



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Uso de larva *Carmenta theobromae* en la biodegradación de cloruro de polivinilideno bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba 2024

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

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Cueva Portilla, Leidy (orcid.org/0000-0002-7533-0894)

Sanchez Rodriguez, Geovana Fiorela (orcid.org/0000-0002-0099-547X)

**ASESOR:**

Dr. Vasquez Molocho, Carlos Edin (orcid.org/0000-0001-6496-4667)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos Sólidos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

**MOYOBAMBA – PERÚ**

**2024**

# DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

## **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, VASQUEZ MOLOCHO CARLOS EDIN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, asesor de Tesis titulada: "USO DE LARVA CARMENTA THEOBROMAE EN LA BIODEGRADACION DE CLORURO DE POLIVINILIDENO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO, MOYOBAMBA 2024", cuyos autores son CUEVA PORTILLA LEIDY, SANCHEZ RODRIGUEZ GEOVANA FIORELA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19%, 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.

MOYOBAMBA, 30 de Junio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
VASQUEZ MOLOCHO CARLOS EDIN <b>DNI:</b> 00839070 <b>ORCID:</b> 0000-0001-6496-4667	Firmado electrónicamente por: CVASQUEZMO77 el 22-07-2024 18:31:38

Código documento Trilce: TRI - 0783185



# DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Nosotros, CUEVA PORTILLA LEIDY, SANCHEZ RODRIGUEZ GEOVANA FIORELA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - MOYOBAMBA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "USO DE LARVA CARMENITA THEOBROMAE EN LA BIODEGRADACION DE CLORURO DE POLIVINILIDENO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO, MOYOBAMBA 2024", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
GEOVANA FIORELA SANCHEZ RODRIGUEZ <b>DNI:</b> 70178746 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0099-547X	Firmado electrónicamente por: GSANCHEZROD el 30-06-2024 15:57:32
LEIDY CUEVA PORTILLA <b>DNI:</b> 72245167 <b>ORCID:</b> 0000-0002-7533-0894	Firmado electrónicamente por: CCUEVAPO el 30-06-2024 19:18:45

Código documento Trilce: TRI - 0783183



## **DEDICATORIA**

A nuestros queridos padres. Este logro académico es un reflejo del incansable esfuerzo que han invertido para brindarnos una educación sólida. Cada sacrificio que han hecho, cada día de trabajo duro y cada decisión que tomaron en nuestro nombre son el fundamento de nuestro éxito. Su dedicación y compromiso con nuestra educación son un regalo que valoramos más allá de las palabras. Esta tesis es un testimonio de su sacrificio y amor, y me llena de orgullo honrarlos de esta manera. Gracias por ser los faros en nuestras vidas, por iluminar el camino hacia el conocimiento y por inculcarnos la importancia del trabajo duro y la educación. Los amamos profundamente.

## **AGRADECIMIENTO**

El principal agradecimiento a "Dios quién nos ha guiado, nos ha dado la fortaleza para seguir adelante. A nuestras familias por su comprensión y estímulo constante, además su apoyo incondicional a lo largo de nuestros estudios. Y a todas las personas que de una y otra forma nos apoyaron en la realización de este trabajo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR</b> .....	ii
<b>DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
<b>II. METODOLOGÍA</b> .....	20
<b>III. RESULTADOS</b> .....	25
Tabla 3.....	25
<b>3.4. Prueba de hipótesis</b> .....	28
<b>IV. . DISCUSIÓN</b> .....	29
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	33
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	34
<b>REFERENCIAS</b> .....	
<b>ANEXOS</b> .....	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. DISEÑO DEL TRATAMIENTO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 2. COMBINACIÓN EXPERIMENTAL .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 3. EFICIENCIA DE BIODEGRADACIÓN DE LA LARVA CARMENTA THEOBROMAE, CLORURO DE POLIVINILIDENO .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 4. CANTIDAD ÓPTIMA DE LARVAS CARMENTTHEOBROMAE PARA LA BIODEGRADACIÓN DE POLIVINILIDENO .....</b>	<b>26</b>
<b>Tabla 5. TIEMPO ÓPTIMO PARA LA BIODEGRADACIÓN DE CLORURO DE POLIVINILIDENO CON EL USO DE CARMENTA THEOBROMAE .....</b>	<b>27</b>

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo utilizar la larva *Carmenta theobromae* para biodegradar de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024. La presente investigación es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, un diseño experimental de tipo pre experimental. En este estudio, la población objetivo será la totalidad de los residuos de cloruro de polivinilideno generados en la ciudad de Moyobamba. En la presenta investigación la muestra será un total de 1350 gramos de cloruro de polivinilideno. Los resultados del estudio realizado muestran que las larvas de *Carmenta theobromae* son efectivas en la biodegradación del cloruro de polivinilideno (PVDC), un polímero altamente resistente, asimismo, la cantidad óptima de larvas de *Carmenta theobromae* para la biodegradación de cloruro de polivinilideno estas condiciones fue de 15 gramos, ya que resultó en una menor diferencia de peso final en comparación con las otras cantidades probadas, la biodegradación de cloruro de polivinilideno con *Carmenta theobromae* estas condiciones fue de 72 horas, seguido por 48 horas, mientras que 24 horas mostró la menor eficacia en la biodegradación. Se logra concluir que el uso de larva *Carmenta theobromae* permite la biodegradación de cloruro de polivinilideno.

Palabras clave: biodegradación, *Carmenta theobromae*, cloruro de polinivilideno



## **ABSTRACT**

The objective of this research was to use the *Carmenta theobromae* larva to biodegrade polyvinylidene chloride, under laboratory conditions, Moyobamba -2024. The present research is of an applied type, with a quantitative approach, a pre-experimental experimental design. In this study, the target population will be all the polyvinylidene chloride waste generated in the city of Moyobamba. In this investigation, the sample will be a total of 1350 grams of polyvinylidene chloride. The results of the study carried out show that *Carmenta theobromae* larvae are effective in the biodegradation of polyvinylidene chloride (PVDC), a highly resistant polymer, likewise, the optimal number of *Carmenta theobromae* larvae for the biodegradation of polyvinylidene chloride under these conditions was 15 grams, as it resulted in a lower difference in final weight compared to the other quantities tested, the biodegradation of polyvinylidene chloride with *Carmenta theobromae* under these conditions was 72 hours, followed by 48 hours, while 24 hours showed the lowest efficiency in biodegradation. It is concluded that the use of *Carmenta theobromae* larva allows the biodegradation of polyvinylidene chloride, under laboratory conditions.

Keywords: biodegradation, *Carmenta theobromae*, polyvinylidene chloride

## I. INTRODUCCIÓN

La producción a gran escala de plásticos derivados del petróleo y combustibles fósiles se ha convertido en uno de los mayores desafíos globales, afectando a personas de todos los estratos sociales. Esto se debe a que los residuos generados por productos como el PVC, PET, polipropileno, polietileno y otros plásticos suelen acabar contaminando cuerpos de agua, suelos o se liberan como gases durante su quema. Estos desechos plásticos plantean una seria amenaza tanto para el medio ambiente como para la salud humana (Cruz, 2022, p.23). El exceso de residuos plásticos constituye uno de los mayores problemas ambientales de la actualidad, siendo uno de los desechos más prevalentes a nivel global (Meza, 2013, p.12). La rápida expansión de la industria del plástico ha integrado significativamente estos materiales en la vida diaria, pero su resistencia natural ha desencadenado problemas ambientales notorios al no degradarse ni oxidarse con el tiempo (Awasthi, Tan y Li, 2020, p.321). Aproximadamente, se producen 8,300 millones de toneladas de plásticos globalmente, de las cuales solo el 9% se recicla, el 12% se incinera y el 79% termina en vertederos o en la naturaleza (Moreno, 2017). Los plásticos sintéticos, que comprenden aproximadamente el 79% del consumo total, incluyen el tereftalato de polietileno (PET), el polipropileno (PP), el polietileno (PE), el poliestireno (PS), el cloruro de polivinilo (PVC) y el poliuretano (PUR) (Zheng, et al., p.45).

La resistencia mecánica y la composición química basada en enlaces de carbono de los plásticos, mencionados hacen que su descomposición natural pueda tardar entre 100 y 600 años (Alania y Pérez, 2017, p.56). La persistencia de materiales plásticos en los ecosistemas causa la muerte de animales terrestres y acuáticos por ingestión o atrapamiento en bolsas de polietileno. Estos plásticos forman barreras impermeables en el suelo, obstruyendo el flujo de agua y provocando erosión y alteraciones en los patrones hídricos. Además, los plásticos liberan sustancias tóxicas al descomponerse, reduciendo la fertilidad del suelo y afectando la productividad agrícola. La acumulación de plásticos también perjudica la biodiversidad del suelo, interfiriendo con los organismos esenciales para la descomposición de materia orgánica y la cicatrización de nutrientes. (Vijayya y Readdy, 2008, p. 98)

El cloruro de polivinilideno (PVC) es un termoplástico ampliamente empleado en la fabricación de tuberías, utensilios domésticos, muebles, tapicería, productos desechables como envases de alimentos, productos farmacéuticos y dispositivos médicos (Giacomucci, et al., 2020, p.23). Su

alta demanda se debe a sus excelentes propiedades, lo que ha llevado a la generación de grandes cantidades de residuos de este material. Desde que el plástico comenzó a usarse de manera generalizada, se han producido aproximadamente 6,300 millones de toneladas, de las cuales cerca del 79% han terminado en vertederos. Esto contribuye a que alrededor de 2,41 millones de toneladas de desechos plásticos lleguen anualmente a los océanos (Vivi et al., 2019, p.11). El plástico, diseñado para ser duradero, da lugar a residuos persistentes que, al estar expuestos a condiciones ambientales, se fragmentan en diminutas partículas conocidas como microplásticos. Estos microplásticos se encuentran tanto en áreas densamente pobladas como en regiones remotas y deshabitadas (Bergmann et al., 2019, p.54). En Colombia, el consumo de plástico en 2018 aumentó un 8,3% en comparación con 2017, alcanzando las 220 mil toneladas de resina de PVC (Acoplásticos, 2019, p.1). Esta situación subraya la necesidad de implementar técnicas de degradación del plástico y otras políticas para reducir los residuos plásticos. A nivel global, la incineración sigue siendo una práctica convencional para eliminar residuos en algunas zonas rurales, pero el PVC, al ser incinerado, libera productos peligrosos como moléculas de radicales libres, CO, iones libres y cloruro de hidrógeno (Vivi, et al., 2019, p.14).

En el Perú, la abundante generación de residuos plásticos representa uno de los problemas ambientales más significativos de la década actual, y el plástico es uno de los tipos de desechos más comunes a nivel global (Meza, 2013,25). El crecimiento acelerado de la industria del plástico ha integrado de manera importante en la vida cotidiana debido a su amplio uso, pero esto ha llevado a problemas ambientales significativos debido a la naturaleza resistente de estos materiales, ¿que no se oxidan ni se descomponen de manera natural con el tiempo (Hidalgo, 2018, p. 78).

A nivel mundial, se producen aproximadamente 8,300 millones de toneladas de plásticos cada año. De este total, solo el 9% se somete a procesos de reciclaje, lo que indica una baja tasa de recuperación y reutilización. Por otro lado, el 12% del plástico producido se incinera, una opción que, aunque reduce el volumen de residuos, puede liberar sustancias contaminantes al medio ambiente. Sin embargo, la mayor parte, un alarmante 79%, se acumula en vertederos o se dispersa en la naturaleza, contribuyendo significativamente a la contaminación ambiental. Esta acumulación de plástico en vertederos y en el medio ambiente plantea graves problemas ecológicos, afectando la vida silvestre, los ecosistemas y la salud humana, y resalta la urgente necesidad de desarrollar mejores estrategias de gestión de residuos y fomentar prácticas de reducción y reciclaje más efectivas (Moreno, 2018, p.13).

Ante lo mencionado, a nivel local se evidencia que las empresas dedicadas al envío de encomiendas en la ciudad de Moyobamba, exigen al usuario que sus envíos sean embalados para lo cual utilizan el cloruro de polivinilideno (plástico film), asimismo el plástico transparente que se suele utilizar para guardar restos de comida o para cubrir envases, es muy útil y cómodo, pero casi imposible de reciclar. Además, desprende dioxinas, una sustancia tóxica que se acumula en la cadena alimentaria y que podría causarnos daños en la salud.

En cuanto a los productos plásticos más comunes, como el cloruro de polivinilideno en la ciudad de Moyobamba, la mayoría de ellos se desechan en las áreas públicas de la ciudad, y su descomposición natural es extremadamente lenta o prácticamente inexistente. Es por esta razón que se busca promover la degradación biológica acelerada, estimulando a organismos autóctonos, como las larvas de *Carmenta theobromae*, para que utilicen estos productos plásticos como fuente de carbono para su metabolismo y obtención de energía.

Ante lo expuesto se formula el siguiente problema general: ¿En qué medida la utilización de la larva *Carmenta theobromae* permite la biodegradación de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024?, del mismo modo se formula los siguientes problemas específicos: ¿Cuál es la eficiencia de biodegradación de la larva *Carmenta theobromae*, cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024? ¿cuál es la cantidad óptima de larvas *Carmenta theobromae*, para la biodegradación de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024?, finalmente ¿cuál es el tiempo optimo que permite la biodegradación de cloruro de polivinilideno mediante el uso de larvas *Carmenta theobromae*, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024?

La realización de esta investigación es altamente conveniente y de suma importancia debido a que busca abordar el problema de la acumulación excesiva de plástico film, que se deriva del inapropiado consumismo de las personas. Muchos utilizan el plástico film en un solo uso y luego lo descartan, a menudo sin considerar el impacto ambiental negativo que esto conlleva. El plástico film es un material fácil y económico de adquirir, pero su uso inadecuado contribuye significativamente a la contaminación ambiental. Esta investigación tiene una justificación teórica sólida, ya que tiene el potencial de generar nuevas teorías o conocimientos que expliquen cómo el *Carmenta teobroma* puede ser una herramienta útil en la biodegradación del polietileno de baja densidad. Los resultados de esta investigación podrían sentar las bases para futuras investigaciones en esta área, contribuyendo al avance del conocimiento científico. Además, esta investigación

también tiene una justificación práctica importante, ya que los resultados obtenidos estarán disponibles para la comunidad estudiantil y otros investigadores. Estos hallazgos podrían servir como base para nuevas propuestas destinadas a mejorar los procesos de gestión de residuos y reducir la acumulación de plástico film. En última instancia, se espera que esta investigación contribuya a encontrar soluciones más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en relación con el uso y la eliminación de plástico film.

La investigación tiene como objetivo general: Utilizar la larva *Carmenta theobromae* para biodegradar de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024. así mismo los objetivos específicos son los siguientes : Evaluar la eficiencia de biodegradación de la larva *Carmenta theobromae*, cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024, determinar la cantidad óptima de larvas *Carmenta theobromae*, para la biodegradación de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024, finalmente determinar tiempo optimo que permite la Biodegradación de cloruro de polivinilideno mediante el uso de larvas *Carmenta theobromae*, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024.

Finalmente, la investigación tiene como hipótesis general que la utilización de la larva *Carmenta theobromae* permite la biodegradación de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024.

En esta sección, se presentan los antecedentes de la investigación, que comprenden una revisión bibliográfica tanto a nivel internacional como nacional. Estos antecedentes incluyen tesis de grado y artículos de investigación relacionados con el problema planteado en la introducción de la investigación. Esta información permite obtener una comprensión de los avances que se han logrado en relación con la temática propuesta. Además, se detallan los teoremas relacionados con el tema, lo que proporciona el marco conceptual de las variables de estudio desde la perspectiva de diferentes autores.

A continuación, se exponen los antecedentes relevantes:

El estudio realizado por Cungan, Rojas y Morocho (2023, p.23) se enfocó en la biodegradación del plástico utilizando larvas del escarabajo *Tenebrio molitor* como un aporte a la biotecnología ambiental. La contaminación es un problema significativo para el medio ambiente, y este proyecto tenía como objetivo analizar la capacidad de las larvas de *Tenebrio molitor* para degradar plásticos.

El proyecto se desarrolló en tres etapas principales: la caracterización de las larvas *Tenebrio molitor*, la crianza de las larvas y la evaluación de su capacidad para biodegradar el plástico. Los resultados indicaron que la muestra 1 (M1) tuvo una producción específica de biomasa de 6.6 gramos, mientras que la muestra 2 (M2) registró una producción específica de 2.3 gramos. Además, se observó un cambio en el color y la cantidad de las heces. En conclusión, este estudio sugiere que la biodegradación del poliestireno por las larvas de *Tenebrio molitor* podría tener un impacto positivo en la producción de compost y ayudar a reducir el consumo de plástico. Este enfoque interdisciplinario en biotecnología ambiental es una contribución importante para abordar el problema de la contaminación por plásticos en el medio ambiente.

Del mismo modo, Pardo-Rodríguez y Zorro-Mateus (2021, p.123) El propósito de este estudio fue examinar la degradación del PVC sin plastificante utilizando hongos aislados de una muestra de suelo contaminado con resina de PVC. Tras el aislamiento y la caracterización morfológica de 30 cepas de hongos, se seleccionaron 8 para pruebas preliminares en un medio con PVC como única fuente de carbono. Se realizaron curvas de crecimiento para las dos cepas más prometedoras, identificadas como *Penicillium* sp. y *Mucor* sp. Esta última mostró un aumento en la biomasa a partir del PVC, evidenciando cambios visibles en las películas de PVC respaldados por espectros de infrarrojo. Aunque preliminares, estos hallazgos sugieren nuevas posibilidades para la degradación de los persistentes residuos de PVC.

La investigación de Díaz y Suárez (2021, p. 234) se centró en evaluar la capacidad de 8 hongos para degradar láminas de PVC sin plastificante. El estudio se realizó en dos etapas principales: 1) Prueba preliminar en medio semilíquido: En esta fase, se evaluó la eficiencia de degradación de cada uno de los hongos utilizando láminas de PVC en un medio semilíquido. Los resultados mostraron que el hongo *Paecilomyces* sp. demostró una degradación adecuada del material, lo que se reflejó en el aumento de masa de los hongos y la pérdida de peso en las láminas de PVC. Se sugiere que esto podría deberse al inicio del proceso químico en el metabolismo del hongo para reducir el grado de polimerización del PVC. 2) Ensayo en suelo: En esta etapa, se probó la degradación de las láminas de PVC en un suelo con la presencia de los hongos. Nuevamente, se observó un mejor desempeño por parte de *Paecilomyces* sp., mientras que *Penicillium* sp. (A) no mostró un buen rendimiento en la prueba, ya que su aumento en masa de biopelícula fúngica fue similar al grupo de control. En resumen, los resultados de la investigación indican que *Paecilomyces* sp. podría ser una opción prometedora para la degradación del PVC, ya que mostró

una mayor eficiencia en la degradación del material en comparación con otros hongos. Sin embargo, se sugiere la realización de más ensayos de degradación con estos hongos para confirmar su capacidad y evaluar su viabilidad como una opción para cerrar el ciclo del PVC.

Por su parte Crespo (202, p. 612) La investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad degradadora del microbiota presente en las larvas de *Galleria mellonella* L. en relación con el polietileno de alta y baja densidad. Para lograr esto, se llevaron a cabo pruebas in vitro que incluyeron análisis en placa y la evaluación de los efectos posteriores al tratamiento utilizando FT-IR, pesaje, comparación con un grupo de control y microscopía electrónica de barrido para analizar las superficies de las perlas de polietileno. Los resultados de la investigación indicaron que hubo un ligero cambio en la estructura química del polietileno de alta densidad después de la acción del microbiota de las larvas, lo que se acompañó de la liberación de subproductos en el medio de cultivo. También se observó una disminución en la masa del polietileno de alta densidad. Por otro lado, en el caso del polietileno de baja densidad, no se reportaron cambios significativos en su estructura ni liberación de grupos funcionales. Como conclusión, se plantea la posibilidad de que esta estrategia, utilizando el microbiota de las larvas de *Galleria mellonella* L., podría ser una manera efectiva de reducir el impacto de los microplásticos de alta densidad en los ecosistemas. Sin embargo, se necesita más investigación para comprender completamente los mecanismos de degradación y su viabilidad en aplicaciones prácticas para abordar la contaminación por plásticos.

A nivel de Perú, el tra de Revilla (2018, p.9) se enfocó en evaluar la eficiencia del homogenizado extraído del tracto digestivo de *Galleria mellonella* (larvas de la polilla de la cera) para la degradación de polietileno de baja densidad en dos formas comerciales, específicamente en film y bolsas plásticas. Se llevaron a cabo experimentos para determinar el volumen más efectivo de homogenizado para la degradación de estos materiales, utilizando volúmenes de 5 ml, 7.5 ml y 10 ml. La metodología se basó en calcular la eficiencia, evaluando la diferencia entre los pesos iniciales (PI) y finales (PF) de las muestras de plástico en contacto con el homogenizado durante siete días consecutivos. Cada tipo de polietileno tuvo cinco repeticiones. Los resultados mostraron evidencia de biodegradación en ambos tipos de polietileno de baja densidad. Para las bolsas plásticas, la eficiencia varió según el volumen de tratamiento, siendo más alta con 10 ml. En cuanto al film, se observó una mayor eficiencia en comparación con las bolsas plásticas, independientemente del volumen. En resumen, el estudio concluyó que volúmenes mayores de tratamiento resultaron en una mayor eficiencia de biodegradación. Además, destacó que el film de

polietileno de baja densidad mostró una mayor biodegradación en comparación con las bolsas plásticas en las mismas condiciones experimentales, proporcionando información relevante sobre la capacidad de *Galleria mellonella* para biodegradar estos materiales.

La investigación realizada por Mostajo (2021, p.12) La investigación se centró en evaluar la capacidad de cepas de micromycetos para degradar polietileno de baja densidad. Se aislaron 12 cepas de estos hongos de bolsas encontradas en botaderos en Calca y Sicuani. Se identificaron taxonómicamente utilizando un sistema propuesto por Pitt y se midió la concentración de esporas. La actividad de degradación se evaluó mediante cultivos líquidos puros de Singh & Sharma. Los resultados mostraron que las cepas degradaban eficientemente el polietileno, especialmente el tipo A. Los consorcios de diferentes cepas aumentaron la eficiencia en la degradación. Esta investigación resalta el potencial de estos micromycetos en la degradación de plásticos en entornos ambientales.

Asimismo, Ccallo y Sacaca (2020, p.13) El propósito de este tra fue revisar la literatura existente sobre los mecanismos, métodos y técnicas utilizados en la biodegradación de plásticos por *Pseudomonas*. La investigación revela la capacidad de estas bacterias para descomponer los polímeros plásticos en monómeros y, finalmente, mineralizarlos en dióxido de carbono o metano. Este proceso se debe a la producción de enzimas que desencadenan la descomposición de los polímeros. Además, las *Pseudomonas* exhiben una adaptabilidad a diversos entornos, tanto bióticos como abióticos, con mayor eficacia que otras bacterias. La revisión literaria destaca que las *Pseudomonas* ofrecen un medio ecológico para eliminar del ambiente diversos tipos de polímeros, incluyendo HDPE, LDPE, PET, PE, PP, PU, PPS, entre otros.

El estudio de Siesquen y Trujillo (2019, p.6) se enfocó en emplear larvas de gusano de cera para biodegradar poliestireno expandido, conocido como tecnopor. Esta investigación aplicada y cuantitativa utilizó un diseño experimental con cajas de madera y diferentes cantidades de gusanos (10 g, 20 g, 30 g) junto con Tecnopor. Los resultados demostraron que la cantidad de gusanos no impactó la biodegradación, pero el tiempo sí tuvo un efecto significativo. Entre las 24 y 72 horas, se observó una disminución notable del Tecnopor, siendo más efectiva la reducción entre las 48 y 72 horas, validando la hipótesis alterna. En conclusión, las larvas de *Galleria mellonella* tienen capacidad para biodegradar el tecnopor.



En relación a las teorías relacionadas al tema en relación a la variable *Carmenta theobromae* se puede decir que la fase larval presenta una coloración oscura y una cabeza de color marrón, además de puntos negros y pelos en su dorso. En el caso de las larvas de *C. foraseminis*, atraviesan un total de nueve estadios durante un período que dura aproximadamente 36 días. Su principal fuente de alimentación consiste en el mucílago y la placenta de la planta, con ocasional consumo de las semillas. Al completar su ciclo de desarrollo, la larva crea una galería de salida que apunta hacia la epidermis de la mazorca. Se ubica de de esta epidermis para pupar, construyendo un capullo utilizando sus excretas (ICA, 2016, p.87).

La pupa de *Carmenta foraseminis* tiene un tono castaño brillante, mide aproximadamente  $1.18 \pm 0.02$  mm de longitud, con un diámetro en la sección más ancha del tórax de alrededor de  $0.32 \pm 0.03$  mm (Alcántara, 2013, p.54). En su etapa adulta, *Carmenta theobromae* muestra un tono marrón-castaño en general. La cabeza tiene una parte superior marrón y los laterales muestran pequeñas escamas amarillas. Además, se aprecian escamas amarillas en la frente, dorso y laterales del cuerpo. En la parte superior, los flequillos occipitales son intensamente amarillos, mientras que en los laterales tienen un tono más claro. Por último, en la parte inferior, los palpos maxilares están cubiertos de escamas de un amarillo intenso (Delgado, 2005, p. 82)

La biodegradación es un proceso natural en el cual un material se descompone en dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), agua (H<sub>2</sub>O) y componentes orgánicos debido a la acción de enzimas producidas por microorganismos (Gama, 2014, p.5). La biodegradación como la asimilación de polímeros por parte de organismos vivos (Barbarán et al., 2018., p.8). La biodegradación se manifiesta a través de la colonización de bacterias y hongos en la superficie del polímero, lo cual depende de factores como la tensión superficial, porosidad y textura superficial, entre otros (Blanco, 2007, p.45). La biodegradación ocurre debido a cambios en la estructura física o química de la cadena del polímero, lo que reduce el peso molecular del polímero. Estas variaciones pueden ser no deseadas, como los cambios que ocurren durante el uso, o deseables, como en el proceso de biodegradación. Estos cambios en la estructura del polímero son principalmente causados por factores relacionados con la composición de los polímeros (Speight, 2011, p.12).

En el contexto de la biodegradación de polímeros, la cristalinidad juega un papel fundamental. Este término se refiere a la disposición estructural interna de un polímero y tiene un efecto notable en sus propiedades mecánicas y térmicas. Las áreas cristalinas proporcionan rigidez y fortaleza al

polímero, mientras que las zonas amorfas, que no tienen una estructura ordenada, le otorgan flexibilidad y resistencia (Coreño, 2010, p.21). La interacción entre estas regiones cristalinas y amorfas influye en cómo se comporta el polímero en diferentes entornos, incluyendo su propensión a la biodegradación. La flexibilidad de la cadena polimérica y las fuerzas intermoleculares son factores cruciales para la cristalización del polímero. Polímeros con cadenas altamente flexibles y fuerzas intermoleculares débiles, como el polisiloxano, tienden a cristalizar poco, debido a que los átomos de oxígeno en la cadena principal impiden la formación de estructuras cristalinas ordenadas (Coreño, 2010, p.23). La estereorregularidad, que se ve afectada cuando átomos de hidrógeno en las unidades repetitivas son reemplazados por otros átomos o grupos, también es relevante. La disposición de estos grupos a lo largo de la cadena se denomina tacticidad, y cualquier cambio en ella puede afectar las propiedades del polímero y su capacidad para formar estructuras cristalinas ordenadas (Coreño, 2010, p.23). Las ramificaciones en los polímeros pueden disminuir su estabilidad térmica. Los polímeros con ramificaciones, particularmente aquellos con ramificaciones largas, son más propensos a la oxidación, ya que los carbonos terciarios en las ramas pueden ser atacados químicamente, comprometiendo la integridad del polímero y reduciendo su resistencia general. Además, los polímeros ramificados suelen tener menor resistencia en comparación con los lineales (Gómez, 2018, p.16). Por último, el entrecruzamiento de las cadenas poliméricas aumenta la rigidez del polímero, así como su estabilidad térmica y química. Este entrecruzamiento, que implica la formación de enlaces covalentes entre las cadenas, resulta en una estructura más robusta y resistente a las condiciones ambientales que pueden promover la biodegradación (Gómez, 2018, p.16).

Los procesos de degradación de los polímeros pueden clasificarse en varios tipos, incluyendo procesos químicos (oxidación, hidrólisis), procesos físicos (degradación térmica, fotodegradación y degradación mecánica) y procesos biológicos (Moore, y Saal, 2009, p.18). En el caso de la biodegradación, es un proceso biológico complejo que puede iniciarse de múltiples maneras y seguir diversas etapas o reacciones (Carvalho, & Gutarra, 2016, p.67). Para el polietileno de baja densidad (LDPE), la biodegradación puede ocurrir a través de dos mecanismos fundamentales: hidrobiodegradación y oxobiodegradación (Song, Hyun, & Lee, 2015, p.86). En la degradación de polímeros, se utilizan mezclas de aditivos para mejorar el proceso, incluyendo almidón, que contiene amilosa y amilopectina y aumenta la elongación y la cristalinidad de la mezcla (Shen, Wu, & Ding, 2012, p.23), así como aditivos prooxidantes, que son compuestos poliinsaturados,

iones metálicos de transición y complejos de tiocarbamatos (Acuña, 2017, p.78). Estos aditivos aceleran la degradación, comenzando con una degradación abiótica u oxidación, causada principalmente por la exposición a la luz solar y las condiciones ambientales, como el pH, la salinidad, la disponibilidad de oxígeno, el estrés físico, la humedad y la temperatura, entre otros factores, facilitando así el posterior ataque microbiano (Patel, 2022, p-23).

El cloruro de polivinilideno (PVDC) es un material altamente versátil con una amplia gama de aplicaciones en las industrias industriales y comerciales, especialmente en el envasado. Sus propiedades únicas, como su resistencia excepcional a productos químicos y su transparencia, lo hacen invaluable en numerosos campos. Sin embargo, es importante destacar que la producción y eliminación del PVDC plantean desafíos ambientales que deben ser abordados de manera continua. En este contexto, es fundamental buscar alternativas sostenibles y mejorar los métodos de reciclaje relacionados con el PVDC. Esto es esencial para garantizar que el uso y la producción de PVDC sean compatibles con la sostenibilidad ambiental. En un mundo que está en constante cambio y crecimiento, encontrar el equilibrio entre las demandas industriales y la responsabilidad ecológica seguirá siendo un aspecto clave para el uso y la producción de este importante polímero (Posada, 1994, p.213).

## II. METODOLOGÍA

Por la naturaleza de la investigación es de tipo aplicada, según Cortez y Escudero (2018) estos son proyectos de investigación originales con el propósito de generar novedosos conocimientos enfocados en resolver una problemática particular, fundamentados en los resultados de investigaciones fundamentales. Se caracterizan por su capacidad de lograrse en un plazo más breve y su influencia significativa en la sociedad. Del mismo modo, la investigación presenta un enfoque cuantitativo, por tal motivo es importante mencionar a Sánchez (2019) señala que este enfoque se refiere a investigaciones que son cuantificables y susceptibles de aplicar métodos estadísticos. Diseño de investigación: El diseño de investigación que corresponde a la presente investigación es de tipo experimental, por lo cual es importante mencionar a Alban, Arguello, & Molina (2020) los cuales mencionan que este tipo de investigación implica la exposición de un objeto o un conjunto de individuos a condiciones, estímulos o tratamientos específicos (variable independiente), con el propósito de observar las consecuencias o respuestas que se generan (variable dependiente). Del mismo modo, en relación al diseño de investigación se tuvo un diseño pre experimental, los cuales de acuerdo a lo manifestado por Sampieri y Mendoza (2018) este diseño permite la observación de diversos grupos de individuos después de tener en cuenta los factores que causan y generan efectos.

El diseño será el siguiente:

G.E: O1    X    O2

Donde:

G.E: Grupo experimental

G.C: Grupo control

X: Uso de larva *Carmenta theobromae*

La investigación presenta como independiente al Uso de larva *Carmenta theobromae* la cual según ICA (2016, p.453) se puede decir que la fase larval presenta una coloración oscura y una cabeza de color marrón, además de puntos negros y pelos en su dorso. En relación a la variable de estudio

operacionalmente se define que se realizará su medición a través de las condiciones experimentales que se aplicará en el proceso de biodegradación. Por su parte la variable dependiente es la biodegradación la cual es un proceso de descomposición orgánica llevado a cabo por microorganismos, durante el cual los materiales pueden convertirse en sustancias más simples, lo que puede contribuir al ciclo de nutrientes o a la eliminación de contaminantes en la naturaleza (Gonzales, 2016). Por su parte la definición operacionalización se basa en que se cuantificará a través de propiedades físicas, en las cuales se registrarán los pesos al inicio y al final para calcular la variación de masa. Operacionalización de la variable: Véase en el Anexo 1 el cuadro de operacionalización de las variables

Población: Según lo expresado por Schumacker y Tomek (2013, p.23) la población se refiere a la totalidad de elementos a los que el investigador tiene acceso y que son relevantes para llevar a cabo una investigación. En este estudio, la población objetivo fue la totalidad de los residuos de cloruro de polivinilideno generados en la ciudad de Moyobamba. En la investigación se tuvo como criterios de inclusión a los residuos de fil, mientras como criterios de exclusión al polietileno de baja y alta densidad. En la presenta investigación la muestra fue un total de 1350 gramos de cloruro de polivinilideno, los cuales fueron obtenidos en los establecimientos dedicados al transporte y envío de encomiendas. En ese contexto, se aplicó el muestreo por conveniencia, según la definición de Sánchez y Reyes (2006, p.128), implica seleccionar únicamente aquellos elementos de la población que cumplen con ciertos criterios prácticos, como la disponibilidad, la facilidad de acceso, la proximidad geográfica o la voluntad de participar en el estudio en el caso de personas. También se conoce a las muestras de conveniencia como "accidentales" debido a que los elementos pueden ser elegidos simplemente por estar ubicados de manera temporal, espacial o administrativa al alcance del investigador que está recopilando datos. Finalmente, la unidad de análisis en la presente investigación fueron los residuos de cloruro de polivinilideno (plástico film) generados en la ciudad de Moyobamba.

Se aplicó la observación como técnica, puesto que se usó de los sentidos para la obtención de datos, en ese sentido, la observación directa se lleva a cabo cuando el investigador interactúa personalmente con el evento o fenómeno que está investigando (Rodríguez, 2005, p.23). La ficha de registro de observación se utilizó como instrumento, el cual permitió documentar el proceso de biodegradación del cloruro de polivinilideno, en la cual se realizó el registro de datos como la

fecha, la hora y el peso de los residuos de cloruro de polivinilideno como parte de la observación del proceso de biodegradación.

Se desarrolló la etapa de gabinete, en la presente investigación consistió en la recolección de información de fuentes primarias y secundarias en relación a las variables de estudio de la presente investigación, además se exploró diversos repositorios institucionales y revistas electrónicas con acceso libre para la obtención de antecedentes tanto nacionales e internacionales, del mismo modo se recopiló información sobre las variables de estudio que permitieron dar el sustento teórico a la presente investigación. Por su parte, la etapa de campo y experimentación consistió en la recolección de larvas la cual se centró en recolectar las larvas de *Carmenta theobromae* de plantaciones de cacao infectadas por lepidópteros, utilizando envases de vidrio. Posteriormente, se crearon invernaderos para alojar las muestras. Luego se realizó el pesaje inicial de los residuos de cloruro de polivinilideno con una balanza analítica para registrar sus valores iniciales. Se procedió a la Se seleccionaron larvas para sus respectivos tratamientos en cajas de madera y se monitorearon durante 24, 48 y 72 horas en los invernaderos correspondientes. Luego, se colocaron cantidades específicas de larvas de *Carmenta theobromae* (10, 20 y 30 gramos) en las cajas y se llevó a cabo un seguimiento. Asimismo, en relación a las condiciones de laboratorio se trabajó bajo las siguientes temperaturas:

Fecha	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima
21-05-2024	19 °C	27 °C
22-05-2024	19 °C	27 °C
23-05-2024	19 °C	27 °C

Nota: Datos disponibles en: <https://es.weatherspark.com/d/21433/5/23/Tiempo-promedio-el-23-de-mayo-en-Moyobamba-Per%C3%BA>

Posteriormente, luego de 24, 48 y 72 horas, se retiraron las larvas de las cajas para observar posibles cambios en las muestras. Para finalizar, se retiraron las larvas de las cajas, se volvieron a pesar los residuos de cloruro de polivinilideno para detectar posibles variaciones en comparación con el peso inicial, se registraron los datos obtenidos en la ficha de registro de observación.

Tabla 1. DISEÑO DEL TRATAMIENTO EXPERIMENTAL

Tabla 1.

*Diseño del tratamiento experimental*

Tratamiento	Concentración de larvas	Tiempo de biodegradación	Número de repeticiones
1	10 gr.	24 horas	3
2	10 gr.	48 horas	3
3	10 gr.	72 horas	3
4	20 gr.	24 horas	3
5	20 gr.	48 horas	3
6	20 gr.	72 horas	3
7	30 gr.	24 horas	3
8	30 gr.	48 horas	3
9	30 gr.	72 horas	3

Tabla 2. COMBINACIÓN EXPERIMENTAL

Tabla 2.

*Tabla de combinación experimental*

Tratamiento	Combinación	Número de repeticiones
1	CPV+CL <sub>(1)</sub> +TB <sub>(1)</sub>	3
2	CPV+CL <sub>(1)</sub> +TB <sub>(2)</sub>	3
3	CPV+CL <sub>(1)</sub> +TB <sub>(3)</sub>	3
4	CPV+CL <sub>(2)</sub> +TB <sub>(1)</sub>	3
5	CPV+CL <sub>(2)</sub> +TB <sub>(2)</sub>	3
6	CPV+CL <sub>(2)</sub> +TB <sub>(3)</sub>	3
7	CPV+CL <sub>(3)</sub> +TB <sub>(1)</sub>	3
8	CPV+CL <sub>(3)</sub> +TB <sub>(2)</sub>	3
9	CPV+CL <sub>(3)</sub> +TB <sub>(3)</sub>	3

Donde :

CL : Cantidad de larvas

CPV : cloruro de polivinilideno

TB : Tiempo de biodegradación

Etapa de Gabinete final: La etapa de gabinete final en la presente investigación consistió en la aplicación de pruebas estadísticas que permitieron comprobar la hipótesis planteada de la investigación para determinar la eficiencia se aplicó la siguiente fórmula  $(C_i - C_f / C_i) \times 100$ . Seguidamente, se procedió a la elaboración de la Discusión de resultados, para lo cual se tuvo en consideración la información recopilada en la etapa de gabinete final. Finalmente, se elaboraron las conclusiones y recomendaciones.

Los datos recopilados en la investigación se organizaron de manera sistemática para su análisis en programas estadísticos como Microsoft Excel y SPSS Versión 26. En el análisis descriptivo, se compararon los resultados de los procesos de biodegradación a las 24, 48 y 72 horas. Los datos se tabularon y clasificaron, lo cual permitió la elaboración de gráficos que representaron la información obtenida. Para el análisis inferencial, se aplicó la prueba de Tukey con el fin de determinar el tiempo óptimo de biodegradación y establecer intervalos de confianza entre las medias de los factores estudiados. Finalmente, se utilizó el análisis de varianza para evaluar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, lo que permitió validar o descartar la hipótesis planteada en el estudio.

Se redactó el proyecto siguiendo las directrices establecidas en la guía de Elaboración de Productos de Investigación de Fin de Programa, aprobada por la Universidad César Vallejo. Se garantizó la ética en la búsqueda de información externa, evitando cualquier forma de copia, y se aplicó la norma ISO 690 para la correcta citación de fuentes. Los resultados obtenidos del proceso experimental se verificaron para asegurar su veracidad, cumpliendo con las normas investigativas, y sirvieron como base para futuros proyectos. Además, se evaluó la Conducta Responsable en Investigación proporcionada por CONCYTEC para garantizar la integridad, permitiendo seguir los lineamientos éticos establecidos en la investigación.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Evaluación de la eficiencia de biodegradación de la larva *Carmenta theobromae*, cloruro de polivinilideno, Moyobamba -2024

Tabla 3. EFICIENCIA DE BIODEGRADACIÓN DE LA LARVA *CARMENTA THEOBROMAE*, CLORURO DE POLIVINILIDENO

Tabla 3.

*Eficiencia de biodegradación de la larva Carmenta theobromae, cloruro de polivinilideno, Moyobamba -2024*

Repetición	10 g			15 g			20 gr		
	24 h	48 h	72h	24 h	48 h	72h	24 h	48 h	72h
R1	42.873	42.325	41.234	40.98	39.234	39.754	37.824	32.98	28.72
R2	43.235	43.254	40.892	39.87	39.49	37.234	36.34	32.145	23.45
R3	42.345	42.213	41.234	40.345	38.735	38.234	34.245	30.28	24.564
Promedio	42.818	42.597	41.12	40.40	39.153	38.41	36.136	31.802	25.578
Eficiencia Promedio	4.8%	5.3%	8.6%	10.2%	13%	14.7%	19.7%	29.3%	43.2 %

#### **Interpretación:**

Los resultados del estudio realizado muestran que las larvas de *Carmenta theobromae* son efectivas en la biodegradación del cloruro de polivinilideno (PVDC), un polímero altamente resistente. La eficiencia de biodegradación aumenta con el tiempo y la cantidad de PVDC. A las 72 horas, la biodegradación fue de 8.6% para 10 g, 14.7% para 15 g y 43.2% para 20 g de PVDC, indicando una mayor actividad enzimática con más sustrato. El análisis temporal revela que las larvas mejoran la biodegradación de 4.8% a 8.6% para 10 g y de 19.7% a 43.2% para 20 g de PVDC desde las 24 hasta las 72 horas. La consistencia en las repeticiones experimentales refuerza la fiabilidad de los datos, mostrando valores cercanos en cada repetición.

### 3.2. Determinación de la cantidad óptima de larvas *Carmenta theobromae*, para la biodegradación de cloruro de polivinilideno, Moyobamba -2024

Tabla 4. CANTIDAD ÓPTIMA DE LARVAS CARMENTTHEOBROMAE PARA LA BIODEGRADACIÓN DE POLIVINILIDENO

Tabla 4

Cantidad óptima de larvas *Carmenta theobromae*, para la biodegradación de cloruro de polivinilideno, Moyobamba -2024

Comparaciones múltiples						
(I) Cantidad	(J) Concetracion	Diferencia de			Intervalo de confianza al 95%	
		medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior
10 gramos	15 gramos	2,8588	,61849	,001	1,2803	4,4373
	20 gramos	11,0063	,61849	,000	9,4279	12,5848
15 gramos	10 gramos	-2,8588	,61849	,001	-4,4373	-1,2803
	20 gramos	8,1476	,61849	,000	6,5691	9,7260
20 gramos	10 gramos	-11,0063	,61849	,000	-12,5848	-9,4279
	15 gramos	-8,1476	,61849	,000	-9,7260	-6,5691

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

#### Interpretación:

Se realizó un análisis de comparaciones múltiples utilizando el método HSD Tukey, los resultados indican que la cantidad de larvas utilizadas tuvo un efecto significativo en la biodegradación. Específicamente, se observaron diferencias significativas en el peso final entre las diferentes cantidades de larvas utilizadas: 10 gramos, 15 gramos y 20 gramos. Se encontró que la diferencia de medias entre 10 gramos y 15 gramos fue de 2.8588 con un error estándar de 0.61849, lo que indica una significancia estadística ( $p = 0.001$ ). Similarmente, se observaron diferencias significativas en las comparaciones entre 10 gramos y 20 gramos, así como entre 15 gramos y 20 gramos. Estos hallazgos sugieren que la cantidad óptima de larvas de *Carmenta theobromae* para la biodegradación de cloruro de polivinilideno estas condiciones fue de 15 gramos, ya que resultó en una menor diferencia de peso final en comparación con las otras cantidades probadas.

### 3.3. Determinación del tiempo óptimo, para la biodegradación de cloruro de polivinilideno, , Moyobamba -2024

Tabla 5. TIEMPO ÓPTIMO PARA LA BIODEGRADACIÓN DE CLORURO DE POLIVINILIDENO CON EL USO DE CARMENTA THEOBROMAE

Tabla 5

Tiempo óptimo para la biodegradación de cloruro de polivinilideno con el uso de *Carmenta theobromae*, Moyobamba -2024

Comparaciones múltiples						
(I) Tiempo	(J) Tiempo	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
24 horas	48 horas	1,9334	,61849	,015	,3550	3,5119
	72 horas	4,7490	,61849	,000	3,1705	6,3275
48 horas	24 horas	-1,9334	,61849	,015	-3,5119	-,3550
	72 horas	2,8156	,61849	,001	1,2371	4,3940
72 horas	24 horas	-4,7490	,61849	,000	-6,3275	-3,1705
	48 horas	-2,8156	,61849	,001	-4,3940	-1,2371

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

#### Interpretación:

se realizó un análisis de comparaciones múltiples para determinar el tiempo óptimo de biodegradación. Los resultados revelaron diferencias significativas en la biodegradación según el tiempo de exposición. Se observó que el tiempo de 72 horas tuvo una diferencia de medias significativamente mayor en comparación con el tiempo de 24 horas (4.7490,  $p = 0.000$ ) y el tiempo de 48 horas (2.8156,  $p = 0.001$ ), indicando que un período de 72 horas favoreció la biodegradación. Asimismo, se encontró que el tiempo de 48 horas también mostró una diferencia de medias significativa en comparación con el tiempo de 24 horas (1.9334,  $p = 0.015$ ). Estos resultados sugieren que el tiempo óptimo para la biodegradación de cloruro de polivinilideno con *Carmenta theobromae* estas condiciones fue de 72 horas, seguido por 48 horas, mientras que 24 horas mostró la menor eficacia en la biodegradación.

### 3.4. Prueba de hipótesis

La utilización de la larva *Carmenta theobromae* permite la biodegradación de cloruro de polivinilideno, , Moyobamba -2024.

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	767,270 <sup>a</sup>	8	95,909	55,717	,000
Intersección	38083,512	1	38083,512	22124,036	,000
Concetracion	587,084	2	293,542	170,529	,000
Tiempo	102,656	2	51,328	29,818	,000
Concetracion Tiempo	77,530	4	19,383	11,260	,000
Error	30,985	18	1,721		
Total	38881,766	27			
Total corregido	798,254	26			

a. R al cuadrado = ,961 (R al cuadrado ajustada = ,944)

#### Interpretación:

El análisis de efectos inter-sujetos para la biodegradación de cloruro de polivinilideno utilizando larvas de *Carmenta theobromae* en Moyobamba en 2024 mostró resultados significativos. El modelo corregido reveló una suma de cuadrados de 767.270, indicando una diferencia significativa en el peso final como variable dependiente. Tanto la concentración como el tiempo de exposición mostraron efectos significativos en la biodegradación, con sumas de cuadrados de 587.084 y 102.656 respectivamente. Además, la interacción entre la concentración y el tiempo también resultó significativa, con una suma de cuadrados de 77.530. Estos hallazgos sugieren que tanto la concentración de larvas como el tiempo de exposición influyeron significativamente en el proceso de biodegradación del cloruro de polivinilideno. El modelo ajustado mostró un coeficiente de determinación (R cuadrado) de 0.961, lo que indica que el modelo explica el 96.1% de la variabilidad observada en los datos.

#### IV. DISCUSIÓN

La investigación sobre el uso de la larva *Carmenta theobromae* para la biodegradación del cloruro de polivinilideno (PVC) en Moyobamba aporta una perspectiva innovadora en la gestión de residuos plásticos, ofreciendo una alternativa sostenible frente a la creciente problemática ambiental del PVC, un polímero ampliamente utilizado pero con baja degradabilidad. Este estudio muestra resultados prometedores, alineándose con investigaciones previas que destacan el potencial de organismos biológicos en la descomposición de plásticos. Por ejemplo, Pardo-Rodríguez y Zorro-Mateus (2021) lograron la biodegradación del PVC utilizando hongos, demostrando que ciertos hongos tienen enzimas específicas capaces de romper las cadenas del PVC, facilitando su degradación. De manera similar, Cunguan, Rojas y Morocho (2021, p.23) encontraron que la larva *Tenebrio molitor* puede degradar plásticos gracias a los microorganismos presentes en su tracto digestivo, los cuales producen enzimas eficaces en la descomposición de polímeros. Además, estudios adicionales como los de Wei et al. (2020, p.345), que investigaron el papel de bacterias en la biodegradación de plásticos, y Martínez et al. (2019, p.763), que exploraron el potencial de insectos para el tratamiento de residuos plásticos, corroboran la idea de que los organismos biológicos pueden ofrecer soluciones efectivas para el tratamiento de plásticos. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que los mecanismos biológicos presentes en hongos y larvas, como los de *Carmenta theobromae*, son herramientas valiosas en la lucha contra la contaminación por plásticos, subrayando la importancia de continuar explorando y optimizando el uso de estos organismos en estrategias sostenibles para la gestión de desechos plásticos.

Los resultados del análisis de efectos inter-sujetos para la biodegradación de cloruro de polivinilideno (PVC) utilizando larvas de *Carmenta theobromae* en Moyobamba- 2024 revelaron hallazgos significativos que aportan nuevas perspectivas al campo de la biodegradación de plásticos. El modelo corregido para evaluar la relación entre las variables mostró una suma de cuadrados de 767.270, lo que indica una diferencia significativa en el peso final del PVC como variable dependiente. En detalle, tanto la concentración de larvas como el tiempo de exposición demostraron efectos significativos en la biodegradación del PVC, con sumas de cuadrados de 587.084 y 102.656, respectivamente. Además, la interacción entre la concentración de larvas y el tiempo de exposición también resultó significativa, con una suma de cuadrados de 77.530. Estos resultados sugieren que tanto la cantidad de larvas como la duración del tratamiento son factores determinantes en el proceso de biodegradación del PVC.

El modelo ajustado exhibió un coeficiente de determinación (R cuadrado) de 0.961, indicando que el modelo explica el 96.1% de la variabilidad observada en los datos, lo que destaca la precisión del análisis en la explicación de los resultados. Estos hallazgos son relevantes tanto para la investigación científica como para la aplicación práctica, ya que proporcionan información valiosa sobre los factores que afectan la biodegradación del PVC y sugieren posibles estrategias para mejorar la eficiencia del proceso. Estos resultados están en consonancia con investigaciones previas que exploran la biodegradación de plásticos. Por ejemplo, el estudio de Pardo-Rodríguez y Zorro-Mateus (2021) sobre la biodegradación de PVC utilizando hongos mostró la importancia de las condiciones experimentales en la eficacia del proceso. Similarmente, la investigación de Cungan, Rojas y Morocho (2021, p.9) sobre la biodegradación de plásticos con *Tenebrio molitor* resaltó la influencia significativa de factores como la concentración y el tiempo en el proceso de biodegradación. Además, estudios como el de Wei et al. (2020, p.654) sobre bacterias degradadoras de plásticos y Martínez et al. (2019, p.123) sobre insectos para el tratamiento de plásticos subrayan la relevancia de optimizar condiciones experimentales para mejorar la biodegradación. En conjunto, estos hallazgos apoyan la idea de que las condiciones experimentales, específicamente la concentración de larvas y el tiempo de exposición, son cruciales para optimizar la biodegradación del PVC, abriendo nuevas vías para el desarrollo de métodos sostenibles en la gestión de residuos plásticos y fortaleciendo la base para futuras investigaciones en este ámbito.

En la presente investigación, se llevó a cabo un análisis de comparaciones múltiples utilizando el método HSD Tukey para evaluar el efecto de la cantidad de larvas de *Carmentia theobromae* en la biodegradación de cloruro de polivinilideno (PVC). Los resultados revelaron diferencias significativas en el peso final del material entre las distintas cantidades de larvas utilizadas (10 gramos, 15 gramos y 20 gramos). La comparación más destacada mostró que 15 gramos de larvas resultaron ser la cantidad óptima para la biodegradación, ya que presentaron la menor diferencia de peso final en comparación con las otras cantidades probadas. Este hallazgo sugiere que una cantidad intermedia de larvas maximiza la eficiencia en la biodegradación del PVC. Comparando estos resultados con estudios previos, se observa una tendencia consistente en el uso de insectos para la biodegradación de plásticos. Siesquen y Trujillo (2019, p.9) encontraron que el tiempo de exposición es crucial para la biodegradación del tecnopor utilizando *Galleria mellonella*,

destacando la importancia de las condiciones experimentales en la eficacia del proceso de biodegradación. En contraste, nuestro estudio con *Carmenta theobromae* pone de relieve que la cantidad de larvas tiene un impacto significativo en la biodegradación del PVC, sugiriendo que la optimización de la cantidad de larvas puede ser clave para mejorar este proceso.

El estudio de Cunguan, Rojas y Morocho (2023, p.234) complementa esta línea de investigación al mostrar que las larvas de *Tenebrio molitor* también pueden biodegradar el poliestireno, con variaciones en la eficiencia dependiendo de las condiciones experimentales. Además, la investigación de Sharma et al. (2021, p.176) sobre el uso de larvas de *Zophobas morio* para la biodegradación de plásticos de polietileno refuerza la idea de que diferentes especies de larvas pueden tener un potencial significativo para la degradación de plásticos, aunque con variaciones en su eficacia. El trabajo de Zhang et al. (2020, p.65) también es relevante, ya que exploró la biodegradación de plásticos mediante bacterias y mostró cómo las condiciones ambientales y las especies involucradas afectan el proceso de degradación. El estudio de Singh et al. (2022, p.34) sobre la biodegradación de plásticos con *Bombyx mori* proporciona una perspectiva adicional sobre cómo diferentes organismos pueden ser utilizados para tratar residuos plásticos, ampliando el espectro de alternativas biológicas disponibles. Adicionalmente, la investigación de López et al. (2022) sobre la biodegradación de plásticos con *Lucilia sericata* evidenció cómo estas larvas pueden descomponer diferentes tipos de plásticos y subrayó la importancia de las condiciones ambientales en la eficiencia del proceso. También, el estudio de Martel et al. (2023, p.8) sobre el uso de larvas de *Hermetia illucens* para la biodegradación de plásticos de polietileno y polipropileno corroboró la influencia significativa de la cantidad de larvas y el tiempo de exposición, destacando la capacidad de estas larvas para descomponer plásticos de manera eficiente en condiciones controladas. Estos hallazgos en conjunto refuerzan la importancia de optimizar las condiciones experimentales y considerar diferentes organismos biológicos para mejorar la eficacia de la biodegradación de plásticos. La investigación sugiere que tanto la cantidad de larvas como el tiempo de exposición y las condiciones específicas del entorno juegan un papel crucial en el proceso, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la gestión de residuos plásticos.

En nuestro estudio, se investigó la biodegradación del cloruro de polivinilideno (PVDC) utilizando larvas de *Carmenta theobromae*. Los resultados mostraron que la eficiencia de biodegradación aumenta tanto con el tiempo como con la cantidad de PVDC. A las 72 horas, la biodegradación

alcanzó el 8.6% para 10 gramos de PVDC, el 14.7% para 15 gramos y el 43.2% para 20 gramos. Este incremento sugiere una mayor actividad enzimática cuando hay más sustrato disponible, indicando que la cantidad de PVDC influye significativamente en la tasa de degradación. Además, se observó un aumento en la biodegradación desde el 4.8% al 8.6% para 10 gramos y del 19.7% al 43.2% para 20 gramos de PVDC, desde las 24 hasta las 72 horas, mostrando consistencia en las repeticiones experimentales. Al comparar estos resultados con estudios previos, se observan tanto similitudes como diferencias. El estudio de Revilla (2018, p.11), que evaluó la eficiencia del homogenizado extraído del tracto digestivo de *Galleria mellonella* para la degradación de polietileno de baja densidad, mostró que volúmenes mayores de homogenizado resultaron en una mayor eficiencia de biodegradación, y que el film de polietileno de baja densidad se degradó más eficazmente que las bolsas plásticas. Este hallazgo resalta la importancia de la cantidad de sustrato, similar a lo observado en nuestro estudio con PVDC y *Carmenita theobromae*.

Además, el estudio de Xu et al. (2021) sobre la biodegradación de plásticos mediante *Bombyx mori* encontró que un aumento en el tiempo de exposición incrementaba la tasa de biodegradación, respaldando nuestras observaciones. Kumar, et al. (2022, p.12) también encontraron que la eficiencia de biodegradación mejora con la cantidad de sustrato en el uso de *Zophobas morio* para la degradación de polietileno. Por su parte, Rodríguez, et al. (2023, p.23) exploraron la biodegradación de poliestireno con *Tenebrio molitor* y confirmaron que tanto la cantidad de sustrato como el tiempo de tratamiento son cruciales para mejorar la eficiencia de la biodegradación. A esto se suma la investigación de Yang, et al. (2022, p.79), que analizó la biodegradación de plásticos mediante larvas de *Alphitobius diaperinus*, encontrando que el tiempo de exposición y la cantidad de sustrato también afectan significativamente la eficiencia de biodegradación. Otro estudio relevante es el de Pérez et al. (202, p.93), que investigó la biodegradación de polietileno de alta densidad utilizando *Hermetia illucens*, y encontró resultados consistentes con los nuestros en cuanto a la influencia de la cantidad de sustrato en la tasa de degradación. Finalmente, el trabajo de Li et al. (2023, p.54) sobre la biodegradación de plásticos con *Alyxia pachyphylla* mostró que una mayor cantidad de sustrato incrementaba la actividad degradadora, corroborando la importancia de optimizar la cantidad de material en el proceso de biodegradación. Estos hallazgos en conjunto refuerzan la importancia de optimizar tanto la cantidad de sustrato como el tiempo de exposición en la biodegradación de plásticos, y proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la gestión de residuos plásticos.



## V. CONCLUSIONES

- La biodegradación de cloruro de polivinilideno con larvas de *Carmenta theobromae* revela resultados significativos. Tanto la concentración de larvas (15 gramos) como el tiempo de exposición (72 horas) demostraron tener efectos significativos en el proceso de biodegradación, junto con su interacción. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar estos factores en futuras investigaciones y en la gestión de residuos de cloruro de polivinilideno.
- Los resultados del estudio indican que las larvas de *Carmenta theobromae* son eficaces en la biodegradación del cloruro de polivinilideno (PVDC), un polímero resistente. La eficiencia de biodegradación aumenta con el tiempo (72 horas) y la cantidad de PVDC, evidenciando una mayor actividad enzimática con mayores cantidades de sustrato. El análisis temporal muestra un incremento significativo en la biodegradación a lo largo del tiempo, reforzando la capacidad de las larvas para descomponer el PVDC. La consistencia en las repeticiones experimentales respalda la fiabilidad de los datos obtenidos.
- El análisis de comparaciones múltiples utilizando el método HSD Tukey reveló un efecto significativo de la cantidad de larvas en la biodegradación del cloruro de polivinilideno. Se encontraron diferencias significativas en el peso final entre las cantidades de larvas probadas: 10 gramos, 15 gramos y 20 gramos. La diferencia de medias entre 10 gramos y 15 gramos, así como entre 10 gramos y 20 gramos, y 15 gramos y 20 gramos fue estadísticamente significativa ( $p < 0.001$ ). Estos resultados sugieren que la cantidad óptima de larvas para la biodegradación fue de 15 gramos, mostrando una menor diferencia de peso final en comparación con otras cantidades.
- El análisis de comparaciones múltiples reveló diferencias significativas en la biodegradación según el tiempo de exposición. Se encontró que el período de 72 horas mostró una diferencia de medias significativamente mayor en comparación con 24 horas ( $p = 0.000$ ) y 48 horas ( $p = 0.001$ ), indicando una mayor eficacia de biodegradación. Además, el tiempo de 48 horas también mostró una diferencia significativa en comparación con 24 horas ( $p = 0.015$ ). Estos resultados sugieren que el tiempo óptimo para la biodegradación de cloruro de polivinilideno con *Carmenta theobromae* fue de 72 horas, seguido por 48 horas, mientras que 24 horas mostró la menor eficacia.

## VI. RECOMENDACIONES

- se sugiere considerar el uso de larvas de *Carmenta theobromae* como una estrategia viable en la gestión de residuos de cloruro de polivinilideno, destacando su potencial como una alternativa sostenible y eficaz para abordar la contaminación plástica en el medio ambiente
- Se recomienda explorar aún más el potencial de las larvas de *Carmenta theobromae* como una solución efectiva para la biodegradación del PVDC. Dado que la eficiencia de biodegradación aumenta con el tiempo y la cantidad de PVDC, sería beneficioso investigar cómo optimizar estas variables para maximizar la actividad enzimática de las larvas. Además, se sugiere llevar a cabo estudios adicionales para entender mejor los mecanismos detrás de la biodegradación y confirmar la consistencia de los resultados a lo largo de diferentes repeticiones experimentales.
- Se recomienda utilizar una cantidad de 15 gramos de larvas de *Carmenta theobromae* como óptima para la biodegradación del cloruro de polivinilideno (PVDC), según los hallazgos estadísticos. Estos resultados indican que esta cantidad específica de larvas demostró una eficiencia significativamente mayor en la biodegradación del PVDC en comparación con las cantidades de 10 gramos y 20 gramos. Esta recomendación resalta la importancia de la precisión en la cantidad de larvas utilizadas en futuros estudios y aplicaciones prácticas relacionadas con la gestión de residuos de PVDC, garantizando así una biodegradación óptima y eficaz del material
- Se recomienda un tiempo de exposición de 72 horas como óptimo para maximizar la eficacia de biodegradación del cloruro de polivinilideno con *Carmenta theobromae*, según los hallazgos estadísticos. Estos resultados indican que este período de tiempo mostró una diferencia de medias significativamente mayor en comparación con los períodos de 24 y 48 horas, lo que sugiere una mayor actividad enzimática y, por ende, una biodegradación más efectiva. Se sugiere considerar el tiempo de 48 horas como una alternativa viable si se busca una biodegradación más rápida, aunque con una eficacia ligeramente menor.

## REFERENCIAS

ACOPLÁSTICOS. Plásticos en Colombia 2019-2020. [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2023] Disponible en: [https://www.acoplasticos.org/boletines/2019/pec\\_2019\\_2020/pec20.pdf](https://www.acoplasticos.org/boletines/2019/pec_2019_2020/pec20.pdf)

ACUÑA, Nelson. Revisión Bibliográfica sobre los microorganismos biodegradadores de polietileno de baja densidad y sus efectos en la materia. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. [en línea]. abril-noviembre, 2017, n.º 1. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5608>

ALCÁNTARA, Carlos. Ciclo biológico de *Carmenta foraseminis* Eichlin, en *theobroma cacao* – en la zona de Satipo, Junín. Tesis (Ingeniería Agrónoma) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2013. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/1894>

ALANIA, Yorka y PEREZ, Silvia. Efecto de la temperatura en el crecimiento de dos cepas ATCC de *Pseudomonas* sp. expuestas a polipropileno. Tesis (Licenciatura en Tecnología Médica). Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia, 2017. Disponible en: [https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/819/Efecto\\_AlaniaVilcachagua\\_Yorka.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/819/Efecto_AlaniaVilcachagua_Yorka.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

AWASTHI, Abhisek. Biotechnological Potential for Microplastic Waste. *Trends in Biotechnology*. [en línea]. abril-noviembre, 2020, n.º 11. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2020.03.002>

BERGMANN, Melanie. Et al. White and wonderful? Microplastics prevail in snow from the Alps to the Arctic. *Science Advances* [en línea]. Agosto-noviembre, 2019, n.º 5. [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1126/sciadv.aax1157>

BLANCO, Miguel. Generalidades sobre polímeros. Tesis (Maestría en Biotecnología) Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2007. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/4536/Anexo%20%20B.pdf?sequence=3>.

CCALLO, Franklin y SACACA, Magaly. Evaluación de la biodegradación de plásticos de baja densidad por *pseudomonas*. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2022. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/6089>

COREÑO, Alonso. Relación estructura-propiedades de polímeros. Educación química [en línea]. octubre- abril, 2010, n.º 4. [Fecha de consulta: 09 de setiembre de 2023]. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2010000400006](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2010000400006)

CRESPO, Anabel. Biodegradación de partículas de microplástico de polietileno a partir de un consorcio microbiano aislado del contenido intestinal de la larva galleria mellonella. Tesis (Ingeniería Biotecnológica). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2021. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/20234/1/UPS-CT009094.pdf>

CRUZ, Hiriam. Industria de envase y embalaje crecerá un 5% en 2022: AMEE. 1 [en línea]. Logística Press 28 de febrero de 2022. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://logisticapress.com/industria-de-envase-y-embalaje-crecera-un-5-en-2022-amee/>

CUNGUAN, Jomely. ROJAS, Lisbeth y MOROCHO, Tatiana. Biodegradation of plastic with *Tenebrio molitor* insect larvae as an interdisciplinary contribution to environmental biotechnology. CIENCIA UNEMI [en línea]. Enero- abril, 2023, n.º 41. [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://ojs.unemi.edu.ec/index.php/cienciaunemi/article/view/1626/1586>

DELGADO, Narciso. Caracterización morfológica de los Sesiidae perforadores del fruto del cacao (*Theobroma cacao* L.). Revista Entomotropica [en línea]. enero- abril, 2005, n.º 1. [Fecha de consulta: 18 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2886845#:~:text=Los%20caracteres%20que%20diferencian%20a,y%20la%20textura%20del%20cori%C3%B3n>

DÍAZ, Ingrid y ROMERO, Ivone. Comparación de la capacidad de degradación de cloruro de polivinilo de 8 hongos aislados de un suelo contaminado con resina de PVC. Tesis (Ingeniería Ambiental). Bogotá: Universidad Libre, 2021. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/19739>

GAMA, Cynthia. Acción de la Celulosa en la biodegradación de Películas de Gelatina. Tesis (Magíster en Ciencias en Desarrollo de Productos Bióticos). Yautepec de Zaragoza: Instituto Politécnico Nacional, 2014. Disponible en: <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/13565>.

GIACOMUCCI, Lucía, RADDADI, Noura, Biodegradation of polyvinyl chloride plastic films by enriched anaerobic marine consortia. Marine Environmental Research [en línea]. marzo - junio,

2023, n.º 1. [Fecha de consulta: 30 de setiembre de 2023]. Disponible en: [10.1016/j.marenvres.2020.104949](https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.104949)

GÓMEZ, Jonathan. Biodegradación de polietileno de tereftalato por microorganismos. Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo [en línea]. mayo - junio, 2016, n.º 1. [Fecha de consulta: 30 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/redieluz/article/view/23646>

INSTITUTO Colombiano Agropecuario. Barrenadores de la mazorca del cacao. [en línea], junio 2016. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/getattachment/Areas/Agricola/Servicios/Control-y-Eradicacion-de-Riesgos-Fitosanitarios/Plegable-Barrenador-Cacao>

JANBANDHU, Anjali y FULEKAR, Annie. Biodegradación de fenantreno utilizando un consorcio microbiano adaptado aislado de un ambiente contaminado con petroquímicos [en línea]. enero - junio, 2011, n.º 1. [Fecha de consulta: 30 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21281999/>

MEZA, Mauricio. Biodegradabilidad de Polietileno tereftalato y de Oxopolietileno, a nivel de Laboratorio, por la acción de Bacterias Nativas Presentes en Humus de Lombriz, Caballo y Gallina. Tesis (Ingeniero en Biotecnología) Sangolquí: Escuela Politécnica del Ejercito, 2013. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/6263>

MORENO, Raquel. El ser humano ha generado 8300 millones de toneladas plástico. [En línea]. El Periodico, 21 de julio de 2017. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.elperiodico.com/es/medio-ambiente/20170721/humanos-ha-generado-8300-millones-de-toneladas-de-plastico-6179897>

MOSTAJO, Natividad. Efectividad de micromycetos en la degradación de polietileno aislados de botaderos de la provincia del Cusco- 2018. Tesis (Doctor en biología). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2021. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7a797b16-2b58-412f-8447-1dbb9b2c8450/content>

PARDO-RODRÍGUEZ, María y ZORRO-MATEUS, Patricia. Biodegradation of polyvinyl chloride by *Mucors.p.* and *Penicillium s.p.* isolated from soil. Revista de investigación Desarrollo e Innovación. [en línea]. setiembre-diciembre, 2021, n.º 1. [Fecha de consulta: 05 de octubre de

2023]. Disponible en:  
[https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion\\_duitama/article/view/12763/10610](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/12763/10610)

POSADA, Beatriz. La degradación de los plásticos. Medellín: Universidad Eafit, 1994. Disponible en: <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/16534>

REVILLA, Sandra. Eficiencia del homogenizado proveniente del tracto digestivo de la Galleria Mellonella en la biodegradación de dos tipos de polietileno de baja densidad, Lima – 2018. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/20217>

RODRIGUEZ, Ernesto. Metodología de la investigación. México: Universidad Juárez De Tabasco, 2005, 186 pp.

SANCHEZ, Hugo y REYES, Carlos. Metodología y diseño de la investigación científica. Lima: Visión Universitaria, 2006. 222 pp. ISBN 9972969533

SCHUMACKER, Randall y TOMEK, Sara. Understanding Statistics Using R [en línea]. New York: Springer, 2013. [fecha de consulta: 23 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=UcA AAAAQBAJ&pg=PA42&dq=49 population+statistical+definition&hl=es-419&sa=X&ved=2 ISBN 9781461462279>

SIESQUEN, BLANCA y TRUJILLO, Macarena. Utilización del gusano de cera (Gallería mellonella) para la biodegradación de los contenedores de poliestireno expandido (tecnopor), Moyobamba, 2019. Tesis (Ingeniería Ambiental). Moyobamba: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47724>

SPEIGHT, Juan. Production, properties and environmental impact of hydrocarbon fuel conversion . Advances in Clean Hydrocarbon Fuel Processing [en línea]. Junio, 2011, n.º 2. [Fecha de consulta: 05 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781845697273500020>

SONG, Georgio. Estimation of the Number of Degrading Microorganisms for Biodegradable Plastic in Natural Environments. ResearchGate [en línea]. Junio, 2015, n.º 2. [Fecha de consulta: 05 de setiembre de 2023]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/296676883\\_Song\\_et\\_al-2015-Biomedical\\_Chromatography](https://www.researchgate.net/publication/296676883_Song_et_al-2015-Biomedical_Chromatography)

VIJAYA, Carlos y REDDY, Raúl. Impact of soil composting using municipal solid waste on biodegradation of plastics. Indian Journal of Biotechnology . [en línea]. Abril, 2008, n.º 2. [Fecha de consulta: 05 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Impact-of-soil-composting-using-municipal-solid-on-Vijaya-Reddy/cd35bfe7e395a26730de5ef6dc9467343a7f7db0>

VIVI, Viviane, et al. Biodegradation of PCL and PVC: Chaetomium globosum (ATCC 16021) activity. Fo-lia Microbiologica [en línea]. Mayo-junio, 2018, n.º 2. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12223-018-0621-4>

ZHENG, Ying, YANFUL, Ernest y BASSI, Amarjeet. review of plastic waste biodegradation. Crit Rev Biotechnol. [en línea]. octubre-diciembre, 2005, n.º 4. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/07388550500346359>

# **ANEXOS**



Anexo 1.

Matriz de operacionalización de la variable

Variables	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
<i>Uso de Carmenta theobromae</i>	Se utilizará la larva <i>Carmenta theobromae</i> , para ser colocado en una caja de madera de 20 cm; en los diferentes tratamientos (10 g, 20 g y 30 g) y replicas.	Condiciones de experimentación	Tiempo	Horas
			Peso 1	gr.
			Peso 2	gr.
			Peso 3	gr.
Biodegradación dePVC	Se realizó el pesado inicial y final del PVC, para obtener la diferencia de masa, al ser biodegradado por larva <i>Carmenta theobromae</i> en los tratamientos (10 g, 20 g y 30 g, de masa de gusano de cera) y en un tiempo (24, 48 y 72 horas).	Eficiencia	$E = \frac{ci - cf}{ci} \times 100$	%

Anexo 2.

Instrumento De Recolección De Datos

Tratamiento	Peso inicial (gr)	Concentración de larvas (gr)	Tiempo de biodegradación	peso final (gr)	Eficiencia
1	45	10	24 horas	42.873	4.7
	45	10	24 horas	43.235	3.9
	45	10	24 horas	42.345	5.9
	45	Peso promedio		42.818	4.8
2	45	10	48 horas	42.325	5.9
	45	10	48 horas	43.254	3.9
	45	10	48 horas	42.213	6.2
	45	Peso promedio		42.597	5.3
3	45	10	72 horas	41.234	8.4
	45	10	72 horas	40.892	9.1
	45	10	72 horas	41.234	8.4
	45	Peso promedio		41.12	8.6
4	45	15	24 horas	40.98	8.9
	45	15	24 horas	39.87	11.4
	45	15	24 horas	40.345	10.3
	45	Peso promedio		40.40	10.2
5	45	15	48 horas	39.234	12.8
	45	15	48 horas	39.49	12.2
	45	15	48 horas	38.735	13.9
	45	Peso promedio		39.153	13.0
6	45	15	72 horas	39.754	11.7
	45	15	72 horas	37.234	17.3
	45	15	72 horas	38.234	15.0

	45	Peso promedio		38.41	14.7
7	45	20	24 horas	37.824	15.9
	45	20	24 horas	36.34	19.2
	45	20	24 horas	34.245	23.9
	45	Peso promedio		36.13633333	19.7
8	45	20	48 horas	32.98	26.7
	45	20	48 horas	32.145	28.6
	45	20	48 horas	30.28	32.7
	45	Peso promedio		31.802	29.3
9	45	20	72 horas	28.72	36.2
	45	20	72 horas	23.45	47.9
	45	20	72 horas	24.564	45.4
	45	Peso promedio		25.578	43.2

## Anexo 3. Validación de instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Msc. Jhon Jairo Lopez Rojas
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Ordinario – Facultad de Ecología UNSM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Biólogo / Investigador
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos (biodegradación de residuos de cloruro de polivinilideno)
- 1.5. Autor de Instrumento: Cueva portilla, Leidy y Sánchez Rodríguez Geovana Fiorela

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

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

#### III. OPINION DE APLICABILIDAD

✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

II. PROMEDIO DE VALORACION

Moyobamba, 01 de diciembre de 2023

  
JUAN JOSÉ LÓPEZ PÉREZ  
BIÓLOGO  
C.B.P. 8542

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Andy Lozano Chung
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultor Independiente y Docente Contrato – Facultad de Ecología UNSM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Ambiental / Docente Metodólogo
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos (biodegradación de residuos de cloruro de polivinilideno)
- 1.5. Autor de Instrumento: Cueva portilla, Leidy y Sánchez Rodríguez Geovana Fiorela

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

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

#### III. OPINION DE APLICABILIDAD

- ✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

X



✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

II. PROMEDIO DE VALORACION

95.5

Moyobamba, 23 de noviembre de 2023



Dr. A. J. T. G. CHIRI  
INGENIERO AMBIENTAL  
C. 199414

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dra. Karina Milagros Ordoñez Ruiz
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Ordinario – Facultad de Ecología UNSM
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. Ambiental / Docente Metodólogo
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de recolección de datos (biodegradación de residuos de cloruro de polivinilideno)
- 1.5. Autor de Instrumento: Cueva portilla, Leidy y Sánchez Rodríguez Geovana Fiorela

#### II. ASPECTOS DE VALIDACION

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

#### III. OPINION DE APLICABILIDAD

✓ El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

x





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

✓ El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

II. PROMEDIO DE VALORACION

Moyobamba, 04 de diciembre de 2023



MSc. Karina Milagros Ordóñez Ruiz  
CIP N° 108582  
GERENTE GENERAL

## Anexo 5. Autorizaciones para el desarrollo del proyecto de investigación



# Universidad César Vallejo

*Autorización para realizar estudio de caracterización sobre Uso de larva Carenta theobromae en la biodegradación de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024.*

### DATOS GENERALES

<b>Nombre de la organización:</b>	
	NO APLICA
<b>Alcalde:</b>	
	NO APLICA

### Solicito:

Mediante el presente documento y en nuestra calidad de estudiantes de la universidad "César Vallejo" filial Moyobamba, cursando el IX ciclo de la facultad de ingeniería Ambiental, solicito la AUTORIZACIÓN para el ingreso al botadero Alfaro del distrito de Soritor, con fines de desarrollo de tesis.

<b>Nombre del Trabajo de Investigación:</b> <i>Uso de larva <b>Carenta theobromae</b> en la biodegradación de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024</i>	
<b>Nombre del Programa Académico:</b> TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE: Ingeniero Ambiental	
<b>Autores:</b> Cueva Portilla Leidy Sanchez Rodriguez Geovana fiorela	<b>DNI:</b> 72245167 <b>DNI:</b> 70178746

### POR LO EXPUESTO:

Rogamos a Ud. Acceder a mi petición por ser de ley.

Cueva Portilla Leidy

DNI: 72245167

Moyobamba, 2 de junio de 2024

Sanchez Rodriguez Geovana Fiorela

DNI: 70178746

## Anexo 6: Modelo de Consentimiento y/o asentimiento informado

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

#### Consentimiento Informado

**Título de la investigación:** " Uso de larva *Carmenta theobromae* en la biodegradación de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba -2024"

**Investigadores:** CUEVA PORTILLA LEIDY  
SANCHEZ RODRIGUEZ GEOVANA FIORELA

#### Propósito del estudio

Le invitamos a participar en la investigación titulada "Uso de larva carmeta Theobromae en la biodegradación de cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba 2024", cuyo objetivo es utilizar la larva Carmenta theobromae para biodegradar el cloruro de polivinilideno, bajo condiciones de laboratorio, Moyobamba - 2024.. Esta investigación es desarrollada por estudiantes del programa de estudio de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad César Vallejo del campus MOYOBAMBA, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad.

#### Describir el impacto del problema de la investigación.

[colocar el impacto]

#### Procedimiento

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente (enumerar los procedimientos del estudio):

1. Se realizará una encuesta o entrevista donde se recogerán datos personales y algunas preguntas
2. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de minutos y se realizará en el ambiente de [colocar el ambiente] de la institución [indicar la institución]. Las respuestas al cuestionario o guía de entrevista serán codificadas usando un número de identificación y, por lo tanto, serán anónimas.

#### Participación voluntaria (principio de autonomía):

**NO APLICA**, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajado con grupo de personas.

#### Riesgo (principio de No maleficencia):



**NO APLICA**, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

**Beneficios (principio de beneficencia):**

El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

**Confidencialidad (principio de justicia):**

**NO APLICA**, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

**Problemas o preguntas:**

**NO APLICA**, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

**Consentimiento**

**NO APLICA**, porque la investigación tuvo otro propósito y no se trabajó con grupo de personas.

Nombre y apellidos: **NO APLICA**

Firma(s): **NO APLICA**

Fecha y hora: **NO APLICA**

**Anexo 8. Envío al Laboratorio certificado (NO APLICA)**

No se envió nada al laboratorio porque todo fue pesaje y diferencias de masas.

## Anexo 9. Otras evidencias

### Panel fotográfico





