	0.0739	0.0854	0.0115	0.0797	15.56
	R1	0.0571	0.1067	0.0496	0.0819	86.87
	R2	0.0994	0.1044	0.0050	0.1019	5.03
Total		1.0403	1.3480	0.3077	1.1942	-
Promedio		0.0867	0.1123	0.0256	0.0995	29.53

Nota: R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 11**, se presentan las masas iniciales y finales de las larvas de *Zophobas morio* durante el tratamiento de la primera dieta (poliuretano). El mayor aumento de masa larvaria se registró a los 14 días, para la R2 con 0,0571 gr.,

mientras que la menor masa larvaria se registró en el día 21 para R1 con una pérdida de 0,0002 gr. El promedio total de diferencia de masa larvaria fue 0,0995 gr., lo que representa que las masas de las larvas aumentaron en 29,53%.

**Variación en la masa de las larvas *Zophobas Morio* con polipropileno como única dieta.**

**Tabla 12. Variación de masas de las larvas para la dieta con Polipropileno**

Tiempo (días)	Grupo	Variación de masa de las larvas <i>Zophobas morio</i>				
		Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de masas (g)	Promedio	Variación de masa (%)
7	D2	0,0677	0,0696	0,0019	0,0687	2,81
	R1	0,0643	0,0686	0,0043	0,0665	6,69
	R2	0,0767	0,0923	0,0156	0,0845	20,34
12	D2	0,0671	0,1242	0,0571	0,0957	85,10
	R1	0,0754	0,1053	0,0299	0,0904	39,66
	R2	0,0660	0,0968	0,0308	0,0814	46,67
21	D2	0,0689	0,0964	0,0275	0,0827	39,91
	R1	0,0884	0,0882	- 0,0002	0,0883	-0,23
	R2	0,0952	0,0956	0,0004	0,0954	0,42
28	D2	0,1160	0,1322	0,0162	0,1241	13,97
	R1	0,0527	0,0982	0,0455	0,0755	86,34
	R2	0,0708	0,1263	0,0555	0,0986	78,39
Total		0,9092	1,1937	0,2845	1,0515	-

Promedio	0,0758	0,0995	0,0237	0,0877	31,27
----------	--------	--------	--------	--------	-------

Nota: R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 12**, se presentan las masas iniciales y finales de las larvas de *Zophobas morio* durante el tratamiento de la segunda dieta (polipropileno). El mayor aumento de masa larvaria se registró a los 12 días para la D2 con 0,0571 g., mientras que la menor masa larvaria se registró en el día 21 para R1 con una pérdida de 0,0002 g. El promedio total de diferencia de masa larvaria fue 0,0877 g, lo que representa que las masas de las larvas aumentaron en 31,27%.

**Variación en la masa de las larvas Zophobas Morio con salvado de trigo como única dieta.**

**Tabla 13. Variación de masas de las larvas para la dieta control (Salvado de Trigo)**

Tiempo (días)	Grupo	Variación de masa de las larvas <i>Zophobas morio</i>				
		Masa inicial (g)	Masa final (g)	Diferencia de masas (g)	Promedio	Variación de masa (%)
7	C	0,0588	0,0500	-0,0088	0,0544	-14,97
	R1	0,0757	0,0767	0,0010	0,0762	1,32
	R2	0,0659	0,1341	0,0682	0,1000	103,49
14	C	0,0737	0,1089	0,0352	0,0913	47,76
	R1	0,1003	0,1679	0,0676	0,1341	67,40
	R2	0,1373	0,1538	0,0165	0,1456	12,02
21	C	0,0969	0,1214	0,0245	0,1092	25,28
	R1	0,0815	0,1411	0,0596	0,1113	73,13
	R2	0,0845	0,1269	0,0424	0,1057	50,18
28	C	0,0894	0,1374	0,0480	0,1134	53,69
	R1	0,1053	0,0957	-0,0096	0,1005	-9,12
	R2	0,0754	0,1235	0,0481	0,0995	63,79
Total		1,0447	1,4374	0,3927	1,2411	-
Promedio		0,0871	0,1198	0,0327	0,1035	37,54

Nota: C: control, R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 13**, se presentan las masas iniciales y finales de las larvas de *Zophobas morio* durante el tratamiento del grupo control (salvado de trigo). El mayor aumento de masa larvaria se registró a los 7 días para la R2 con 0,0682 g., mientras que la menor masa larvaria se registró en el mismo tiempo para el grupo C con una pérdida de 0,0088 g. El promedio total de diferencia de masa larvaria fue 0,0327 g, lo que representa que las masas de las larvas aumentaron en 37,54%.

#### 4.2.2. Cambios en la longitud de las larvas *Zophobas Morio*

**Variación en la longitud de las larvas *Zophobas Morio* con poliuretano como única dieta.**

**Tabla 14. Variación de longitudes del *Zophobas morio* para la dieta con Poliuretano**

Tiempo (días)	Grupo	Variación de longitud de las larvas <i>Zophobas morio</i>			
		Longitud inicial (cm)	Longitud final (cm)	Diferencia de longitudes (cm)	Variación de longitud (%)
7	D1	1,98	2,11	0,13	6,57
	R1	2,23	2,15	-0,08	3,59
	R2	2,24	2,51	0,27	12,06
14	D1	1,98	2,52	0,54	27,27
	R1	2,32	2,36	0,04	1,72
	R2	2,30	3,00	0,70	30,43
21	D1	2,29	2,37	0,08	3,49
	R1	2,19	2,43	0,11	5,02
	R2	2,21	2,51	0,30	13,57
28	D1	2,00	2,39	0,39	19,50
	R1	1,87	2,25	0,38	20,32
	R2	2,24	2,59	0,35	15,63

Total	25,85	29,19	3,21	-
Promedio	2,15	2,43	0,27	12,56

Nota: R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 14**, se presentan las longitudes iniciales y finales de las larvas de *Zophobas morio* durante las 4 semanas de biodegradación de residuos de poliuretano como único alimento. El mayor crecimiento larvario se registró en R2 a los 14 días con 0,70 cm, mientras que el menor crecimiento larvario se registró en R1 con 0,04 cm, sin embargo en el grupo R1 a los 7 días se notó un decrecimiento de 0,08 cm. El promedio total de diferencia longitudinal larvaria fue 0,27 cm, lo que representa que las longitudes de las larvas aumentaron en 12,56%.

**Variación en la longitud de las larvas *Zophobas Morio* con polipropileno como única dieta.**

**Tabla 15. Variación de longitudes del *Zophobas morio* para la dieta con Polipropileno**

Tiempo (días)	Grupo	Variación de longitud de las larvas <i>Zophobas morio</i>			
		Longitud inicial (cm)	Longitud final (cm)	Diferencia de longitudes (cm)	Variación de masa (%)
7	D2	1,95	2,01	0,06	3,08
	R1	1,96	1,97	0,01	0,51
	R2	1,99	2,18	0,19	9,55
14	D2	2,03	2,04	0,01	0,49
	R1	2,17	2,20	0,03	1,38
	R2	2,06	2,28	0,22	10,68
21	D2	1,98	2,43	0,45	22,73
	R1	2,15	2,41	0,26	12,09
	R2	2,23	2,39	0,16	7,17
28	D2	2,26	2,59	0,33	14,60
	R1	1,79	2,49	0,70	39,11
	R2	1,97	2,75	0,78	39,59
Total		24,54	27,74	3,20	-
Promedio		2,05	2,31	0,27	13,17

Nota: R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 15**, se presentan las longitudes iniciales y finales de las larvas de *Zophobas morio* durante las 4 semanas de biodegradación de residuos de

poliuretano como único alimento. El mayor crecimiento se registró a los 28 días para R2 con 0,78 cm., mientras que el menor crecimiento se registró a los 7 días para R1 con 0,01 cm. El promedio total de diferencia de masa larvaria fue 0,27 cm, lo que representa que las longitudes de las larvas aumentaron en 13,17%.

**Variación en la longitud de las larvas *Zophobas Morio* con salvado de trigo como única dieta**

**Tabla 16. Variación de longitudes del *Zophobas morio* para la dieta control (Salvado de Trigo)**

Tiempo (días)	Grupo	Variación de longitud de las larvas <i>Zophobas morio</i>			
		Longitud inicial (cm)	Longitud final (cm)	Diferencia de longitudes (cm)	Variación de masa (%)
7	C	1,91	1,89	-0,02	-1,05
	R1	2,14	2,21	0,07	3,27
	R2	2,09	2,11	0,02	0,96
14	C	2,07	2,42	0,35	16,91
	R1	2,30	2,47	0,17	7,39
	R2	2,47	2,60	0,13	5,26
21	C	2,23	2,64	0,41	18,39
	R1	2,29	2,67	0,38	16,59
	R2	2,17	2,60	0,43	19,82
28	C	2,18	2,72	0,54	24,77
	R1	2,22	2,51	0,29	13,06
	R2	2,09	2,71	0,62	29,67
Total		26,16	29,55	3,39	-
Promedio		2,18	2,46	0,28	12,84

Nota: C: control, R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 16**, se presentan las longitudes iniciales y finales de las larvas de *Zophobas morio* durante las 4 semanas de biodegradación de residuos de poliuretano como único alimento. El mayor crecimiento se registró a los 28 días para R2 con 0,62 cm., mientras que el menor crecimiento se registró a los 7 días para C con un decrecimiento de 0,02 cm. El promedio total de diferencia de masa larvaria fue 0,28 cm, lo que representa que las longitudes de las larvas aumentaron en 12,84%.

## Tasa de supervivencia de las larvas *Zophobas morio*

**Tabla 17. Tasa de supervivencia de las larvas *Zophobas morio* para el tiempo 1 (7 días)**

Dieta	GRUPOS	Número de Larvas			Tasa de Supervivencia (%)
		Día 1	Día 7	Decesos	
PU	D1	30	17	13	57
	R1	30	25	5	83
	R2	30	20	10	67
PP	D2	30	24	6	80
	R1	30	20	10	67
	R2	30	19	11	63
Control	C	30	24	6	80
	R1	30	26	4	87
	R2	30	18	12	60
Total		270	193	77	-
Promedio		30	21	9	70

Nota: C: control, R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 17**, se muestra la tasa de supervivencia de 30 larvas de *Z. morio* en los primeros 7 días de biodegradación. Para la dieta de poliuretano, se registró un 83% de supervivencia en R1; en la dieta de polipropileno, se registró un 80% de supervivencia en D2; y en la dieta control, se registró un 87% en R1. Con respecto al total inicial de 270 larvas, se registraron 77 decesos, por lo cual la tasa de supervivencia promedio a los 7 días fue de 70%.

**Tabla 18. Tasa de supervivencia de las larvas *Zophobas morio* para el tiempo 2 (14 días)**

Dieta	GRUPOS	Número de Larvas			Tasa de Supervivencia (%)
		Día 1	Día 14	Decesos	
Poliuretano	D1	30	10	20	33
	R1	30	16	14	53
	R2	30	27	3	90
Polipropileno	D2	30	19	11	63
	R1	30	18	12	60
	R2	30	13	17	43
Control	C	30	13	17	43
	R1	30	15	15	50
	R2	30	22	8	73
Total		270	153	117	-
Promedio		30	17	13	57

Nota: C: Control, R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 18**, se muestra la tasa de supervivencia de 30 larvas de *Z. morio* en los primeros 14 días de biodegradación. Para la dieta de poliuretano, se registró un 90% de supervivencia en R2; en la dieta de polipropileno, se registró un 63% de supervivencia en D2; y en la dieta control, se registró un 73% en R2. Con respecto al total inicial de 270 larvas, se registraron 117 decesos, por lo cual la tasa de supervivencia promedio a los 14 días fue de 57%.

**Tabla 19. Tasa de supervivencia de las larvas *Zophobas morio* para el tiempo 3 (21 días)**

Dieta	GRUPOS	Número de Larvas			Tasa de Supervivencia (%)
		Día 1	Día 21	Decesos	
PU	D1	30	18	12	60
	R1	30	15	15	50
	R2	30	15	15	50
PP	D2	30	12	18	40
	R1	30	20	10	67
	R2	30	20	10	67
Control	C	30	14	16	47
	R1	30	15	15	50
	R2	30	14	16	47
Total		270	143	127	-
Promedio		30	15,89	14,11	53

Nota: C: Control, R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 19**, se muestra la tasa de supervivencia de 30 larvas de *Z. morio* en los primeros 21 días de biodegradación. Para la dieta de poliuretano, se registró una tasa de supervivencia de 60% en D1; en la dieta de polipropileno, se registró un 67% de tasa de supervivencia en R1 y R2; y en la dieta control, se registró un 50% de tasa de supervivencia en R1. Con respecto al total inicial de 270 larvas, se registraron 127 decesos, por lo cual la tasa de supervivencia promedio a los 21 días fue de 53%.

**Tabla 20. Tasa de supervivencia de las larvas *Zophobas morio* para el tiempo 4 (28 días)**

Dieta	GRUPOS	Número de Larvas			Tasa de Supervivencia (%)
		Día 1	Día 28	Decesos	
PU	D1	30	15	15	50
	R1	30	6	24	20
	R2	30	17	13	57
PP	D2	30	18	12	60
	R1	30	7	23	23
	R2	30	8	22	27
Control	C	30	12	18	40
	R1	30	15	15	50
	R2	30	12	18	40
Total		270	110	160	-
Promedio		30	12	18	41

Nota: C: Control, R1: repetición 1, R2: repetición 2.

**Fuente:** Elaboración propia

En la **tabla 20**, se muestra la tasa de supervivencia de 30 larvas de *Z. morio* en los primeros 28 días de biodegradación. Para la dieta de poliuretano, se registró un 57% de supervivencia en R2; en la dieta de polipropileno, se registró un 60% de supervivencia en D2; y en la dieta control, se registró un 50% en R1. Con respecto al total inicial de 270 larvas, se registraron 160 decesos, por lo cual la tasa de supervivencia promedio a los 28 días fue de 41%.

**Tabla 21. Variación de supervivencia de las larvas *Zophobas morio* del tiempo 1 al tiempo 4**

Grupos	Supervivencia de Larvas (%)			
	7 Días	14 Días	21 Días	28 Días
D1	68,89	58,89	56,67	42,22
D2	70	55,55	57,78	36,67
C	75,56	55,55	47,78	43,33
Promedio	71,48	56,66	54,08	40,74

Nota: C: Control, D1: dieta 1, D2: dieta 2

**Fuente:** Elaboración propia

Como se aprecia en la **tabla 21**, es evidente que el porcentaje de supervivencia a los 28 días fue menor en comparación con los primeros 7 días. La tasa promedio de supervivencia al final del experimento fue de 40,74%. Este resultado indica un descenso en la supervivencia a medida que transcurre el tiempo.

### **Prueba de hipótesis específica 1**

#### **Prueba de normalidad**

**H0:** Los datos obtenidos tienen distribución normal.

**H1:** Los datos obtenidos NO tienen distribución normal.

**Tabla 22. Prueba de normalidad para la hipótesis específica 1.**

Masa de larvas	
Poliuretano	Polipropileno
Sig : 0,04; Nivel de significancia: 0,05	Sig : 0,00; Nivel de significancia: 0,05
Longitud de larvas	
Poliuretano	Polipropileno
Sig : 0,98; Nivel de significancia: 0,05	Sig : 0,07; Nivel de significancia: 0,05
Tasa de supervivencia	
Poliuretano	Polipropileno
Sig : 0,88; Nivel de significancia: 0,05	Sig : 0,32; Nivel de significancia: 0,05
Regla de decisión: Si el valor de Sig. es menor o igual a 0,05, se rechaza H0.	

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a la **tabla 22**, se infiere que los datos obtenidos para la masa de larvas en ambas dietas (poliuretano y polipropileno) no cumplen con una distribución normal, por lo que se aplicó una prueba no paramétrica. En cambio, las longitudes de las larvas y tasa de supervivencia en poliuretano y polipropileno si cumplen con una distribución normal, por lo que se aplicó una prueba paramétrica (**Ver anexo 9**).

### **Hipótesis específica 1**

Se presenta la hipótesis específica 1, la cual se sometió a pruebas no paramétricas de Wilcoxon para la diferencia de masas de las larvas y pruebas paramétricas T para la diferencia de longitudes de larvas y tasas de supervivencia (**Ver anexo 9**).

**H0:** El desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* NO es significativo en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

**H1:** El desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* es significativo en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

**Tabla 23. Prueba de hipótesis específica 1**

Masa de larvas	
Poliuretano	Polipropileno
Sig:0,002; Nivel de significancia:0,05	Sig:0,041; Nivel de significancia: 0,05
<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.	<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.
Longitud de larvas	
Poliuretano	Polipropileno
Sig:0,001; Nivel de significancia: 0,05	Sig:0,00; Nivel de significancia:0,05
<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.	<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.
Tasa de supervivencia	
Poliuretano	Polipropileno
Sig:0,00 ; Nivel de significancia: 0,05	Sig:0,00 ; Nivel de significancia:0,05
<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.	<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H0 y se acepta H1.
Regla de decisión: Si el valor de Sig. es menor o igual a 0,05, se rechaza H0.	

**Fuente:** Elaboración propia

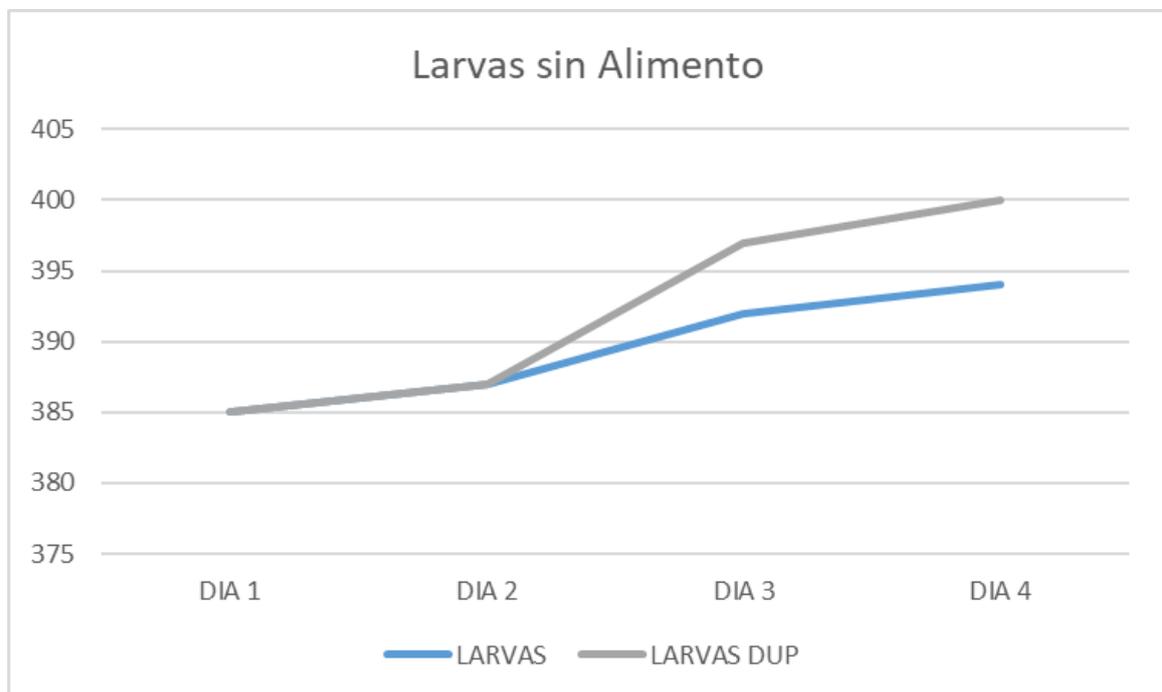
De acuerdo a la **tabla 23**, se demuestra que existe evidencia estadística para aceptar H1, por ello, se concluye que el desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* es significativo en la biodegradación de residuos de poliuretano y polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

### 4.3. Objetivo Específico 2

Evaluar el CO<sub>2</sub> que se emite en la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

#### 4.3.1. Generación de CO<sub>2</sub> en el primer día

**Gráfico 1. Generación de CO<sub>2</sub> por las larvas *Zophobas Morio* sin alimento**

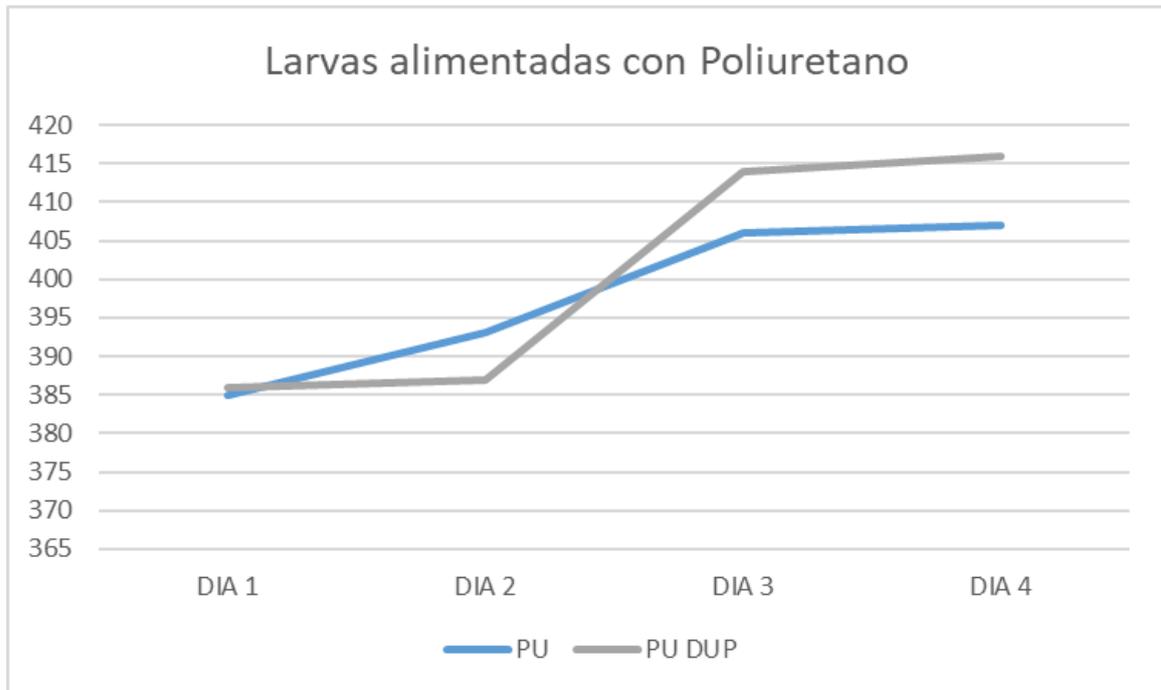


Nota: DUP: Repetición 2

**Fuente:** Elaboración propia

En el **gráfico 1**, se muestra la generación de CO<sub>2</sub> que presentaron las larvas sin alimento en 4 días. Se registró que, en el último día, hubo presencia de mayor generación de CO<sub>2</sub> con 394 ppm y 400 ppm del grupo de larvas y larvas DUP, respectivamente y la menor cantidad de gas en el primer día, teniendo como valor 385 ppm en ambos grupos.

**Gráfico 2. Generación de CO2 por las larvas *Zophobas Morio* con poliuretano como único alimento**

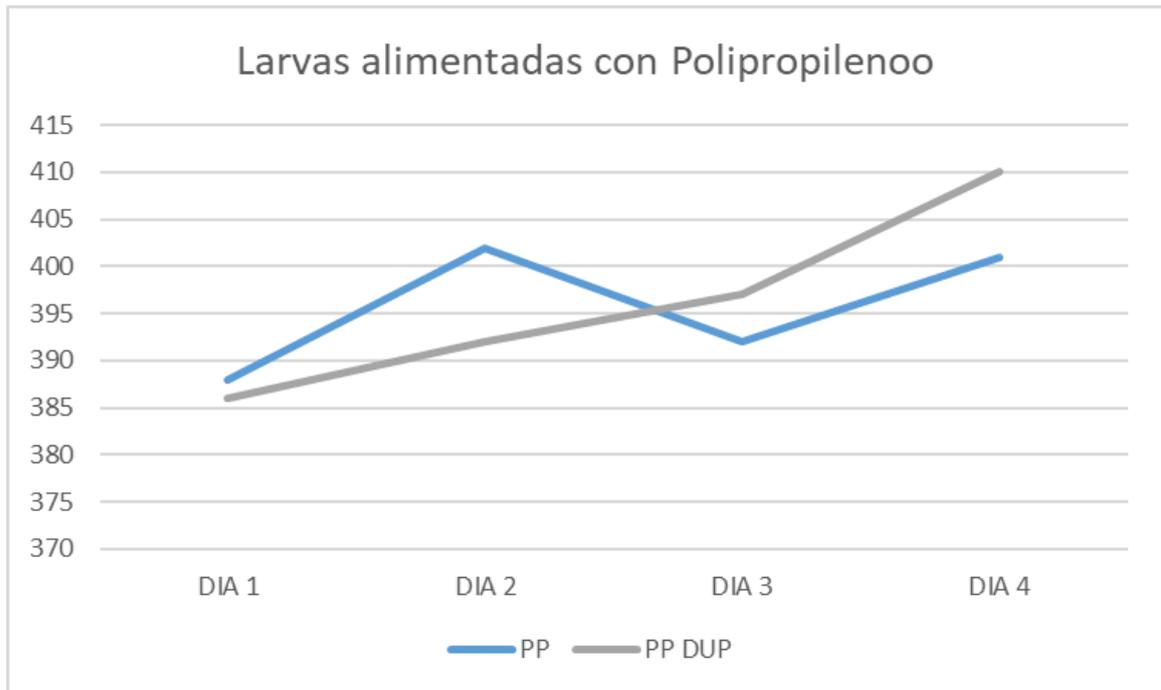


Nota: PU: Poliuretano; DUP: Repetición 2

**Fuente:** Elaboración propia

En el **gráfico 2**, se muestra la generación de CO2 que presentaron las larvas sin alimento en 4 días. Se registró que, en el último día, hubo presencia de mayor generación de CO2 con 407 ppm y 416 ppm del grupo de PU y PU DUP, respectivamente y la menor cantidad de gas en el primer día, teniendo como valor 385 ppm y 386 ppm para PU y PU DUP, respectivamente.

**Gráfico 3. Generación de CO2 por las larvas *Zophobas Morio* con polipropileno como único alimento**



Nota: PU: Poliuretano; DUP: Repetición 2

**Fuente:** Elaboración propia

En el **gráfico 3**, se muestra la generación de CO2 que presentaron las larvas con PU como única dieta en 4 días. Finalmente, se registró en el último día mayor generación de CO2 con 401 ppm y 410 ppm para PP y PP DUP, respectivamente. Por otro lado, se observó menor presencia de CO2 en el primer día para el grupo de PP con 388 ppm y para el grupo PU DUP 386 ppm.

### **Prueba de hipótesis específica 2**

#### **Prueba de normalidad**

**H0:** Los datos obtenidos tienen distribución normal.

**H1:** Los datos obtenidos NO tienen distribución normal.

**Tabla 24. Prueba de normalidad para la hipótesis específica 1.**

Prueba de normalidad para el CO2	
Poliuretano	Polipropileno
Sig : 0,078; Nivel de significancia: 0,05	Sig : 0,309; Nivel de significancia: 0,05
Regla de decisión: Si el valor de Sig. es menor o igual a 0,05, se rechaza la H0.	

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a la **tabla 24**, se infiere que los datos obtenidos para la generación de dióxido de carbono cumplen con una distribución normal, por lo que se aplicó una prueba paramétrica (**Ver anexo 9**).

### **Hipótesis específica 2**

Se presenta la hipótesis específica 2, la cual se sometió a pruebas paramétricas de T-student para la generación de dióxido de carbono (**Ver anexo 9**).

**H0:** Las larvas de *Zophobas morio* NO emiten significativamente CO2 en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

**H1:** Las larvas de *Zophobas morio* emiten significativamente CO2 en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

**Tabla 25. Prueba de hipótesis específica 2**

Generación de CO <sub>2</sub>	
Poliuretano	Polipropileno
Sig: 0,030; Nivel de significancia: 0,05	Sig: 0,015; Nivel de significancia: 0,05
<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H <sub>0</sub> y se acepta H <sub>1</sub> .	<b>Prueba de hipótesis:</b> En tanto, el valor de Sig. es menor que el nivel de significancia, por lo que se rechaza H <sub>0</sub> y se acepta H <sub>1</sub> .
Regla de decisión: Si el valor de Sig. es menor o igual a 0,05, se rechaza H <sub>0</sub> .	

**Fuente:** Elaboración propia.

De acuerdo a la **tabla 25**, se demuestra que existe evidencia estadística para rechazar H<sub>0</sub>, por ello, se concluye que las larvas de *Zophobas morio* emiten significativamente CO<sub>2</sub> en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El **objetivo general** fue determinar la capacidad de las larvas de *Zophobas morio* para biodegradar residuos de poliuretano y polipropileno. Los resultados obtenidos indicaron que las larvas *Zophobas Morio* fueron capaces de reducir los residuos de PU y PP, aunque en menor medida que el grupo de control que recibió salvado de trigo como alimento. Además, cabe resaltar, en este presente estudio se utilizaron larvas en sus primeros estadíos para evitar que alcancen el estado de pupa rápidamente. En el caso del PU, se observó una reducción en su masa porcentual de 0,11%, mientras que para el PP la reducción fue de 0,63%. Estos valores indican que las larvas fueron capaces de biodegradar los materiales, aunque en una proporción menor que el grupo de control con salvado de trigo, el cual registró una reducción en su masa porcentual de 34,71%. En cuanto al consumo total de PU por 30 larvas durante 28 días, se encontró que fue de 12,9 mg, en comparación con un estudio previo realizado por **Wang et al. (2022)** el cual utilizó 30 larvas de la misma especie que consumieron  $26,23 \pm 1,03$  mg de PU durante 35 días. Esto significa que las larvas utilizadas en la presente investigación tuvieron un consumo mucho menor de PU en comparación con el estudio anterior. Por otro lado, se comparó el consumo de *Z. morio* con el de las larvas de *Tenebrio molitor*. Se encontró que las larvas de *Zophobas morio* tuvieron un consumo acumulativo de  $26,23 \pm 1,03$  mg PU, siendo superior al consumo de  $2,34 \pm 0,12$  mg PU realizado por *Tenebrio molitor*. En cuanto al consumo total de PP por 30 larvas durante 28 días, en el presente estudio, se registró un valor de 2,1 mg, comparado con los resultados de **Yang et al. (2021)**, el consumo fue de  $23,64 \pm 15$  mg de PP por 30 larvas de *Zophobas morio*. Esto se debe a diferentes condiciones ambientales y al tamaño de las larvas utilizadas en cada estudio. Sin embargo, es importante destacar que alimentar a las larvas exclusivamente con plástico puede no ser la mejor opción como sugiere el autor. En dicho estudio, se llevaron a cabo grupos alimentados con polipropileno solo y polipropileno con salvado. Estas comparaciones revelaron que la inclusión de salvado mejoró significativamente el consumo de polipropileno, ello debido a que el salvado proporcionó la nutrición adecuada para una mejor digestión del alimento.

Según **Peng et al. (2022)** las larvas de *Zophobas morio* llegaron a consumir 43,3 mg y 52,9 mg espuma de poliestireno (PS) y espuma de polietileno de baja densidad (LDPE), respectivamente, esto en un periodo de 28 días teniendo alrededor de 100 larvas, presentándose un mayor consumo en el LDPE, pero se calcula que para 30 larvas el consumo fue de 12,99 mg y 15,87 mg para PS y LDPE, respectivamente. Esto se debe a la preferencia que tiene la larva y la dureza que el material presenta. A comparación con el estudio realizado por **Liu et al. (2022)** se observó que 108 mg/día de PU por larva de *Tenebrio molitor* consumen 0,18 mg/día por gusano durante un período de 28 días. El consumo promedio por cada 30 larvas fue de 1,4 mg en el transcurso de 28 días. Agregando a lo anterior, se observó que las larvas de *Zophobas morio* tienen un consumo mayor de este tipo de plástico en comparación con *T. molitor*, lo cual puede deberse a su mayor tamaño de larva, tal como lo menciona **Liu et al. (2022)**.

En relación al **objetivo específico 1** de este estudio, los resultados obtenidos en campo contribuyen a la evaluación del desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* en la biodegradación de residuos de poliuretano y polipropileno. En cuanto a la dieta de poliuretano se observaron cambios en la masa y longitud inicial y final de las larvas con aumentos de 0,026 g. y 0,27 cm, respectivamente; para la dieta de polipropileno se obtuvieron cambios en la masa y longitud con aumentos de 0,024 g. y 0,27 cm. El estudio de **Yang et al. (2021)** respalda los resultados obtenidos, que mostraron aumentos de masa en larvas que consumieron poliestireno y polietileno, con aumentos de  $2,5 \pm 1,0\%$  y  $8,8 \pm 2,1\%$ , respectivamente. No obstante, es importante tener en cuenta que existen otros estudios que informan una pérdida de masa en los gusanos, como lo documenta la literatura de **Bulak et al. (2021)**. En su investigación, se observó que el consumo de PU1 resultó en una pérdida de 0,028 g. en la masa larvaria y una reducción de 0,22 cm en la longitud de las larvas. Del mismo modo, al evaluar la alimentación con PU2, se registró una disminución de 0,026 g en la masa y 0,10 cm en la longitud de los bichos. Se encontraron resultados similares en estudio realizado por **Yang et al. (2021)**, donde se estableció una relación entre la pérdida de masa y el consumo de polipropileno. En una comparación realizada entre larvas sin alimento y larvas alimentadas con polipropileno, se observó que las larvas experimentaron una disminución en su peso en ambos casos. Esto es

atribuido a la falta de una fuente de nitrógeno y otros nutrientes para su supervivencia y desarrollo a largo plazo. En relación a ello, se ha observado que las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con plástico experimentan una disminución en su masa, según lo mencionado por **Wang et al. (2022)**. Esto sugiere que los plásticos no contribuyen al desarrollo y crecimiento adecuado de las larvas, ya que no son su alimento natural. Del mismo modo, **Orst et al. (2023)** han observado pérdidas de masa en los gusanos de *Zophobas morio* y atribuyen este fenómeno al gasto energético asociado con la eliminación de los compuestos tóxicos resultantes de la degradación del plástico. Estos hallazgos indican que, aunque las larvas interactúan con los plásticos y su descomposición hasta cierto punto, no se obtiene un beneficio nutricional significativo de esta interacción. Al contrario, este consumo puede tener efectos negativos en su salud debido a la presencia de compuestos tóxicos generados durante la degradación del plástico. Además, es importante tener en cuenta que la tasa de canibalismo puede ser un factor que contribuye al aumento de masa y crecimiento de las larvas. Durante la experimentación, se ha observado que las larvas de *Zophobas morio* tienen la capacidad de consumirse entre ellas, lo que les proporciona nutrientes adicionales para su crecimiento, ellos pueden ser considerado como una estrategia de supervivencia cuando las fuentes de alimento son limitadas. Por otro lado, los resultados también mostraron que la tasa de supervivencia promedio durante el periodo de 28 días fue del 42,22%, para el grupo de PU, del 36,67% para el grupo de PP y del 43,33%, para el grupo control; por lo que se infiere que el grupo control presentó una tasa de supervivencia más alta. Es importante destacar el estudio de **Wang et al. (2022)** que, en una experimentación de 45 días, se obtuvo una tasa de supervivencia del 100% para las larvas *Zophobas morio* alimentadas con salvado. Según el estudio de **Yang et al. (2020)**, la tasa de supervivencia de larvas de *Zophobas Morio* alimentadas con polipropileno fue notablemente similar a la observada en esta experimentación, alcanzando solo el 10% en un periodo de 35 días. Cabe destacar que esta tasa fue la más baja entre todos los grupos experimentales analizados y se observó que disminuye progresivamente con el paso del tiempo. Sin embargo, aún no se sabe con certeza si la biodegradación del polipropileno estimuló la mortalidad de las especies y el comportamiento caníbal. Se requiere de una investigación adicional para entender los mecanismos

involucrados. En el análisis realizado por **Yang et al. (2021)**, se notó canibalismo en todos los grupos experimentales, con tasas de 14,9%, 16% y 23% para salvado, poliestireno y polietileno de baja densidad, respectivamente. Las larvas comenzaron a canibalizar cuando encontraron fuentes de alimentación limitadas. A pesar de esto, se observó que las tasas de supervivencia de los gusanos fueron altas y similares a las encontradas en el presente estudio.

En consideración al **objetivo específico 2** de la presente investigación, donde aquellos resultados contribuyen a la evaluación del CO<sub>2</sub> que se genera a partir del proceso de biodegradación con larvas de *Zophobas morio* en residuos de poliuretano y polipropileno, para ello se consideró lo que mencionan **Yang et al. (2020)**, la resta de la cantidad de CO<sub>2</sub> generada por las larvas que consumieron PU menos las larvas hambrientas, esta ecuación fue la misma para el grupo de larvas alimentada con polipropileno, viendo así la cantidad de gas que se genera dentro del proceso de biodegradación, con lo cual se obtuvieron un aumento del 4% para PU y 2.5% para la biodegradación del PP, ello en un periodo de 4 días. Así mismo, **Yang et al. (2020)** sostienen que el carbono generado a partir del consumo de poliestireno que tuvo el *Z. atratus* llegó a aumentar de 15.1% a 36.7% con 30 larvas, en un plazo de 14 días, lo que indica la mineralización del material, así mismo, el autor comenta que las larvas a las cuales les dio como alimento el PS fue más significativo que aquellas que las que no tuvieron alimento, para lo cual el autor aplicó la prueba t de student, obteniendo resultados significativos. Por otro lado, **Samir et al. (2023)** utilizando un grupo de 50 larvas de *Tenebrio molitor* se generó entre 10,3 a 32,3% de CO<sub>2</sub> al darles como alimento PS por 16 días, midiendo la cantidad de dióxido de carbono que se genera cada 4 días, siendo este un indicador importante dentro del proceso de biodegradación durante los primeros 4 días con una generación de 10,3%. Según **Yang et al. (2021)**, realizó el balance de carbono (CO<sub>2</sub> en mg/mg) con 200 larvas en un periodo de 18 días de la biodegradación de LDPE con diferentes espesores a los cuales se les denominó PE-1 (0,5 mm) y PE-2 (5 mm), esto a partir de la implementación de larvas de *T. molitor* y *T. obscurus*, donde los resultados para el PE-1 fueron de 2,37% y 1,96%, mientras que para el PE-2 llegó a ser de 1,61% y 2,5%, respectivamente. Viéndose que para el consumo de PS las larvas de *Z.*

*Atratus* generó mayor cantidad de CO<sub>2</sub> que el *T. Molitor*. Así mismo, esta especie de *Tenebrio*, también llegó a tener un mayor consumo que el *T. obscurus*.

## VI. CONCLUSIONES

- En relación al **objetivo general**, se puede concluir que la biodegradación con larvas de *Zophobas morio* si posibilita la reducción de residuos de poliuretano y polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023. En ese punto, se observó que se consumió un 0,63% de poliuretano y 0,11% de polipropileno. Siendo la reducción significativa regular de PU y PP hasta el día 28, que fue el último día de experimento.
- Respecto al **objetivo específico 1**, se concluye que el consumo de poliuretano y polipropileno contribuye al desarrollo adecuado de las larvas de *Zophobas morio*, después de haber sido expuestas al proceso de biodegradación durante 28 días. Durante este período, se observó que algunas larvas incrementaron su masa corporal y longitud 0,026 g. y 0,27 cm, respectivamente para las larvas que consumieron PU y un incremento de 0,024 g. y 0,27 cm, para aquellas que consumieron PP. Por otro lado, la tasa de supervivencia para las larvas que consumieron PU fue de 42,22% y para el PP fue de 36,67%. En consecuencia, el desarrollo de las larvas de *Zophobas morio* es significativo en la biodegradación de los residuos antes mencionados.
- Considerando el **objetivo específico 2**, se ha demostrado que durante un periodo de 4 días de análisis de CO<sub>2</sub>, se observó un aumento del 4% en la generación de CO<sub>2</sub> por parte del grupo de larvas alimentadas con poliuretano (PU), mientras que el grupo que consumió polipropileno (PP) mostró un aumento del 2.5%. Estos resultados indican que se logró una mayor biodegradación del PU en comparación con el PP. Este hallazgo es relevante, debido a la capacidad de las larvas de *Zophobas morio* para degradar y descomponer eficientemente el poliuretano en comparación con el polipropileno. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este estudio se limitó a un periodo de 4 días. Por otra parte, es importante destacar que se realizaron pruebas T para evaluar los datos de generación de CO<sub>2</sub> en larvas alimentadas con poliuretano y polipropileno. Los resultados mostraron valores de  $p= 0,02$  y  $p= 0,03$  ambos inferiores a 0,05, lo que indica que las larvas de *zophobas morio* emiten significativamente CO<sub>2</sub> en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno.

## RECOMENDACIONES

- Los resultados demostraron una biodegradación significativa mínima, por lo que se recomienda el uso de mayor cantidad de larvas en mayores estadíos apropiados para futuras investigaciones y que éstas mismas sean criadas por el investigador, ello para llevar un control de la etapa de vida de la larva antes de suministrarles residuos plásticos.
- Es recomendable dar una alta importancia a la selección del tamaño del contenedor donde se colocarán las larvas. Estas deben tener suficiente espacio para evitar el amontonamiento y, por consiguiente, el canibalismo entre ellas.
- Se recomienda realizar análisis microbiológico al extracto digestivo de la larva, debido a la presencia de diversas bacterias y enzimas que contribuyen a la biodegradación de plásticos en el tracto digestivo. La identificación y estudio de estas bacterias y enzimas involucradas son fundamentales para optimizar y entender mejor este proceso.
- Después de realizado el presente estudio se recomienda que las larvas utilizadas para la biodegradación de plásticos se deben disponer de manera correcta para no alterar el ambiente y puedan ser utilizadas, posteriormente, para la generación de biogás, ya que estas son consideradas materia orgánica. Asimismo, las excretas generadas pueden utilizarse para el mismo propósito, siendo así totalmente reutilizables para otro proceso.
- Se recuerda que las especies de larvas mencionadas, son muy frágiles al tacto brusco, por lo que, es importante precisar su adecuada y cuidadosa manipulación al realizar los experimentos para garantizar la eficiencia del proceso.

## REFERENCIAS

1. ADAM, A. SAEED, M. HUSSEIN, I. Unconventional oilseeds and oil sources. [en línea]. Academic Press, 2017. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022]. Capítulo 50: *Tenebrio molitor* Mealworm. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809435-8.00050-0>  
ISBN: 9780128094358
2. ALABI, O. OLOGBONJAYE, K. AWOSOLU, O. ALALADE, O. Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review. Journal of Toxicology and Risk Assessment. [en línea]. vol. 5, 2019. [Fecha de consulta: 15 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.23937/2572-4061.1510021>  
ISSN: 2572-4061
3. ALSHEHREI, F. Biodegradation of Synthetic and Natural Plastic by Microorganisms. Journal of Applied & Environmental Microbiology. [en línea]. Vol 5, 2017. [Fecha de consulta: 9 de julio del 2023]. Disponible en: <http://pubs.sciepub.com/jaem/5/1/2/>  
ISSN: 009-2240
4. AMAIQUEMA, F. VERA, J.ZUMBA, I. Enfoques para la formulación de la hipótesis en la investigación científica. Revista Conrado. [en línea]. vol. 15, n° 70, 2019. [Fecha de consulta: 4 de octubre del 2022]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n70/1990-8644-rc-15-70-354.pdf>  
ISSN: 1990-8644
5. ARAT, Carlos y MURILLO, Edwin. Polietileno de baja densidad funcionalizado con un poliéster polioliol altamente ramificado maleinizado. Ingeniería y Ciencia. [en línea]. vol. 12, no. 23, 2016. [Fecha de consulta: 4 de septiembre del 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v12n23/v12n23a08.pdf>  
ISSN: 2256-4314
6. ARIAS, Luis. Técnicas e Instrumentos de Investigación Científica. [en línea]. Perú: Enfoques Consulting EIRL, 2021. [Fecha de consulta: 8 de octubre de 2022]. Capítulo I: Ciencias Administrativas y Económicas. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Arias-Gonzales-3/publication/350072286\\_TECNICAS\\_E\\_INSTRUMENTOS\\_DE\\_INVESTI](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Arias-Gonzales-3/publication/350072286_TECNICAS_E_INSTRUMENTOS_DE_INVESTI)

[GACION CIENTIIFICA/links/604f8431458515e8344a4467/TECNICAS-E-INSTRUMENTOS-DE-INVESTIGACION-CIENTIIFICA.pdf](https://doi.org/10.17666/329414/2017)

ISBN: 9786124844409

7. BATISTA, Mariana & DOMINGOS, Amanda. MAIS QUE BOAS INTENÇÕES Técnicas quantitativas e qualitativas na avaliação de impacto de políticas públicas. Revista Brasileira De Ciências Sociais. [en línea]. vol. 32, n° 94, 2017. [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17666/329414/2017>  
ISSN: 1806-9053
8. BEJARANO, C. ESTEBAN, E. Hacia un perfil de la figura del asesor de investigación en el posgrado, Revista de Investigación Apuntes Universitarios. [en línea]. Vol. 12, 2022. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://apuntesuniversitarios.upeu.edu.pe/index.php/revapuntes/article/view/724/847>  
ISSN: 2304-0335
9. BOMBELLI, P. HOWE, C. BERTOCCHINI, F. Polyethylene bio-degradation by caterpillars of the wax moth Galleria mellonella. Current Biology [en línea]. vol. 27, n°. 8, 2017. [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.02.060>  
ISSN: 0960-9822
10. BONIFAZI, G. CAPOBIANCO, G. SERRANTI, S. A hierarchical classification approach for recognition of low-density (LDPE) and high-density polyethylene (HDPE) in mixed plastic waste based on short-wave infrared (SWIR) hyperspectral imaging, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. [en línea]. Vol 198, 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2018.03.006>  
ISSN 1386-1425
11. BORCHERT, E. HAMMERSCHMIDT, K. HENTSCHEL, U. DEINES, P. Enhancing Microbial Pollutant Degradation by Integrating Eco-Evolutionary Principles with Environmental Biotechnology. Trends in microbiology. [en línea]. vol. 29, n° 10, 2021. [Fecha de consulta: 11 de septiembre].

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tim.2021.03.002>

12. BORDA, B. LAHURA, N. IANNAcone J. Diagnosis on the consumption of single use plastic bags and its negative impact on the environment, Catedra Villareal. [en línea]. Vol 8, n° 2, 2020. [Fecha de consulta: 4 de septiembre del 2022]. Disponible en:  
<http://dx.doi.org/10.24039/cv202082962>  
ISSN: 2311-2212
13. BRAGADIN, M. KÄHKÖNEN, K. Valutazione della qualità del cronoprogramma per il Construction Project Management. Scholarly Journals [en línea]. vol. 20, 2020. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2022]. Disponible en:  
<https://researchportal.tuni.fi/en/publications/valutazione-della-qualit%C3%A0-del-cronoprogramma-per-il-construction->
14. BULAK, P. PROC, K. PYTLAK, A. PUSZKA, A. GAWDZIK, B. BIEGANOWSKI, A. Biodegradation of Different Types of Plastics by Tenebrio molitor Insect. Polymers [en línea]. vol. 13, n° 20, 2021. [Fecha de consulta: 12 de julio del 2023]. Disponible en  
<https://doi.org/10.3390/polym13203508>
15. BUSTAMANTE, M. ZERDA, E. OBANDO, F. TELLO, M. Fundamentos de la Calidad de Servicio, El Modelo Servqual, Revista Empresarial. [en línea]. Vol. 13, N° 2, 2019. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2022]. Disponible en:  
<https://editorial.ucsg.edu.ec/ojs-empresarial/index.php/empresarial-ucsg/article/view/159>  
ISSN: 1390-3748
16. CAMPOS, M. Biodegradación de plásticos convencionales: Estrategias y perspectivas. Tesis (Licenciado en Microbiología). España: Universidad de Almería, 2021. Disponible en:  
<http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/13496/CAMPOS%20GRANADOS%2c%20MIGUEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
17. CAMPOVERDE, R. PINCAY, D. Ejecución Presupuestaria vs Rendición de Cuentas, sobre el rubro de Investigación: Caso de una Universidad Ecuatoriana, Digital Publisher. [en línea]. Vol. 4, N° 3, 2019. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2022]. Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7144023>

ISSN: 2588-0705

18. CÁRDENAS, Julián. Investigación cuantitativa, trAndeS. [en línea]. N°8, 2018. [Fecha de consulta: 4 de octubre del 2022]. Disponible en:

<https://refubium.fu->

[berlin.de/bitstream/handle/fub188/22407/Manual\\_Cardenas\\_Investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/22407/Manual_Cardenas_Investigaci%C3%B3n.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

ISSN 0325-1926

19. CASSONE, B. GROVE, H. OLUWADARA, E. VILLANUEVAY, M LEMOINE, C. 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, 2020. [Fecha de consulta: 4 de septiembre del 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0112>

ISSN:1471-2954

20. CASTILLO, G. Impacto de la gestión de proyectos en el cronograma previsto para la Reconstrucción con Cambios, 2017-2020. Tesis (Doctorado en Gestión Pública y Gobernabilidad). Perú: Universidad César Vallejo, 2022, 101 pp. Disponible en:

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/80615/Castillo\\_TG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/80615/Castillo_TG-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

21. CHAVEZ, Eva y RIOFRIO, Isabel. Evaluación de la Influencia de la Función Digestiva del Zophobas morio en la Biodegradación de tres tipos de plástico. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Perú: Universidad César Vallejo, 2019, 219 pp. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10937>

22. DANSO, D. CHOW, J. STREIT, W. Plastics: Environmental and Biotechnological Perspectives on Microbial Degradation, Appl Environ Microbiol. [en línea]. Vol 85, N°19 2019. [Fecha de consulta: 4 de septiembre del 2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.1128/AEM.01095-](https://doi.org/10.1128/AEM.01095-19)

[19](https://doi.org/10.1128/AEM.01095-19)

ISSN: 1098-5336

23. DAVIRAN, Peter. Biodegradación de la Espuma de Poliestireno por la larva del Tenebrio molitor para la producción de Abono, 2017. Tesis (Título de ingeniero ambiental). Perú: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22578/Daviran\\_YP.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/22578/Daviran_YP.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
24. DELGADO, J. La investigación científica: su importancia en la formación de investigadores. Revista Multidisciplinar [en línea]. Vol. 5, n° 3, 2021. [Fecha de consulta: 22 de octubre del 2022]. Disponible en: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i3.476](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i3.476)  
ISSN: 2707-2215
25. DIETRICH, M. BRANDOLIN, A. SARMORIA. C. ASTEASUAIN, M. Mathematical Modelling of Rheological Properties of Low-density Polyethylene Produced in High-Pressure Tubular Reactors, IFAC-PapersOnLine. [en línea]. Vol 54, n° 3, 2021. [Fecha de consulta: 4 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.271>.  
ISSN 2405-8963
26. DOMINGUEZ, F. LOPES, I. FELIPE, P. VALLIN, A. CRUZ, A. Propuesta de clasificación de insumos para la gestión de inventarios en la industria biofarmacéutica. Caso de Estudio en el Centro de Inmunología Molecular. Vacci Monitor [en línea]. Vol. 27, n° 2, 2018. [Fecha de consulta: 11 de noviembre del 2022]. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1094606>  
ISSN: 1025-0298
27. ESPINO, M. KOOT, Y. Nuestro mundo cubierto de plástico: de la movilidad global del plástico a las consecuencias y respuestas locales. Informes científicos técnicos-UNPA [en línea]. vol. 12, n° 4, 2020. [Fecha de consulta: 6 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v12.n4.759>  
ISSN: 1852-4516
28. 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 (Título de ingeniero ambiental). Universidad

- César Vallejo, 2018. Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/49181>
29. FREIRE-LARA, C. ARTEGA-BRIONES, L. ACOSTA-CHÁVEZ, D. Community organization in livestock production. ASOGROZAP economic contributions of the Flavio Alfaro canton, Manabí, Revista científica. [en línea]. Vol. 7, N° 4, 2021. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en:  
<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2220>  
ISSN: 2477-8818
30. REPOSITORIO institucional Universidad Santo Domingo de Guzmán. Esteban, N. 25 de junio de 2018. Disponible en:  
<http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>
31. FILICIOTTO, L. ROTHENBERG, G. Biodegradable plastics: standards, policies, and impacts. Chemistry Europe [en línea]. vol. 14, 2020. [Fecha de consulta: 6 de septiembre del 2022]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1002/cssc.202002044>  
ISSN: 1521-3765
32. FILHO, W. ULLA, M. ARVO, H. MARIJA, V. An overview of the problems posed by plastic products and the role of extended producer responsibility in Europe. Journal of Cleaner Production. [en línea]. n° 214, 2019. [Fecha de consulta: 4 de septiembre del 2022]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.256>.  
ISSN:0959-6526
33. FLORES, PAU. The issue of plastic use during the Covid-19 pandemic. South Sustainability. [en línea]. vol. 1, no. 2, 2020. [Fecha de consulta: 3 de septiembre del 2022]. Disponible en:  
<https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/download/733/750/>  
ISSN: 2708-7077
34. FURSOV V. y CHERNEY L. *Zophobas atratus* (Fabricius, 1775) – New Genus And Species Of Darkling Beetles (Coleoptera, Tenebrionidae) For The Fauna Of Ukra. УКРАЇНСЬКИЙ ЕНТОМОЛОГІЧНИЙ ЖУРНА. [en línea]. vol. 14, 2018. [Fecha de consulta: 16 de septiembre del 2022].

Disponible en: <https://uej.com.ua/index.php/uej/article/view/4>

ISSN: 2226-4272

35. GALVIS GONZÁLEZ, JOSÉ A. (2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. Revista Gestión y Región. [en línea]. n° 22, 2016. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en:

<https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionyregion/article/view/149>

ISSN: 1900-9771

36. GALLARDO, A. LÓPEZ, L. Actas de los Premios de Investigación e Innovación de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y Formación Profesional de Castilla y León 2021. [Fecha de consulta: 6 de octubre del 2022]. Capítulo: Estudio de la degradación de plásticos por larvas de insectos de la familia Tenebrionidae. Disponible en:

<https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/2522/1/PIIECYL2021.pdf#page=76>

ISBN: 978-84-09-35389-7

37. GARCÍA, S. Síntesis de monómeros meta-terfenildicarboxílicos. Tesis (Maestría en Técnicas Avanzadas en Química). España: Universidad de Valladolid, 2019. Disponible en:

<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/38427/TFM-G968.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

38. GEYER, R. JAMBECK, J. LAVENDERLAW, K. Production, use, and fate of all plastics ever made. Science advances [en línea]. vol. 3, n° 7, 2017. [Fecha de consulta: 3 de septiembre del 2022]. Disponible en:

[10.1126/sciadv.1700782](https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782)

ISSN: 2375-2548

39. GHATGE, S. YANG, Y. AHN, JH. HUR, H. Biodegradation of polyethylene: a brief review. Appl Biol Chem. [en línea]. vol. 63, n° 27, 2020. [Fecha de consulta: 17 de septiembre de 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.1186/s13765-020-00511-3>

ISSN: 2468-0842

40. GÓNGORA JARAMILLO, Edgar. Financiamiento por Concurso para Investigación Científica en México, Lógicas de competencia y experiencias

de científicos. Revista Mexicana de Investigación Educativa. [en línea]. Vol 26, N° 88, 2021. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2022]. Disponible en:

[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-66662021000100149&script=sci\\_abstract](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-66662021000100149&script=sci_abstract)

ISSN: 14056666

41. GONZALES, J. PATIÑO, J. Los gastos operativos y la utilidad de la empresa de servicios Tannajo S.A.C. del distrito de Carabaylo, año 2015. Tesis (Título en Contador Público). Perú: Universidad de Ciencias y Humanidades, 2019, 98 pp. Disponible en: [https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/417/Gonzales\\_J\\_Pati%C3%B1o\\_JA\\_tesis\\_contabilidad\\_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12872/417/Gonzales_J_Pati%C3%B1o_JA_tesis_contabilidad_2019.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
42. GUILLÉN, T. y PAREDES, R. Capacidad Biodegradable de las Especies Tenebrio molitor y Galleria mellonella, en la Contaminación por Poliestireno y PEBD, Víctor, Arequipa, 2021. Tesis (Título de Ingeniería Ambiental). Perú: Universidad César Vallejo, 2022, 120 pp. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88763/Guill%C3%A9n\\_ATY-Paredes\\_GRM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88763/Guill%C3%A9n_ATY-Paredes_GRM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
43. GUEVARA, G. VERDESOTO, A. CASTRO, N. Educational research methodologies (descriptive, experimental, participatory, and action research). Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento. [en línea]. vol. 4, n° 3, 2020. [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/view/860/1363>
44. HARRAT, R. BOURZAMA, G. OULED, H. SOUMATI, B. In vitro and Ex situ Biodegradation of Low-density polyethylene by a *Rhizopus sp.* Strain isolated from a local dumpsite in Not-East Algeria. Environment and Natural Resources Journal. [en línea]. vol. 20, n° 5, 2022. [Fecha de consulta: 16 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.32526/ennrj/20/202200026>
- ISSN: 465-474.
45. HERNÁNDEZ-ÁVILA, C. E., & CARPIO ESCOBAR, N. A. Introducción a los tipos de muestreo. Alerta, Revista científica del Instituto Nacional de

- Salud. [en línea]. Vol. 2, 2019. [Fecha de consulta: 8 de octubre del 2022].  
Disponible en: <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>  
ISSN: 2617-5274
46. HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta [en línea]. 1.a ed. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., 2018. [Fecha de consulta: 9 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/handle/54000/1292>  
ISBN: 9781456260965
47. HUARANCCA, Cosme. Biodegradación de Poliestireno, por la acción de larvas de *Tenebrio molitor linnaeus*, a nivel de laboratorio-Lima-2021. Tesis (Título de ingeniero ambiental). Perú: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67647/Huarancca\\_%c3%91CP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/67647/Huarancca_%c3%91CP-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
48. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. Acceso a los servicios básicos en el Perú 2013-2019. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1756/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1756/)
49. JIN, M. NEUBER, C. WERNER, H. Tailoring polypropylene for extrusion-based additive manufacturing. [en línea]. vol. 33, 2020. [Fecha de consulta: 24 de marzo del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101101>  
ISSN: 2214-8604
50. JUÁREZ, L. TOBÓN, S. Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación, Revista Espacios. [en línea]. Vol. 39, n° 53, 2018. [Fecha de consulta: 9 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-23.pdf>  
ISSN: 0798-1015
51. KIM, H. LEE, H. YU, H. JEON, E. LEE, S. LI J. KIM D. Biodegradation of Polystyrene by *Pseudomonas* sp. Isolated from the Gut of Superworms (Larvae of *Zophobas atratus*). Environmental Science and Technology [en

- línea]. vol. 54, n° 11, 2020. [Fecha de consulta: 6 de septiembre del 2022].  
Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c01495>  
ISSN: 6987-6996
52. KNOBLAUCH, D. MEDERAKE, L. STEIN, U. Developing Countries in the Lead—What Drives the Diffusion of Plastic Bag Policies?. Sustainability [en línea]. vol. 10, n° 6, 2018. [Fecha de consulta: 6 de septiembre del 2022].  
Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su10061994>  
ISSN: 2071-1050
53. LAMBRECHTS, F. GNANB, L. Human resources and mutual gains in family firms: New developments and possibilities on the horizon. Journal of family business strategy [en línea]. vol. 13, n° 2, 2022. [Fecha de consulta: 11 de noviembre del 2022]. Disponible en:  
<https://doi.org/10.1016/j.jfbs.2022.100502>  
ISSN: 1877-8585
54. LAVANDA, ANGÉLICA. Influence of the plastic law on the consumption of Biodegradable containers in the Peruvian Population. Journal of Energy & Environmental Sciences [en línea]. vol. 5, 2021. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2022]. Disponible en:  
<https://www.journals.cincader.org/index.php/eesj/article/view/45/38>  
ISSN: 2523-0905
55. Ley n° 30884. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 19 de diciembre de 2018. Disponible en  
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-regula-el-plastico-de-un-solo-uso-y-los-recipientes-ley-n-30884-1724734-1/>
56. LIU, J. LIU, J. XU, B. XU, A. CAO, S. WEI, R. ZHOU, J. JIANG, M. DONG, W. Biodegradation of polyether-polyurethane foam in yellow mealworms (*Tenebrio molitor*) and effects on the gut microbiome [en línea]. vol. 304, 2022. [Fecha de consulta: 9 de mayo del 2023]. Disponible en  
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135263>  
ISSN: 0045-6535
57. LÓPEZ-AGUIRRE, J. POMAQUERO-YUQUILEMA, J. LÓPEZ-SALAZAR, J. Analysis of environmental pollution by plastics in the city of Riobamba. Polo del conocimiento [en línea]. vol. 5, n° 53, 2020. [Fecha de consulta: 4

de septiembre del 2022]. Disponible en:  
<https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2139/4263>

ISSN: 2550 - 682 X

58. LOU, H. FU, R. LONG, T. FAN, B. GUO, C. LI, L. ZHANG, KJ. ZHANG, G. Biodegradation of polyethylene by *Meyerozyma guilliermondii* and *Serratia marcescens* isolated from the gut of waxworms (larvae of *Plodia interpunctella*). *Science of the total environment* [en línea]. vol. 853, 2022. [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158604>

ISSN: 0048-9697

59. LOU, Y. LI, Y. LU, B. LIU, Q. YANG, S. LIU, B. REN, N. WU, W. XING, D. Response of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) gut microbiome to diet shifts during polystyrene and polyethylene biodegradation [en línea]. vol. 416, 2021. [Fecha de consulta: 9 de mayo del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126222>

ISSN 0304-3894

60. LUO, L. WANG, Y. GUO, H. YANG, Y. QI, N. ZHAO, X. GAO, S. ZHOU, A. Biodegradation of foam plastics by *Zophobas atratus* larvae (Coleoptera: Tenebrionidae) associated with changes of gut digestive enzymes activities and microbiome. *Chemosphere* [en línea]. vo. 282, 2021. [Fecha de consulta: 9 de mayo del 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131006>

ISSN 0045-6535

61. HAVSTAD, M. Residuos Plásticos y Reciclaje: Impacto ambiental, problemas sociales, prevención y soluciones [en línea]. Academic Press, 2020. [Fecha de consulta: 17 de enero del 2023]. Capítulo 5. Biodegradable plastics. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817880-5.00005-0>

ISBN: 9780128178805

62. MALEKI, M. MOGHIMI, H. AZIN, E. Biodegradation of thermo-oxidative pretreated low-density polyethylene (LDPE) and polyvinyl chloride (PVC) microplastics by *Achromobacter denitrificans* Ebl13, *Marine Pollution*

- Bulletin. [en línea]. Vol. 181, 2022. [Fecha de consulta: 8 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113830>  
ISSN 0025-326X
63. MARTIN, A. Preliminary study of plastic biodegradation by marine bacteria. Tesis (Bachiller en ciencias). España: Universidad La Laguna, Facultad de Ciencias, 2017. 27pp. Disponible en <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/5762/Estudio+preliminar+de+la+biodegradacion+de+plasticos+por+bacterias+marinas.pdf?sequence=1>
64. MONDRAGÓN, Irene. Sexual dimorphism of *Zophobas morio* (Fabricius, 1776) (Coleoptera, Tenebrionidae) in the pupa and adult stages. Revista Ingeniería y Región. [en línea]. vol. 25, 2021. [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/2703/4153>  
ISSN: 2216-1325
65. MONJARÁS, A. BAZÁN, A. PACHECO, Z. RIVERA, J. ZAMARRIPA, J. CUEVAS, C. Diseños de Investigación. Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. [en línea]. vol. 12, 2021 [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/article/view/4908/6895>  
ISSN: 2307-6100
66. MUNGUÍA, C. REYES, L. IBARRA, L. Uso de *Zophobas Morio* (Coleoptera: Tenebrionidae) En Reproducción Y Extracción De Nematodos Entomopatógenos. Entomología Mexicana. [en línea]. vol. 1, 2014. [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/88044525-Control-biologico-entomologia-mexicana-1-2014.html>  
ISSN: 2448-475X
67. ORMAZA, J. NEIRA, M. GILER, L. QUEVEDO, J. Máquina Bio-recicladora de plástico PET: un emprendimiento viable. Caso Azogues-Ecuador. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales [en línea]. vol. 22, n° 2, Mayo-Agosto del 2020. [Fecha de consulta: 5 de septiembre de

- 2022]. Disponible en: [www.doi.org/10.36390/telos222.11](http://www.doi.org/10.36390/telos222.11)  
ISSN: 1317-0570
68. ORTS, J. PARRADO, J. PASCUAL, J. ORTS, A. CUARTERO, J. TEJADA, M. ROS, M. Polyurethane Foam Residue Biodegradation through the *Tenebrio molitor* Digestive Tract: Microbial Communities and Enzymatic Activity. *Polymers* [en línea]. Vol. 15, 2023. [Fecha de consulta: 13 de julio del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/polym15010204>  
ISSN: 1501-0204
69. PENG, B. CHEN, Z. CHEN, J. YU, H. ZHOU, X. CRIDDLE, C. WU, W. ZHANG, Y. Biodegradation of Polyvinyl Chloride (PVC) in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae. *Environment international* [en línea]. vol. 145, 2020. [Fecha de consulta: 9 de mayo del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106106>  
ISSN 0160-4120
70. PENG, B. SUN, Y. WU, Z. CHEN, J. SHEN, Z. ZHOU, X. WU, W. ZHANG, Y. Biodegradation of polystyrene and low-density polyethylene by *Zophobas atratus* larvae: Fragmentation into microplastics, gut microbiota shift, and microbial functional enzymes. *Journal of Cleaner Production*. [en línea]. vol. 367, 2022. [Fecha de consulta: 17 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132987>  
ISSN: 0959-6526
71. PIVATO, A. MIRANDA, G. PRICHULA, J. LIMA, J. LIGABUE, R. SEIXAS, A. TRENTIN, D. Hydrocarbon-based plastics: Progress and perspectives on consumption and biodegradation by insect larvae. *Chemosphere*. [en línea]. n° 293, 2022. [Fecha de consulta: 3 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133600>.  
ISSN: 0045-6535
72. POSSO, R. LORENZO, E. Validez y confiabilidad del instrumento determinante humano en la implementación del currículo de educación física. *Educare* [en línea]. vol. 24, n° 3, septiembre-diciembre 2020. [Fecha de consulta: 9 de octubre de 2022]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23885/1/20%20POSSO%20VALIDEZ%20Y%20CONFIABILIDAD.pdf>

ISSN: 2244-7296

73. PROSHAD, R. KORMOKER, T. ISLAM, S. HAQUE, M. RAHMAN, M. Toxic effects of plastic on human health and environment: A consequences of health risk assessment in Bangladesh. International Journal of Healt. [en línea]. vol. 6, 2018. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencepubco.com/index.php/IJH/article/view/8655/2993>

ISSN: 1658-7774

74. QUISPE, Nelly. Gestión administrativa y su relación con la recaudación del impuesto predial en la municipalidad distrital de Huacullani – 2019. Tesis (Contador). Perú: Universidad Peruana Unión, Facultad de Ciencias Empresariales, 2021, p 87. Disponible en: [https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4578/David\\_Tesis\\_Licenciatura\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4578/David_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

75. RAHIMI, A. y GARCÍA, J. Chemical recycling of waste plastics for new materials production. Nature Reviews Chemistry. [en línea]. vol. 1, no. 6, 2017. [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41570-017-0046>

ISSN: 2397-3358

76. RAMOS GALARZA, Carlos. DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL. CienciAméricas. [en línea]. Vol. 10, 2021. [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2022]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/349368708\\_DISENOS\\_DE\\_INV\\_ESTIGACION\\_EXPERIMENTAL](https://www.researchgate.net/publication/349368708_DISENOS_DE_INV_ESTIGACION_EXPERIMENTAL)

ISSN: 1390-9592

77. RITCHIE HANNAH y ROSER MAX. Plastic Pollution. Our World in Data. [en línea]. 2018. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution#citation>

78. RODRÍGUEZ-CARREÓN, A. ORTIZ-RIVERA, Y. HERNÁNDEZ-PEÑA, C Y FIGUEROA, C. Biodegradación de espumas plásticas por larvas de insectos: ¿una estrategia sustentable? Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas. [en línea]. vol. 24, 2021. [Fecha de consulta: 6 de septiembre del 2022]. Disponible en:

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.311>

ISSN: 1405-888X

79. RODRIGUEZ, J. REGUANT, M. Calcular la fiabilidad de un cuestionario o escala mediante el SPSS: el coeficiente alfa de Cronbach, Revista d'Innovació i Recerca en Educació. [en línea]. Vol. 13, 2020. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://revistes.ub.edu/index.php/REIRE/article/view/reire2020.13.230048/31484>

ISSN: 2013-2255

80. SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos y MEJÍA, Katia. Manual de Términos en Investigación Científica, Tecnológica y Humanística [en línea]. 1.º ed. Perú: Universidad Ricardo Palma, 2018. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

ISBN: 978-612-47351-4-1

81. SANGIORGIO, P., VERARDI, A., DIMATTEO, S. *Tenebrio molitor* in the circular economy: a novel approach for plastic valorisation and PHA biological recovery. Environmental Science and Pollution Research. [en línea]. Vol. 28, 2021. [Fecha de consulta: 11 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-021-15944-6>

ISSN: 1614-7499

82. SAMIR, S. ELSAMAHY, T. ZHU, D. SUN, J. Biodegradability of polyethylene by efficient bacteria from the guts of plastic-eating waxworms and investigation of its degradation mechanism, Journal of Hazardous Materials. [en línea]. Vol. 443, Part B, 2023. [Fecha de consulta: 1 de julio del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.130287>

ISSN 0304-3894

83. SRIKANTH, M. SANDEEP, TSRS. SUCHARITHA, K. GODI, S. Biodegradation of plastic polymers by fungi: a brief review. Bioresources and bioprocessing. [en línea]. vol. 9, nº 42, 2022. [Fecha de consulta: 17 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s40643-022->

[00532-4](#)

ISSN: 2197-4365

84. SORO, B. Reducción del impacto de determinados productos de plástico. Revista Aragonesa de Administración Pública [en línea]. nº 21, 2022. [Fecha de consulta: 5 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8509604>

ISSN: 1133-4797

85. TUAPANGA, J. DUQUE, M. MENA, A. Alfa de Cronbach para Validar un Cuestionario de Uso de Tic en Docentes Universitarios, Revista mktDescubre-ESPOCH FACE. [en línea]. Vol. N° 10, 2017. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/234578641.pdf>

ISSN: 1390-7352

86. USECHE, M. ARRIGAS, W. QUEIPO, B. PEROZO, F. Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos [en línea]. Colombia: Universidad de la Guajira, 2019. [Fecha de consulta: 9 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/bitstream/handle/uniguajira/467/88.%20Tecnicas%20e%20instrumentos%20recoleccion%20de%20datos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ISBN: 9789566037040

87. VYAS, S. PRAJAPATI, P. SHAH, A. VARJANI, S. Municipal solid waste management: Dynamics, risk assessment, ecological influence, advancements, constraints and perspectives, Science of The Total Environment. [en línea]. vol. 814, 2022. [Fecha de consulta: 1 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152802>

ISSN: 0048-9697

88. WANG, Z. BURRA, K. LEI, T. GUPTA, A. Co-pyrolysis of waste plastic and solid biomass for synergistic production of biofuels and chemicals-A review, Progress in Energy and Combustion Science. [en línea]. Vol. 84, 2021. [Fecha de consulta: 7 de octubre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2020.100899>

ISSN: 0360-1285

89. WANG, Y .LUO, L. LI, X. WANG, J. WANG, H. CHEN, C. GUO, H. HAN, T. ZHOU, A. ZHAO, X. Different plastics ingestion preferences and efficiencies of superworm (*Zophobas atratus* Fab.) and yellow mealworm (*Tenebrio molitor* Linn.) associated with distinct gut microbiome changes, *Science of The Total Environment*. [en línea]. vol. 837, 2022. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155719>  
ISSN 0048-9697,
90. YANG, S. ANJA, B. FLANAGAN, A. CHISTOPHER, J. JUN, Y. DALIANG, N. CAI, S. FAN, H. WANG, Z. REN, J. BENBOW, E. REN, N. WAYMOUTH, R. ZHOU, J. CRIDDLE, C. WU, W. Biodegradation of polystyrene wastes in yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus): Factors affecting biodegradation rates and the ability of polystyrene-fed larvae to complete their life cycle. *Chemosphere* [en línea]. vol. 191, 2018. [Fecha de consulta: 28 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.117>  
ISSN: 0045-6535
91. YANG, Y. WANG, J. XIA, M. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating superworms *Zophobas atratus*. *Science of the total environment*. [en línea]. vol. 705, 2020. [Fecha de consulta: 17 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135233>  
ISSN: 0048-9697
92. YANG, S. DING, M. ZHANG, Z. DING, J. BAI, S. CAO, G. ZHAO, L. PANG, J. ZING, D. REN, N. WU, W. Confirmation of biodegradation of low-density polyethylene in dark- versus yellow- mealworms (larvae of *Tenebrio obscurus* versus *Tenebrio molitor*) via. gut microbe-independent depolymerization. *Science of the total environment*. [en línea]. vol, 789, 2021. [Fecha de consulta: 17 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147915>  
ISSN: 0048-9697
93. YANG, S. DING, M. HE, L. ZHANG, C. LI, Q. XING, D. CAO, G. ZHAO, L. DING, J. REN, N. WU, W. 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, 2021. [Fecha de consulta: 3 de junio del 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144087>  
ISSN 0048-9697

94. YANG, S , DING, M. ZHANG, Z. DING, J. BAI, S. CAO, G. ZHAO, L. PANG, J. XING, D. REN, N. WU, W. Confirmation of biodegradation of low-density polyethylene in dark- versus yellow- mealworms (larvae of *Tenebrio obscurus* versus *Tenebrio molitor*) via. gut microbe-independent depolymerization, *Science of The Total Environment*. [en línea]. Vol. 789, 2021 [Fecha de consulta: 1 de julio del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147915>  
ISSN: 0048-9697

95. YANG L, GAO J, LIU Y, ZHUANG G, PENG X, WU WM, ZHUANG X. 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. 202, 2021. [Fecha de consulta: 10 de julio del 2023]. Disponible en: [10.1016/j.chemosphere.2020.127818](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127818)  
ISSN: 3277-1707

96. ZHANG, L. LIU, J. XIE, Y. ZHONG, S. GAO, P. Occurrence and removal of microplastics from wastewater treatment plants in a typical tourist city in China, *Journal of Cleaner Production*. [en línea]. vol. 293, 2022. [Fecha de consulta: 3 de septiembre del 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.125968>.  
ISSN 0959-6526

## ANEXOS

### ANEXO 1. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Biodegradación con Larvas de <i>Zophobas Morio</i> en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023						
Variable	Marco Conceptual	Marco Operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Unidad
Biodegradación con larvas de <i>Zophobas morio</i>	La biodegradación del plástico es el proceso que consta de dos etapas, primero es la fragmentación que va acortar y debilitar la cadena de polímeros a partir del calor, luz solar, humedad y/o enzimas, la siguiente etapa es la	La biodegradación fue medida a parte de la respuesta fisiológica que tienen las larvas al consumir los residuos, así como	Desarrollo larvario	Masa	Masa inicial Masa final	gr
				Supervivencia de larvas	Cantidad de larvas vivas	unidad
				Crecimiento	Longitud inicial Longitud final	cm
			Generación de CO <sub>2</sub>	Excretas	Masa de excretas	gr

	<p>mineralización donde intervienen microorganismos que asimilan completamente los fragmentos que han quedado del plástico (Havstad, M, 2020, p. 99). En este proceso los organismos utilizan el plástico como una fuente de carbono, transformándolos en moléculas más sencillas como agua, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> entre otros constituyentes orgánicos (Ccallo et al. 2020, p. 49).</p>	<p>la generación de subproductos como excreta producida y concentración del CO<sub>2</sub>.</p>		<p>Concentración de Dióxido de Carbono</p>	<p>Dióxido de carbono</p>	<p>ppm</p>
<p>Residuos de Poliuretano y Polipropileno</p>	<p>Los residuos plásticos son aquellos desechos que tienen diversas clasificaciones, los cuales son muy difíciles de que desaparezcan de manera</p>	<p>La reducción de los residuos de Poliuretano y Polipropileno se controló a partir de la</p>	<p>Cambios físicos</p>	<p>Cambios en la masa</p>	<p>Masa de poliuretano inicial Masa de poliuretano final</p>	<p>gr</p>

	<p>natural en el ambiente, ello por ser derivados del petróleo, lo cual le da una estructura compleja, a lo cual se le denomina polímeros, que tienen principalmente carbono (Vyas <i>et al.</i>, 2022, p. 2; García, 2019, p. 11).</p>	<p>masa consumida que se presentó durante 4 semanas de masticación por las larvas de <i>Zophobas morio</i>.</p>			<p>Masa de polipropileno inicial</p> <p>Masa de polipropileno final</p>	<p>gr</p>
--	---	---	--	--	---	-----------

## ANEXO 2. MATRIZ DE CONSISTENCIA

<i>Problema General</i>	<i>Objetivo General</i>	<i>Hipótesis General</i>	<i>Variable independiente</i>	<i>Dimensiones</i>
¿De qué manera la biodegradación con larvas de <i>Zophobas morio</i> incide en la reducción de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023?	Determinar si la biodegradación con larvas de <i>Zophobas morio</i> posibilita la reducción de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.	La biodegradación con larvas de <i>Zophobas Morio</i> reduce significativamente los residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023	Biodegradación con Larvas <i>Zophobas morio</i>	Desarrollo larvario
				Generación de subproductos
<i>Problemas Específicos</i>	<i>Objetivos Específicos</i>	<i>Hipótesis Específicas</i>	<i>Variable dependiente</i>	<i>Dimensiones</i>
¿Cuál es el desarrollo de las larvas de <i>Zophobas morio</i> en la biodegradación de residuos de	Evaluar el desarrollo de las larvas de <i>Zophobas morio</i> en la biodegradación de residuos de	El desarrollo de las larvas de <i>Zophobas morio</i> es significativo en la biodegradación de residuos	Residuos de Poliuretano y Polipropileno	Cambios físicos de los plásticos

<p>Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023?</p>	<p>Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023</p>	<p>de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023</p>		
<p>¿Cuánto de CO2 emiten las larvas de <i>Zophobas morio</i> en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023?</p>	<p>Evaluar el CO2 emitido por las larvas de <i>Zophobas morio</i> en la biodegradación con larvas de <i>Zophobas morio</i> en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.</p>	<p>Las larvas de <i>Zophobas morio</i> emiten significativamente CO2 en la biodegradación de residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.</p>		

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 3.** Ficha para las respuestas fisiológicas de las larvas de *Zophobas morio*.

<b>TÍTULO</b>		<b><i>Desarrollo de las larvas de Zophobas morio</i> alimentadas con PU y PP</b>		
		<b>FICHA N° 1</b>		
<b>Código de grupo</b>				
<b>Dieta</b>				
<b>Tiempo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Observaciones</b>
1	Masa de la larva	gr		
	Longitud de las larvas	cm		
	Cantidad de larvas vivas	unidad		
	Cantidad de decesos	unidad		
	Cantidad de pupas	unidad		
<b>Tiempo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Observaciones</b>
2	Masa de la larva	gr		
	Longitud de las larvas	cm		
	Cantidad de larvas vivas	unidad		
	Cantidad de decesos	unidad		
	Cantidad de pupas	unidad		
<b>Tiempo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Observaciones</b>
3	Masa de la larva	gr		
	Longitud de las larvas	cm		
	Cantidad de larvas vivas	unidad		
	Cantidad de decesos	unidad		
	Cantidad de pupas	unidad		
<b>Tiempo</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>	<b>Observaciones</b>
4	Masa de la larva	gr		
	Longitud de las larvas	cm		
	Cantidad de larvas vivas	unidad		
	Cantidad de decesos	unidad		
	Cantidad de pupas	unidad		

**ANEXO 4.** Ficha para la generación de subproductos durante el proceso de degradación.

Título	Generación de CO2		
	FICHA N° 2		
Código de grupo			
Dieta			
Tiempo	Dióxido de Carbono (ppm)		Observaciones
	Repeticiones	Valor	
1	1		
	2		
	PROMEDIO		
Tiempo	Dióxido de Carbono (ppm)		Observaciones
	Repeticiones	Valor	
2	1		
	2		
	PROMEDIO		
Tiempo	Dióxido de Carbono (ppm)		Observaciones
	Repeticiones	Valor	
3	1		
	2		
	PROMEDIO		
Tiempo	Dióxido de Carbono (ppm)		Observaciones
	Repeticiones	Valor	
4	1		
	2		
	PROMEDIO		

**ANEXO 5.** Ficha de los cambios físicos de los residuos PU y PP.

Título		<i>Cambios físicos de los residuos PU y PP</i>			
		FICHA N° 3			
Código de grupo					
Dieta					
Tiempo	Masa (gr)		Temperatura	Humedad Relativa	Observaciones
	Repeticiones	Valor			
1	1				
	2				
	3				
	PROMEDIO				
Tiempo	Masa (gr)		Temperatura	Humedad Relativa	Observaciones
	Repeticiones	Valor			
2	1				
	2				
	3				
	PROMEDIO				
Tiempo	Masa (gr)		Temperatura	Humedad Relativa	Observaciones
	Repeticiones	Valor			
3	1				
	2				
	3				
	PROMEDIO				
Tiempo	Masa (gr)		Temperatura	Humedad Relativa	Observaciones
	Repeticiones	Valor			
4	1				
	2				
	3				
	PROMEDIO				

## ANEXO 6. Carta de Presentación y Validación de instrumento

Señor: Mg. Luis Johan Nuñez Gamboa

Presente

Asunto: Validación de instrumento a través de Juicio de expertos

Es de nuestro agrado comunicarnos con usted como estudiantes de la Universidad César Vallejo de la EAP de Ingeniería Ambiental, en la sede de Lima Este, para expresarle nuestros saludos y hacer de su conocimiento que es requisito indispensable la validación de instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación, gracias a la cual obtendremos el título profesional en Ingeniería Ambiental.

El título de la nuestra tesis de investigación es “**Biodegradación con Larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023**”, y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas y/o investigaciones ambientales.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

- Certificado de validez para la ficha técnica de respuestas fisiológicas de las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con PU y PP.
- Certificado de validez para la ficha técnica de emisión de CO<sub>2</sub>.
- Certificado de validez para la ficha técnica de cambios físicos de los residuos de PU y PP.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,

  
Firma  
Kimberly Isabel Castro Evaristo  
DNI: 70886606

  
Firma  
Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar  
DNI: 72197074

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Mg. Luis Johan Nuñez Gamboa

1.2 Cargo e institución donde labora: Inspector – SUNAFIL

1.3 Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

1.4 Nombre del instrumento: Ficha técnica de respuestas fisiológicas de las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con PU, PP.

1.5 Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas Morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023

1.6 Autor del instrumento:

- Kimberly Isabel Castro Evaristo
- Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					88
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					92
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					95

7. Consistencia	Basados en aspecto teóricos científicos.					95
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					98
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						92.3

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 92.3

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 27 de abril del 2023.




---

Mg. Luis Johan Nuñez Gamboa

DNI N°: 07482588

CIP: 64716

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Mg. Luis Johan Nuñez Gamboa
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Inspector-SUNAFIL
- 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Industrial
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha técnica de Emisión de CO<sub>2</sub>.
- 1.5. Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023
- 1.6. Autor del instrumento:
  - Kimberly Isabel Castro Evaristo
  - Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					96
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					93
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					93
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					97
7. Consistencia	Basados en aspecto teóricos científicos.					95

8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					91
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					92
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						94.2

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 94.2%

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 27 de abril del 2023.



Mg. Luis Johan Nuñez Gamboa

DNI N°: 07482588

CIP: 64716

## **CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

### I. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Mg. Luis Johan Nuñez Gamboa

1.2 Cargo e institución donde labora: Inspector-SUNAFIL

1.3 Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

1.4 Nombre del instrumento: Ficha técnica de Cambios físicos en los residuos de PU y PP.

1.5 Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023

1.6 Autor del instrumento:

- Kimberly Isabel Castro Evaristo
- Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

## II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					95
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					95
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					91
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					93
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					94
7. Consistencia	Basados en aspecto teóricos científicos.					95
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					93

9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					91
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					95
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						93.7

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 93.7

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 27 de abril del 2023.




---

Mg. Luis Johan Nuñez Gamboa

DNI N°: 07482588

CIP: 64716

Señor: Dr. Ever Enrique Castillo Osorio

Presente

Asunto: Validación de instrumento a través de Juicio de expertos

Es de nuestro agrado comunicarnos con usted como estudiantes de la Universidad César Vallejo de la EAP de Ingeniería Ambiental, en la sede de Lima Este, para expresarle nuestros saludos y hacer de su conocimiento que es requisito indispensable la validación de instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación, gracias a la cual obtendremos el título profesional en Ingeniería Ambiental.

El título de la nuestra tesis de investigación es “**Biodegradación con Larvas de Zophobas Morio en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023**”, y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas y/o investigaciones ambientales.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

- Certificado de validez para la ficha técnica de respuestas fisiológicas de las larvas de
- Zophobas morio alimentadas con PU y PP.
- Certificado de validez para la ficha técnica de emisión de CO<sub>2</sub>.
- Certificado de validez para la ficha técnica de cambios físicos de los residuos de PU y PP.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,



Firma

Kimberly Isabel Castro Evaristo  
DNI: 70886606



Firma

Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar  
DNI: 72197074

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

**VI.1.** Apellidos y Nombres del validador: Dr. Ever Enrique Castillo Osorio

**VI.2.** Cargo e institución donde labora: Investigador - Universidad de Yonsei

**VI.3.** Especialidad del validador: Ingeniero de Sistemas

**VI.4.** Nombre del instrumento: Ficha técnica de respuestas fisiológicas de las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con PU y PP.

**VI.5.** Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas Morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023

**VI.6.** Autor del instrumento:

- Kimberly Isabel Castro Evaristo
- Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					90

6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					95
7. Consistencia	Basados en aspecto teóricos científicos.					90
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						<b>91</b>

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 91%

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 1 de mayo 2023.




---

Dr. Ever Enrique Castillo Osorio

DNI N°: 40038322

CIP: 64716

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Ever Enrique Castillo Osorio
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Investigador - Universidad de Yonsei
- 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero de Sistemas
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha técnica de Generación de subproductos.
- 1.5. Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023
- 1.6. Autor del instrumento:
  - Kimberly Isabel Castro Evaristo
  - Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					95
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					90
7. Consistencia	Basados en aspecto					90

	teóricos científicos.					
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					95
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						92

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 92%

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 1 de mayo 2023.




---

Dr. Ever Enrique Castillo Osorio

DNI N°: 40038322

CIP: 64716

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres del validador: Dr. Ever Enrique Castillo Osorio

1.2. Cargo e institución donde labora: Investigador - Universidad de Yonsei

1.3. Especialidad del validador: Ingeniero de Sistemas

1.4. Nombre del instrumento: Ficha técnica de Cambios físicos en los residuos de PU y PP.

1.5. Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023

1.6. Autor del instrumento:

- Kimberly Isabel Castro Evaristo
- Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					95
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					90

7. Consistencia	Basados en aspecto teóricos científicos.					90
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					95
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						91

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 91%

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 1 de mayo 2023.




---

Dr. Ever Enrique Castillo Osorio

DNI N°: 40038322

CIP: 64716

Señor: Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

Presente

Asunto: Validación de instrumento a través de Juicio de expertos

Es de nuestro agrado comunicarnos con usted como estudiantes de la Universidad César Vallejo de la EAP de Ingeniería Ambiental, en la sede de Lima Este, para expresarle nuestros saludos y hacer de su conocimiento que es requisito indispensable la validación de instrumentos con los cuales recogeremos la información necesaria para poder desarrollar nuestra investigación, gracias a la cual obtendremos el título profesional en Ingeniería Ambiental.

El título de la nuestra tesis de investigación es "**Biodegradación con Larvas de *Zophobas Morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023**", y siendo imprescindible contar con la aprobación de docentes especializados para aplicar los instrumentos en mención, hemos considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en temas y/o investigaciones ambientales.

El expediente de validación, adjunto al presente, contiene:

- Certificado de validez para la ficha técnica de respuestas fisiológicas de las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con PU y PP.
- Certificado de validez para la ficha técnica de emisión de CO<sub>2</sub>.
- Certificado de validez para la ficha técnica de cambios físicos de los residuos de PU y PP.

Expresándole nuestro sentimiento de respeto y consideración nos despedimos de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente,



Firma

Kimberly Isabel Castro Evaristo

DNI: 70886606



Firma

Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

DNI: 72197074

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### Figura 1. DATOS GENERALES

1.1 Apellidos y Nombres del validador: Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

1.2 Cargo e institución donde labora: Docente-Universidad César Vallejo

1.3 Especialidad del validador: Ingeniero Químico

1.4 Nombre del instrumento: Ficha técnica de respuestas fisiológicas de las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con PU y PP.

1.5 Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023.

1.6 Autor del instrumento:

- Kimberly Isabel Castro Evaristo
- Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

### Figura 2. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					89
7. Consistencia	Basados en aspecto					90

	teóricos científicos.					
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					91
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						90

Figura 3. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 27 de abril del 2023.



Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

DNI N°: 08947396

CIP: 145791

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador: Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente-Universidad César Vallejo
- 1.3. Especialidad del validador: Ingeniero Químico
- 1.4. Nombre del instrumento: Ficha técnica de Generación de subproductos.
- 1.5. Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023
- 1.6. Autor del instrumento:
  - Kimberly Isabel Castro Evaristo
  - Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					90
7. Consistencia	Basados en aspecto teóricos científicos.					90

8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					90
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						90

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 27 de abril del 2023.




---

Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

DNI N°: 08947396

CIP: 145791

## CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

### I. DATOS GENERALES

1. Apellidos y Nombres del validador: Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres
2. Cargo e institución donde labora: Docente-Universidad César Vallejo
3. Especialidad del validador: Ingeniero Químico
4. Nombre del instrumento: Ficha técnica de Cambios físicos en los residuos de PU y PP.
5. Título de la investigación: Biodegradación con Larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno, San Juan de Lurigancho, 2023

Autor del instrumento:

- Kimberly Isabel Castro Evaristo
- Adriana Marcela Elvira Muñoz Escobar

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	Deficiente 00-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado y específico.					90
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables.					90
3. Actualidad	Adecuado a la coyuntura actual.					90
4. Organización	Existe una organización lógica.					90
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de problemática y solución.					90
6. Intencionalidad	Adecuado para valorar aspectos objetivos.					89
7. Consistencia	Basados en aspecto					90

	teóricos científicos.					
8. Coherencia	Entre los objetivos, variables e hipótesis.					90
9. Metodología	La estrategia responde al propósito del objetivo.					91
10. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.					90
<b>PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN</b>						90

III. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 90%

(X) El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.

( ) El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 27 de abril del 2023.




---

Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres

DNI N°: 08947396

CIP: 145791

## ANEXO 7. Criterio de expertos para la validación de las Fichas Técnicas

a. Fichas técnicas de respuestas fisiológicas de las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con PU y PP.

EXPERTOS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Total
Cabello Torres	90	90	90	90	90	89	90	90	91	90	900
Castillo Osorio	90	90	90	90	90	95	90	90	95	90	910
Nuñez Gamboa	92	91	92	90	92	95	95	90	92	93	922
VARIANZA	0,89	0,22	0,89	0,00	0,89	8,00	5,56	0,00	2,89	2,00	80,89

Fuente: Elaboración propia.

b. Ficha Técnica de Generación de CO<sub>2</sub>.

EXPERTOS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Total
Cabello Torres	90	90	90	90	92	90	90	90	90	88	900
Castillo Osorio	90	90	95	95	90	90	90	95	95	90	920
Nuñez Gamboa	95	96	95	93	93	97	95	91	92	95	942
VARIANZA	5,56	8,00	5,56	4,22	1,56	10,89	5,56	4,67	4,22	8,67	294,22

Fuente: Elaboración propia.

c. Ficha técnica de Cambios físicos de PU y PP.

EXPERTOS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	Total
Cabello Torres	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900
Castillo Osorio	90	90	90	95	90	90	90	90	95	90	910
Nuñez Gamboa	95	95	95	91	93	94	95	93	91	95	937
VARIANZA	5,56	5,56	5,56	4,67	2,00	3,56	5,56	2,00	4,67	5,56	244,22

Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 8. Análisis de confiabilidad para las Fichas Técnicas.

a. Fichas Técnicas de respuestas fisiológicas de las larvas de *Zophobas morio* alimentadas con PU y PP.

<b>Total de ítems</b>	10	<b>Resultado del coeficiente de confiabilidad</b>	0,85
<b>Sumatoria de Varianzas</b>	21,33		
<b>Varianza total de filas</b>	80.89		

Fuente: Microsoft Excel.

b. Ficha Técnica de Generación de CO2.

<b>Total de ítems</b>	10	<b>Resultado del coeficiente de confiabilidad</b>	0,89
<b>Sumatoria de Varianzas</b>	58,89		
<b>Varianza total de filas</b>	294,22		

Fuente: Microsoft Excel.

c. Ficha técnica de Cambios físicos de PU y PP.

<b>Total de ítems</b>	10	<b>Resultado del coeficiente de confiabilidad</b>	0,91
<b>Sumatoria de Varianzas</b>	44,67		
<b>Varianza total de filas</b>	244,22		

Fuente: Microsoft Excel.

## ANEXO 9. Pruebas estadísticas

### Prueba de normalidad para la hipótesis general

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Masa Inicial menos Masa Final de PP	,879	12	,085
Masa Inicial menos Masa Final de PU	,728	12	,002

### Prueba de Wilcoxon para la hipótesis general: poliuretano

	Masa inicial PU - Masa final PU
Z	-2.481 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	.013

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

### Prueba T de student para la hipótesis general: polipropileno

	Media	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
		Inferior	Superior			
Par 1 Masa inicial PP - Masa final PP	.0021833	.0007982	.0035684	3.469	11	.005

### Prueba de normalidad para la hipótesis específica 1

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Diferencia masa inicial y final de vas con PU	.856	12	.044
Diferencia de masa inicial y final de vas con PP	.436	12	.000
Diferencia longitud inicial y final de vas con PU	.979	12	.980
Diferencia longitud inicial y final de vas con PP	.871	12	.067
Diferencia de cantidad inicial y final larvas con PU	.967	12	.879
Diferencias de cantidad inicial y final larvas con PP	.923	12	.316

### Prueba de Wilcoxon para la masa inicial y final de larvas

	Masa inicial larva con PU - Masa final larva con PU	Masa inicial larva con PP - Masa final larva con PP
Z	-3.061 <sup>b</sup>	-2.040 <sup>b</sup>
Sig. asintótica(bilateral)	.002	.041

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos positivos.

### Prueba T de student para la longitud inicial y final de larvas

		Media	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
Par 1	Longitud final larva con PU - Longitud inicial larva con PU	.2759167	.1376086	.4142248	4.391	11	.001
Par 2	Longitud final larva con PU - Longitud inicial larva con PP	.3869167	.2367690	.5370643	5.672	11	.000

### Prueba T de student para la cantidad inicial y final de larvas

		Media	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
			Inferior	Superior			
Par 1	Cantidad inicial de larvas con PU - Cantidad final de larvas con PU	12.58333	9.21627	15.95039	8.225	11	.000
Par 2	Cantidad inicial de larvas con PP - Cantidad final de larvas con PP	12.66667	9.76978	15.56355	9.624	11	.000

### Prueba de normalidad para la hipótesis específica 2

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
CO2 generado por larvas con PU	.841	8	.078
CO2 generado por larvas con PP	.903	8	.309

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

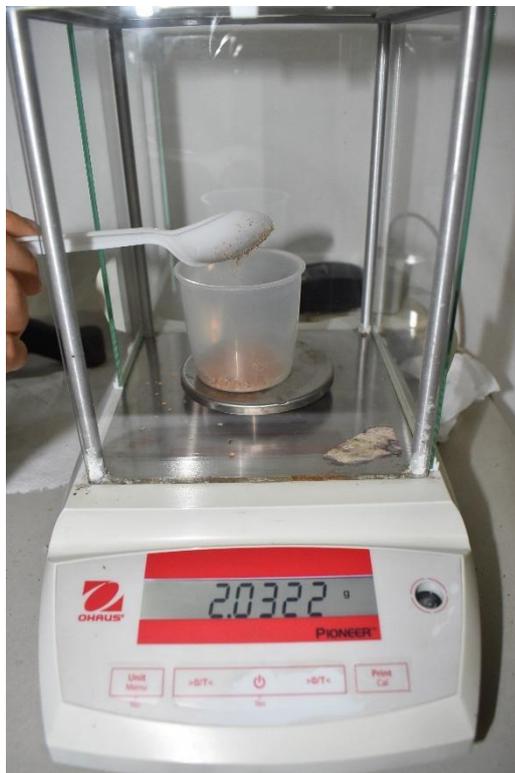
### Prueba T de student para la generación de CO2

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CO2 generado por larvas con PU	3.190	7	.015	8.375	2.17	14.58

	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
CO2 generado por larvas con PP	2.720	7	.030	5.125	.67	9.58

**ANEXO 9.** Evidencias fotográficas del procedimiento de experimentación de biodegradación con larvas de *Zophobas morio* en residuos de Poliuretano y Polipropileno.

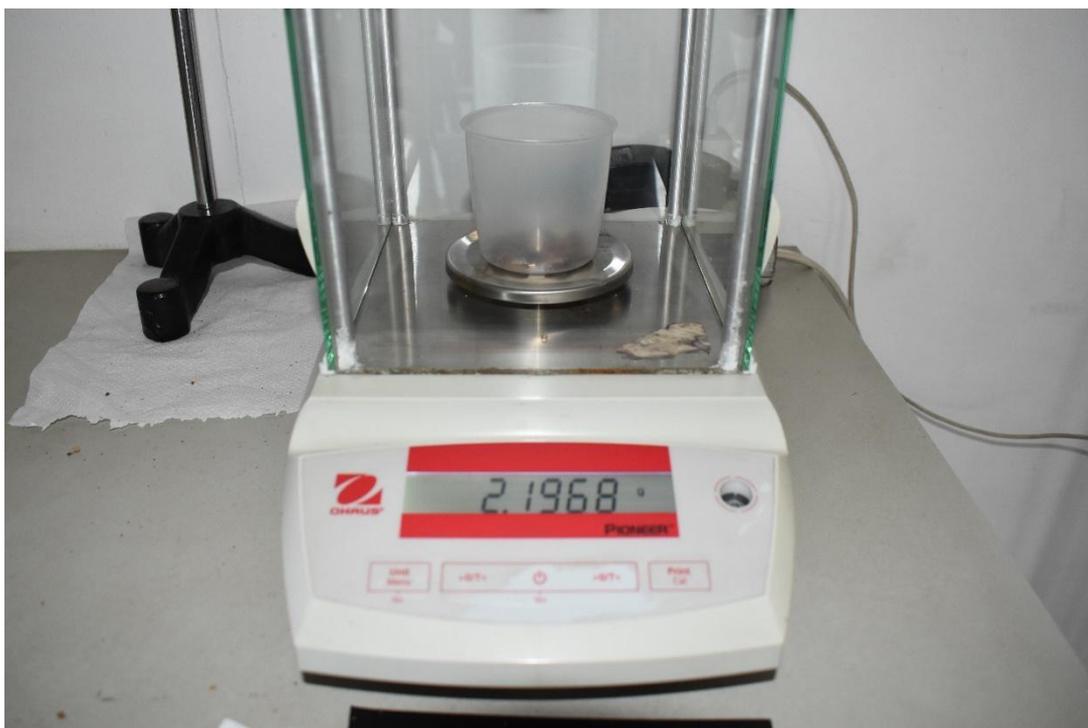
Pesaje de plásticos de Poliuretano, Polipropileno y Salvado de trigo



Medición de las larvas de *Zophobas morio* en el tiempo 0



Pesaje de larvas de *Zophobas morio*



Distribución de grupos



Larvas alimentadas con Poliuretano



Larvas alimentadas con Polipropileno



## GLOSARIO

**Residuos Sólidos:** Son materiales inservibles para el hombre, por lo cual decide deshacerse de ellos, estos pueden ser sustancias o productos provenientes de algún proceso de transformación, consumo, limpieza o utilización que al no ser tratados de manera adecuada genera efectos negativos tanto en el ambiente como en el ser humano. (INEI, 2019, p. 35; Galvis, 2016, p. 110).

**Residuos Plásticos:** por lo general, se denomina residuos plásticos a aquellos que se incorporan directa o indirectamente al ambiente permaneciendo por largos plazos como fragmentos (citados por Yan *et al.*, 2022, p. 2; Zylstra, 2013 y He *et al.* 2018),

**Monómeros:** Son uniones de moléculas repetitivas las cuales forman un polímero mediante polimerización (García, 2019, p. 11)

**Polímero:** Es un compuesto orgánico, natural o sintético conformado por átomos unificados y repetitivos de carbono, oxígeno, hidrógeno y nitrógeno. Obteniendo largas cadenas que estarán formadas, principalmente, por uniones covalentes, obteniendo así las macromoléculas (García, 2019, p. 11).

**Poliuretano (PU):** es aquel polímero sintético que proviene de los polioles, isocianatos y por un extensor de cadena que se agrega por reacciones de condensación, teniendo como enlace uretano (-NH-COO-) (Jong-Hoon *et al.* 2022, p. 2; Keroma *et al.* 2020, p. 3).

**Polipropileno (PP):** es un tipo de plástico de poliolefina que tiene un origen fósil, el cual es muy utilizado en el mundo por su procesamiento sencillo, una resistencia química alta y las favorables propiedades mecánicas (Zhao *et al.* 2021, p. 1; Jin *et al.* 2020, p. 2; Shang *et al.* 2021, p. 2).

**La biodegradación** viene a ser la acción en la cual intervienen microorganismos consumen aquellos materiales para transformarlos en unas sustancias más sencillas (Gómez y Sáiz, 2013 en Álvarez y Botache, 2020, p. 20).

**Subproductos:** Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), la biomasa, y el metano (CH<sub>4</sub>). Estos subproductos son generados debido a la presencia de microorganismos y enzimas que descomponen los polímeros del residuo (Alshehrei *et al.*, 2017, p. 12).

**Zophobas morio:** especie de escarabajo, tienen la capacidad de poner más de 2000

huevos. Los huevos son de un color blanco y tienen bordes redondeados (Mondragón, 2020, p. 23; Úbeda y Maes, 2021, p. 1-4).



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, TULLUME CHAVESTA MILTON CESAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "BIODEGRADACIÓN CON LARVAS DE ZOPHOBAS MORIO EN RESIDUOS DE POLIURETANO Y POLIPROPILENO, SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2023", cuyos autores son CASTRO EVARISTO KIMBERLY ISABEL, MUÑOZ ESCOBAR ADRIANA MARCELA ELVIRA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, 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, 09 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
TULLUME CHAVESTA MILTON CESAR <b>DNI:</b> 07482588 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0432-2459	Firmado electrónicamente por: MTULLUMEC el 24- 07-2023 04:31:00

Código documento Trilce: TRI - 0581557