



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *hermetia illucens*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Chavarri Barahona, Guadalupe Jesus (orcid.org/0000-0002-0238-8577)

Salvador Leon, Camilo Martin (orcid.org/0000-0002-4327-2204)

ASESOR:

Dr. Ponce Ayala, José Elías (orcid.org/0000-0002-0190-3143)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO — PERÚ

2023

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y protegerme en cada paso de mi vida,

A cada integrante de mi familia en especial a mis padres y hermana por apoyarme en toda mi etapa universitaria y mostrarme su apoyo incondicional, por enseñarme a ser perseverante en los tiempos difíciles y aceptar nuevos retos,

A mi compañero de tesis por demostrar responsabilidad y compañerismo.

Guadalupe Jesús

A Dios, por permitirme continuar con vida y guiarme para lograr mis metas,

A mi madre Monica y a mi padre Tito, por su sacrificio y esfuerzo, porque a pesar de las circunstancias me brindaron su confianza y apoyo incondicional, inculcándome buenos valores, demostrándome que todas las metas son posible lograrlas,

A mi familia en general, porque con su soporte, apoyo y motivación puedo seguir adelante.

Camilo Martín

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor, el Ing. José Ponce Ayala, por compartirnos sus conocimientos y enseñanzas, que con su experiencia supo guiarnos por este camino del conocimiento.

A nuestros docentes a lo largo de la carrera de estudios, que sin ellos no habría sido posible llegar a la meta.

A nuestra casa de estudios que nos brindó la confianza y los espacios para adquirir los saberes que nos acompañarán durante nuestra vida.

Guadalupe y Camilo

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del Mercado Mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*", cuyos autores son CHAVARRI BARAHONA GUADALUPE JESUS, SALVADOR LEON CAMILO MARTIN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 7.00%, 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.

CHICLAYO, 16 de Noviembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 17-11- 2023 12:27:54

Código documento Trilce: TRI - 0654851



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, SALVADOR LEON CAMILO MARTIN, CHAVARRI BARAHONA GUADALUPE JESUS estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del Mercado Mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*", 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.

Nombres y Apellidos	Firma
CHAVARRI BARAHONA GUADALUPE JESUS DNI: 73216516 ORCID: 0000-0002-0238-8577	Firmado electrónicamente por: GJCHAVARRIB el 10-05-2024 09:57:18
SALVADOR LEON CAMILO MARTIN DNI: 71029113 ORCID: 0000-0002-4327-2204	Firmado electrónicamente por: CMSALVADORL el 10-05-2024 09:56:27

Código documento Trilce: INV - 1577983



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población, muestra y muestreo.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimiento	16
3.6. Método de análisis de datos.....	17
3.7. Aspectos éticos.....	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	37
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Masa agregada de residuos orgánicos provenientes del sector frutas. ..</i>	28
Tabla 2. <i>Características físicas de peso y medida (inicio y final) en el proceso de bioconversión.</i>	33
Tabla 3. <i>Comparación del compost obtenido con los parámetros para calidad del compost.</i>	35

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 01.</i> Ubicación del Mercado Mayorista Moshoqueque.....	19
<i>Figura 02.</i> Ubicación del sector frutas del Mercado Mayorista Moshoqueque	20
<i>Figura 03.</i> Ubicación del invernadero para la crianza de las larvas de <i>Hermetia illucens</i>	21
<i>Figura 04.</i> Distribución de zonas del invernadero.	22
<i>Figura 05.</i> Cantidad de huevos usados de larvas de <i>Hermetia illucens</i>	23
<i>Figura 06.</i> Colocación de huevos de larvas de <i>Hermetia illucens</i> para su eclosión.	23
<i>Figura 07.</i> Separación de las larvas del alimento inicial pasado los cinco días.....	24
<i>Figura 08.</i> Larvas recolectadas de cinco días pasada la eclosión.....	24
<i>Figura 09.</i> Contabilización y pesaje de las larvas contenidas en 2 gr.	25
<i>Figura 10.</i> Masa total inicial de larvas empleadas.....	25
<i>Figura 11.</i> Recolección de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del Mercado Mayorista Moshoqueque.	26
<i>Figura 12.</i> Realización del método de cuarteo.	27
<i>Figura 13.</i> Pesaje de los residuos orgánicos que ingresarán al biorreactor diariamente.....	29
<i>Figura 14.</i> Ingreso de los residuos al biorreactor.	29
<i>Figura 15.</i> Medición de temperatura y humedad con el higrómetro.	30
<i>Figura 16.</i> Proceso de separación manual de las larvas de los residuos.....	31
<i>Figura 17.</i> Pesaje total de las larvas y los residuos pasados los 15 días.....	31
<i>Figura 18.</i> Medición del tamaño de la larva el decimoquinto día.....	32

Figura 19. Pesaje de la larva el decimoquinto día.....32

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*. Fue de tipo aplicada y cuantitativa, con diseño experimental. La muestra fue de 10 kg de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, con muestreo no probabilístico por conveniencia. Los resultados para el proceso de bioconversión fueron que de 2.25 gr de huevos de larvas de *Hermetia illucens* se obtuvieron 18 821 larvas para ingresar al biorreactor con los residuos mediante el sistema de alimentación continua; asimismo, en las características físicas al decimoquinto día la larva pesaba 0.22 gr y tenía una longitud de 2.1 cm. También, se tuvo una tasa de bioconversión de 39.2% y una tasa de reducción de residuos de 42.25%. Los parámetros químicos del compost obtenido, el pH, la materia orgánica, la relación C/N y el nitrógeno total cumplieron con las normativas para calidad del compost, pero la conductividad eléctrica supera lo permitido. En conclusión, se determinó que con el uso de la larva de *Hermetia illucens* gran parte de los residuos orgánicos son bioconvertidos, obteniendo subproductos como el compost y masa proteica dentro de las larvas.

Palabras clave: *Hermetia illucens*, larvas, bioconversión, residuos orgánicos.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the bioconversion of organic waste from the fruit sector of the Moshoqueque wholesale market, using the larva of *Hermetia illucens*. It was applied and quantitative, with an experimental design. The sample was 10 kg of organic waste from the fruit sector of the Moshoqueque wholesale market, with non-probabilistic sampling for convenience. The results for the bioconversion process were that 18,821 larvae were obtained from 2.25 g of *Hermetia illucens* larvae eggs to enter the bioreactor with the waste through the continuous feeding system; Likewise, in the physical characteristics on the fifteenth day, the larva weighed 0.22 g and had a length of 2.1 cm. Also, there was a bioconversion rate of 39.2% and a waste reduction rate of 42.25%. The chemical parameters of the compost obtained, pH, organic matter, C/N ratio and total nitrogen met the regulations for compost quality, but the electrical conductivity exceeds what is allowed. In conclusion, it was determined that with the use of the *Hermetia illucens* larva, a large part of the organic waste is bioconverted, obtaining byproducts such as compost and protein mass inside the larvae.

Keywords: *Hermetia illucens*, larvae, bioconversion, organic waste.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el informe publicado en el 2018 por el Banco Mundial, nos menciona que el aumento de residuos sólidos va de la mano con el alto crecimiento poblacional de las últimas décadas, de tal modo se anticipa que en los próximos 30 años estos residuos incrementarán a 3400 millones de toneladas, que representa el 70% de desechos en la actualidad, es por ello que recalca contar con urgencia un buen sistema de gestión para evitar dicho incremento y lograr una economía circular. Así mismo dio a conocer que los países desarrollados producen alrededor de un 34% de residuos a nivel mundial, mencionando que en esos países sólo se encuentra el 16% de la población.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2020), mediante un análisis demográfico proyecta la población del Perú hacia el año 2030, cuando bordeará aproximadamente los 36 millones de personas; también indicando que nuestro país alcanzará la cifra máxima de población en el año 2061, con una cantidad aproximada de 40 millones de habitantes.

Por lo que expone Ramírez; et. all. (2017), la falta de concientización y los malos hábitos de consumo por parte del hombre están relacionados directamente con el incremento de residuos orgánicos, tales residuos si no son aprovechados de manera correcta generan problemas a nuestra biodiversidad, salud y economía en los países. El aumento en la generación de residuos orgánicos se da por diferentes actividades alimentarias, industrias, restaurantes, mercados y hogares.

De acuerdo con Suyón (2022), la problemática de los residuos sólidos orgánicos en nuestro país se da en su mayoría en los mercados de abastos, así tenemos que en el Perú existen 2 612 mercados, entre minoristas, mayoristas y mixtos. Además, se estima que en el año 2016 se generaron más de 7 mil toneladas de residuos sólidos en estos centros de abastos debido al incremento del 75% al 91% de afluencia de compradores de alimentos.

Asimismo, Suyón (2022), menciona que el segundo mercado de abastos más grande del Perú está ubicado en la provincia de Chiclayo, distrito de José Leonardo Ortiz, conocido como mercado mayorista Moshoqueque, en donde debido al

aumento de la afluencia de compradores, existe un incremento de generación de residuos, mencionando también que en el 2012 acudían un aproximado de 20 mil personas diariamente a dicho centro de abastos, viéndose afectado el medio ambiente generando más de 90 toneladas de residuos diarios. También, menciona que en la actualidad la cifra de personas que acuden diariamente a dicho mercado aumentó a más de 100 mil personas diarias, incrementándose también la generación de residuos a unas 200 toneladas por día, esta problemática se da por la mala gestión por parte de la municipalidad y la falta de concientización a los compradores y vendedores del lugar.

De las 200 toneladas que se generan al día solo se recogen 40 toneladas de residuos que su origen se da entre verduras, frutas, estiércol de animales, hojas, etc., y junto con ello un 17% de residuos inorgánicos, todo esto perjudica al medio ambiente y a la salud humana ya que esta acumulación provoca emisiones de gases, malos olores, afecta al paisaje y la presencia de vectores como roedores e insectos.

De acuerdo con la realidad problemática de la presente investigación, llegamos a plantearnos como problema: ¿Cómo es la bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*?

El presente estudio se desarrolló porque surge la necesidad de buscar alternativas eficientes a la problemática de los residuos sólidos que va en incremento abordando un sector para reducir este problema, además de ser un método amigable con el medio ambiente, y parte del desarrollo sostenible, sin causar daño a la biodiversidad ni a la salud humana. De esta forma, los residuos orgánicos son aprovechados reduciéndose notablemente y lo restante se convierte en abono. Además, el ciclo de reproducción de la *Hermetia illucens* es natural, y oviposicionan una gran cantidad de huevos, por lo que se convierte en una materia prima de bajo costo. También, la larva de *Hermetia illucens* luego de su transformación en mosca no se convertirá en un vector, ya que en su etapa adulta solo buscará reproducirse una vez, para después morir, y su tiempo de vida en esta etapa dependerá solo de lo que haya comido como larva.

La presente investigación tuvo como objetivo general: Determinar la bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*.

Y como objetivos específicos: localizar la zona de estudio e identificar la actividad comercial del mercado mayorista Moshoqueque; detallar el proceso de bioconversión de los residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*; evaluar las características físicas de peso y medida (inicio y final) de la larva de *Hermetia illucens*; calcular el porcentaje de bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*; y analizar y comparar los parámetros del compost obtenido con las normativas para calidad del compost.

II. MARCO TEÓRICO

Según Siddiquia et. all. (2022), en su artículo que tuvo por objetivo principal la recopilación de conocimiento de última generación sobre los beneficios de criar larvas de mosca soldado negro sobre desechos orgánicos como una alternativa viable a los granos cosechados y otras materias primas que ya se utilizan en la alimentación del ganado, llegando al resultado que la conversión de residuos orgánicos que realiza las larvas de la mosca soldado negro vendrían a ser un gran beneficio para la alimentación de algunas mascotas, peces, aves, etc., ya que esto contiene gran cantidad de nutrientes, así mismo estos son usados para reforzar y fertilizar el suelo y mejorar su reproducción; no obstante es mejor contar con mejores enfoques de alimentación para poder hacer que su contenido en nutrientes sea más eficiente, finalmente menciona que las larvas desarrollan la bioconversión de manera eficiente y con un sistema de criado simple.

Liu et. all. (2022), en su artículo en donde tuvo como enfoque resumir los potenciales de larvas de mosca soldado negro (MSN) para el procesamiento de abono orgánico como un medio para gestionar los desechos agrícolas dentro del sistema de una bioeconomía circular. Se llegó a la conclusión que las larvas dependen de su entorno microbiano para acelerar la descomposición de materia orgánica, además que el cultivo de MSN es una tecnología eficiente para recuperar recursos del abono orgánico, generando menos emisiones de GEI que otros métodos.

Stefan et. all. (2023), en su artículo en donde realizaron experimentos de alimentación de la larva agregando hierba seca para estimar la dosis optima de materia orgánica que se añadiría al sistema de conversión por la larva, así mismo se estima que a larva tiene mayor eficiencia de conversión (41,8%), e incluso tiene mayor biomasa si se le agrega una cierta porción diaria de alimento para pollos, igualmente la larva de MSN convierte biomasa con alto valor de proteínas que se puede remplazar por la harina de pescado muy nutritiva para los animales, dando un aporte a la acuicultura sustentable.

Así mismo, Romano et. all. (2023), en su investigación tuvo como objetivo la alimentación de la larva a base de cáscara de plátano y naranja (junta y separada),

donde demostraron que si se agrega a la alimentación de la larva la cáscara de plátano afecta positivamente el contenido de P;K;Ca, Na, Mn, Mg, y K, pero en el contenido de Cu y Zn es mucho menores y mayores en la alimentación de otras frutas, por lo tanto si bien es cierto las cáscaras de las frutas son útiles para aumentar el contenido de P, K, Ca y Mg pero no para el Fe, Ni o Cu, es por ello que recomienda que la cáscara de la fruta no sea la única fuente de alimentación de MSN.

Heyden et. al. (2021), en su artículo donde tiene como finalidad el cultivo de la larva de la MSN a base de alimentación de masa de donas, desperdicio de café o una mezcla de ambos en una trayectoria de un mes y 5 días para poder calcular la supervivencia, rendimiento y la estructura química de la larva y de su excremento, en su estudio concluyeron que la deposición de la MSN era rico en nitrógeno, potasio y fósforo si esta era alimentada con la mezcla de ambos componentes (restos de café y maza de donas), por lo tanto el autor nos menciona que la masa y el café no son de todo óptimos para la larva pero que si representan cantidades nutricionales en comparación a otros fertilizantes y a la harina de soya.

Fischer et, all. (2021), en su artículo donde las larvas fueron alimentadas de una mezcla de restos de verduras, frutas y almidón durante 15 días para luego calcular la composición nutritiva que tiene la larva y su excremento, por lo tanto demostraron que el almidón ayuda a dar mayor masa a la larva pero sus niveles de almidón eran bajos, la larva alimentada por vegetales poseía aminoácidos esenciales más aceptables, y con respecto a su frass resultó que tiene altos niveles de fósforo, nitrógeno y potasio con respecto a la alimentación con vegetal, demostrando así que el cultivo de la larva sería un recursos eficiente para industrias agrícolas.

Somaya et. all. (2023), en su artículo, teniendo como objetivo estimar la factibilidad de la larva MSN con desperdicios orgánicos y su capacidad de convertir en abono y alimento de alto nivel nutricional para los animales, llegando al resultado que las MSN degradan con más rapidez los desperdicios de comida rápida, teniendo así una conversión más eficaz, a comparación de cuando fueron alimentadas con purina para cerdos o desechos de animales muertos. Así mismo las larvas eran más ricas y proteínas si se les alimentaban con tallos de hongos y con respecto a

las proteínas de su deposición está relacionada directamente con el alimento, si estos tenían alto valor de proteínas pues sus excrementos también tenían proteínas valorables.

Scieuzo et. all. (2023), en su artículo, tuvo como finalidad estudiar el efecto del desarrollo de la larva (Biomasa, parámetros de bioconversión y sus nutrientes) mediante cáscaras de distintas frutas, donde para su alimentación usaron subproductos de fresa, naranja y mandarina, llegando a concluir que la larva no tiene ningún inconveniente en alimentarse con los subproductos mencionados, al igual que en su contenido de proteínas y lípidos no se veo diferencias, pero si se ve afectado en su biomasa y desarrollo ya que la fresa se destacó por ser la más adecuada si se quiere llegar a tener un mejor resultado de estos.

Kinasih et. all. (2018), en su artículo, teniendo como objetivos evaluar el peso y desarrollo de la larva mediante la alimentación por separado con estiércol de caballo, tofu y algunos desechos vegetales, obtuvieron como resultado que todos los residuos usados en este estudio eran adecuados para la alimentación de la MSN, pero con respecto a las características físicas y químicas de estos residuos afectaban la biomasa, desarrollo, digestión y el proceso de conversión de la larva de MSN.

Rehman et.all. (2022), en su artículo donde se sostiene la aplicación de la mosca soldado negro (MSN) ofrece una solución práctica y sostenible para el manejo de estos residuos. La tecnología se basa en el uso de las larvas de esta mosca, específicamente de la especie *Hermetia illucens*, que llegan a consumir gran variedad de materiales de desecho. Por lo tanto, se dice que las larvas son de suma importancia para el reciclado de biorresiduos, buscando su mejora con la mezcla de estiércol de pollo.

Rehman et. all. (2017), en su escrito se basa de la conversión de estiércol a biomasa importante gracias a las larvas de la mosca soldado negro. Se concluye que esta mosca modifica la fibra estructuralmente, ayudando a la disminución de desechos y al aumento de larvas. Los resultados del estudio indican que la limpieza del estiércol de la leche (MS) con los restos del requesón de soja (SCX) utilizando

las larvas de la mosca soldado negro (MSN) desempeña un papel decisivo en el tratamiento del estiércol lechero de desechos.

Parry et. all. (2017), en su estudio “Bioconversion of mixtures of poultry manure and plant residues by *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae)” se analizó las variedades de residuos de frutas y verduras con el estiércol de aves. Se dice que, a mayor presencia de residuos de frutas y verduras en la mezcla, aumenta el tamaño y masa de las larvas. Concluyendo, esta mezcla de frutas y verduras con estiércol promueve un mejor desarrollo dando un impacto positivo en las larvas. El cual, se da por hecho que es factible usar este método para la gestión sustentable de desechos orgánicos y biomasa.

Nguyen et. all. (2015), en su aporte ha demostrado ser capaz de consumir y reducir diferentes tipos de desechos orgánicos. Se encontró que los desechos de cocina tuvieron la mayor tasa de reducción diaria promedio. Además, las larvas criadas con desechos de cocina fueron las que presentaron gran tamaño y peso comparadas con las larvas alimentadas con alimentación controlada. Además, las larvas pueden ser cosechadas en la etapa de prepupa y usadas como forma de alimentación para el ganado, lo que ofrece una forma adicional de aprovechar los beneficios de este insecto. Por otro lado, es conveniente seguir evaluando este tipo de técnica usando estas moscas.

Mishra et. all. (2022), en su ensayo “Bioconversion of mixed fruit residues and sewage sludge by black soldier fly larvae (Diptera: Stratiomyidae)” en la investigación mencionada, se estudió la bioconversión de mezclas de lodos de desechos de frutas (FW) y lodos de depuradora (SS) usando larvas de mosca soldado negra. Se encontró una disminución considerable en el contenido de carbono orgánico total y la relación carbono-nitrógeno en las mezclas de residuos. Pero también se halló un aumento en el contenido de nitrógeno, fósforo y contenido de potasio en la materia prima. En consecuencia, se mostró que las larvas de *Hermetia illucens* pueden realizar la bioconversión de mezclas de lodos de desechos de frutas y lodos de depuradora dando por resultado un mejor desarrollo en la producción de biomasa en las larvas.

Siddique et. all. (2022), en su investigación, menciona que actualmente nos enfrentamos a muchos problemas globales, como el crecimiento poblacional y junto con ello la demanda de alimentos, también el volumen de residuos orgánicos dañinos al hombre y propiedades del medio ambiente. En resumen, este estudio resalta la disposición de las larvas de *Hermetia illucens* para mejorar en diferentes rangos de composición de materia orgánica y sistemas de crianza simples. No obstante, se identifica la necesidad de acrecentar enfoques más eficaces para la alimentación y formulación de alimentos con la finalidad de obtener un mayor contenido de nutrientes y valor de la biomasa de estas moscas.

De acuerdo con Huaripata & Carrasco (2022), en su tesis donde tuvo como principal objetivo evaluar la eficiencia de la larva de *Hermetia illucens* en el aprovechamiento de los residuos orgánicos municipales de Cajamarca, se trabajó con 20 mil larvas para el manejo de 10 kilos de materia orgánica provenientes de restaurant y hogares de la ciudad, en un tiempo estimado de 15 días, teniendo en cuenta los parámetros adecuados para la supervivencia de la larva, llegando a la conclusión de la larva es eficiente en el proceso de degradación de residuos orgánicos hasta en 64.3%, así mismo su valor nutricional de la larva es alto, llegando al peso de 4.97 kilos en las 20 mil larvas.

Salas (2019), en su tesis que tuvo como objetivo evaluar y determinar el sustrato adecuado para la producción de larvas de mosca soldado negro, usando diferentes tipos de alimentación con harina de maíz, harina de alfalfa y afrecho (T0), estiércol de vacuno (T1), suero de leche y afrecho (T2), broza de papa, desperdicios de cítricos y cebolla (T3), llegando al desenlace que el T0 influyó más en el crecimiento de la larva, siguiéndole el T2, con respecto a su peso el T0 y T2 influyó más en el peso de la larva seguido por el T1 y con menor influencia está el T3, así mismo menciona que T3 no era adecuado para la alimentación de la larva ya que ocasionó la muerte de ellas, del mismo modo las larvas tienen mayor proteínas si son alimentadas con el T0 y T2, y el T2 es la que ayuda a la larva a obtener mayor masa corporal a diferencia a los otros tratamientos dados.

De acuerdo con García y Pinedo (2022), en su tesis que tuvo como finalidad la evaluación del uso de la larva, en el manejo de residuos sólidos orgánicos, donde

usaron 2000 larvas para obtener 1.420 gr, de compostaje, con 5000 larvas se obtuvo 2.160 gr, con 8000 larvas 2,930 y en un tratamiento sin larvas se obtuvo 0.850 de compostaje, donde se demuestra que la larva de la mosca soldado negro son eficientes para la producción de compostaje y el tratamiento de residuos orgánicos.

Para entender mejor la investigación, se debe saber que los residuos sólidos son cualquier material, sustancia, u objeto que resulte de un consumo o el uso algún bien o servicio, del que su propietario se deshaga, para que se manejen en su proceso donde se priorice la valorización, hasta llegar a la disposición final. También, se consideran residuos sólidos, todos los desechos que se presenten en una fase sólida o semisólida (Ministerio del Ambiente, 2017).

En la clasificación de los residuos sólidos, tenemos a los residuos orgánicos que son los procedentes de la poda como residuos de flores, tallos, Grass, hojas, maleza, entre otros, que vienen siendo el 56% de los residuos sólidos totales que se generan en el Perú (MINAM, 2023).

La bioconversión es el proceso que se da a los residuos orgánicos desechables ya sea provenientes de animales o plantas los cuales ya no cuentan con ningún tipo de valor, usando microorganismos para generar productos de valor añadido y sea aprovechables para el ser humano, reduciendo de esta forma la contaminación o la emisión de gases de efecto invernadero, incentivando así la alimentación y economía circular (McCarthy y Sinal, 2005).

El cultivo de la larva de *Hermetia illucens* es una de las alternativas más estudiadas en el mundo para la bioconversión de los residuos orgánicos (Gaoa, et al., 2019), es una especie proveniente de América, habitables en climas tropicales y subtropicales, los que están vinculados directamente con la descomposición de materia orgánica (Kaya et al., 2021). Su crecimiento o desarrollo de esta larva se encuentra directamente relacionado con las condiciones meteorológicas, pasando por cinco etapas con un ciclo vital de un mes (Hoc et al.; 2019). El díptero es perteneciente a la familia Stratiomyidae, grupo Hermetia, su reproducción es mediante la oviposición (Harjoko, et al., 2023).

El ciclo vital de la *Hermetia illucens* pasa por cinco etapas vitales (huevos, larvas, pupas, pre-pupas y adultos), en donde la etapa larval y pupal son las más extensas, y la etapa de eclosión y adulta son las más cortas (Salomone et al., 2016). Estas larvas tienen la capacidad de ingerir cualquier tipo de alimentos orgánicos, ya sea provenientes de animales o plantas en descomposición (Del Hierro, et. all., 2021).

La *Hermetia illucens* cuando está en la etapa adulta puede llegar a poner hasta 500 huevos de un milímetro de largo (Cickova, et al., 2015), estos huevos tienen una característica ovalada de color amarilliza, dichos huevecillos tienden a erupcionar en un aproximado de cuatro días, pasando a su etapa de larvas (Sripontan et al., 2019).

La etapa de larva se da después de 4 días del desove de la mosca y al igual que los huevecillos su tamaño no varía mucho ya que su medida es aproximada de un milímetro (Rehman, et al., 2023). Su cuerpo está formado por anillos circulares cubiertos de pelos, a medida que las larvas se van desarrollando van pasando por seis estadios en donde mudan de piel en cada uno de ellos, y en el último estadio se da la formación de la mandíbula que esta es útil para su alimentación ya que al ser fuerte y en forma de gancho le permite excavar (Beskin, et al., 2018), este cambio puede durar hasta dos semanas si el clima es el adecuado, pero si las condiciones climatológicas no son favorables puede retrasar su crecimiento hasta seis o siete semanas.

En la etapa llamado pre-pupa estos insectos llegan alcanzar su máximo tamaño y cuentan con mayor contenido de proteínas, y con un aproximado de 33% en contenido de grasas (Liu, et al., 2019).

Luego, las pupas solo llegan a preservar la piel del sexto estadio, en donde se mantendrá en este estado por 15 días para luego movilizarse a un área menos húmeda y poder finalizar su estado de pupa e ingresar a la fase de la adultez (Oviedo, et al., 2022).

En la etapa adulta la *Hermetia illucens* llega a variar de color (negro, verde y azul) teniendo un sonido similar a las avispas en sus vuelos, su tamaño varía entre los 15 y 20 mm, tienen antenas de forma alargada con tres segmentos, sus patas son

negras con una terminación blanquizca, y con respecto a su sistema bucal, esta creado para no alimentarse, ya que su única finalidad como adulto será reproducirse. Las hembras dos días después de haberse dado la eclosión solo llegan a aparearse una vez en su vida, para luego esperar un aproximado de cuatro días para la oviposición, este proceso se debe dar a los 26°C de temperatura (Sripontan et al., 2019).

Para las condiciones meteorológicas que influyen en el crecimiento de la larva de *Hermetia illucens*, se tiene la humedad, este aspecto es crucial para el crecimiento y un desarrollo adecuado de la larva, ya que su supervivencia dependerá en gran parte de la humedad prudente, y el exceso de humedad hace que la descomposición de los alimentos que come sea lenta (Hoc et al.; 2019).

Debido a que estas especies son euritermas la temperatura también es un factor fundamental debido a que las moscas soldado negro se reproducen en un rango de temperatura de 21° a 30°C, siendo a los 27°C la temperatura ideal para estos insectos, en donde si la temperatura no se mantiene dentro de ese rango su metabolismo disminuye ya que son sensibles (Hoc et al.; 2019).

El pH no se debe descuidar ya que de ella dependerá el crecimiento y actividad de la larva, siendo un pH de 6 a 10 el adecuado para que su crecimiento y engorde no se vea afectado, de lo contrario mediante estudios realizados por diferentes autores nos menciona que, si el pH es de 2 o 4, las larvas tienen menos peso, ya que no tienen la capacidad de regular el sustrato ácido como lo hacen con el sustrato alcalino (Sheppard et al., 2002).

Para que se dé el apareamiento y oviposición de la larva de *Hermetia illucens* la luz solar cumple una función muy importante, ya que estos insectos al no ser de climas fríos no lograrán reproducirse. Así mismo, estudios realizados recalcaron que estos insectos no aprecian la luz más allá de los 700 nm, y es por eso por lo que su apareamiento se da en un rango de 450 y 700 nm (Nakamura et al., 2016).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2013), precisa que el compostaje es un proceso biológico que se da en la mezcla de materia orgánica desintegrada en condiciones aeróbicas que sirve

como nutriente para las plantas, ya que mejora la estructura de la tierra y ayuda a la retención de agua. De acuerdo con Castillo (2020), nos dice que el compostaje es la manera más segura de transformación de la materia orgánica para convertirlo en un producto aprovechable para el sector agricultor, para el cual el compostaje debe de pasar por un adecuado proceso.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, ya que su finalidad es solucionar problemas causados por la actividad antropogénica, que se basan en planteamientos hipotéticos de investigaciones básicas (Nicomedes, 2018). También, Ñaupas (2013) remarca que la línea de investigación aplicada mejora las secuencias, y optimiza avances tecnológicos.

Fue cuantitativa, debido a que se establecieron datos numéricos que son el resultado de la manipulación que se ha dado a las variables en estudio. Esta investigación permitió realizar proyecciones, y establecer causa-efecto por medio de inferencias estadísticas de la formulación previa de hipótesis (Bebativa, 2017).

El diseño fue experimental, donde se manejó una o más variables en estudio, con el fin de controlar el aumento o la disminución de las mencionadas variables y el efecto que tuvo en las acciones observadas (Alonso et. all., 2016). Así se tiene que el diseño experimental se basa en someter a un individuo o un objeto en definidas condiciones, estímulos o tratamiento, para ver los efectos o reacciones que se producen (Alban et. all., 2020).

3.2. Variables y operacionalización:

Variable Independiente: Acción de la larva *Hermetia illucens*

Definición conceptual: Es una especie proveniente de América, habitables en climas tropicales y subtropicales, los que están vinculados directamente con la descomposición de materia orgánica (Kaya et al., 2021). Su crecimiento o desarrollo de esta larva se encuentra directamente relacionado con las condiciones meteorológicas, en donde su crecimiento larvario pasará

por cinco etapas con un ciclo vital de un mes (Huevo, larva, pre-pupa, pupa y adultez), (Hoc et al.; 2019).

Definición operacional: Se midió mediante el crecimiento de la larva y los parámetros requeridos.

Indicadores: Tamaño, peso, humedad, temperatura.

Variable Dependiente: Bioconversión de residuos orgánicos

Definición conceptual: Consiste en la conversión de residuos orgánicos sin valor, como desechos de alimentos, desechos de cultivos, subproductos de alimentos, etc., buscando dar un valor a los residuos orgánicos y promover la economía circular evitando así el aumento de gases de efecto invernadero (MINAM, 2018).

Definición operacional: Se midió mediante el peso y porcentaje al final de la bioconversión.

Indicadores: Peso y porcentaje

La matriz de Operacionalización de variables se muestra en Anexos.

3.3. Población, muestra y muestreo:

Población:

La población estudiada fueron los residuos orgánicos del mercado mayorista Moshoqueque.

Muestra:

La muestra fue de 10 kg de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque.

Muestreo:

Se empleó el tipo de muestreo no probabilístico, que fue la técnica utilizada para permitir a todos los individuos de una población tener las mismas oportunidades de ser seleccionados ya que cumplen con ciertas características que son útiles para la investigación. Y por conveniencia, ya que este tipo de muestreo se da cuando el investigador decide seleccionar a los objetos o individuos en estudio debido a su accesibilidad (Hernández, 2021).

Unidad de análisis:

La unidad de análisis fue de 1 kg de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:**Técnica de recolección de datos**

Matos y Pasek (2008), nos dice que la observación es la técnica que se basa en registrar de manera sistemática y confiable el comportamiento y la conducta que muestran las variables en investigación. Para Díaz (2011), quien investiga realiza las observaciones usando todos sus sentidos e identifica los hechos que contribuyen a precisar el problema para luego efectuar su resolución, por esto es importante tener en cuenta la relación entre los hechos que suceden en la realidad y las teorías científicas.

Instrumentos de recolección de datos

El instrumento que se utilizó fue la ficha de registro de datos, siendo esta una ficha que permite recopilar datos e información de los hechos que se estudiaron. Estas fichas no tienen un diseño establecido para ser empleado, por lo que se pueden elaborar teniendo en cuenta la información que se necesita para el tema en investigación (Arias, 2018).

3.5. Procedimiento:

Para localizar la zona de estudio se ubicó el mercado mayorista Moshoqueque en el software Google Earth Pro y ArcMap, delimitando el perímetro del mercado, así como señalar la ubicación del sector frutas, además de indicar las coordenadas UTM respectivas. Luego, se describió la actividad comercial del mercado mayorista Moshoqueque, por medio de un análisis documental, para facilitar el conocimiento general de este mercado. Posteriormente, se explicó las razones por las que se seleccionó el sector frutas para la investigación.

Se construyó un invernadero, que permitió mantener las condiciones necesarias de temperatura, adecuándolo con paredes de triplay y con un recubrimiento interior con manta de saco, además, el techo del invernadero fue de calamina para que se mantenga el calor. Dentro del invernadero, se colocó una mesa para soporte del biorreactor, el cual fue cubierto con un mosquitero, para evitar el ingreso de insectos.

Los huevos de las larvas de *Hermetia illucens* se colocaron en el biorreactor desde su eclosión hasta pasados 5 días (5-dol), alimentándolas durante ese tiempo con inicio de pollo (maíz), para que ingieran proteínas y sean más resistentes en el cambio de alimentación con residuos orgánicos. Se utilizó una tina plástica para colocar los 10 kg de residuos orgánicos provenientes del sector frutas, que fueron agregados gradualmente mediante el sistema de alimentación continua y luego de realizado el método del cuarteo, junto

con la masa prepupal inicial de larvas que eclosionaron de los 2 gr de huevos adquiridos por medio del productor Ramsés Villalobos. Se agregó un poco de componente seco para el control de humedad que se dio en el proceso, este fue aserrín.

A través de los biorreactores se midió la temperatura, pH y humedad para tener un control de ellos y un desarrollo óptimo de las larvas.

Pasado los 15 días se procedió a separar las larvas de los residuos, y se realizó el pesaje correspondiente.

Las características físicas de las larvas, tanto la longitud como el peso, fueron medidas el primer día que se ingresaron en los residuos, y el último día en el que se separaron. Para la longitud se empleó una regla graduada en centímetros, y para el peso se utilizó una mini balanza gramera digital, tomando registro en una ficha de datos.

El cálculo del porcentaje de bioconversión se realizó el decimoquinto día luego de ingresadas las larvas y los residuos orgánicos en el biorreactor, y se utilizó la fórmula de la Tasa de Bioconversión (TB), que representa la cantidad de alimento transformado en biomasa prepupal; así como la Tasa de Reducción de residuos (RR), (Huaripata y Carrasco, 2022).

3.6. Método de análisis de datos

Se empleó la estadística descriptiva, que es una rama de la estadística que se encarga de plantear recomendaciones acerca de concentrar la información obtenida en tablas o cuadros, figuras o gráficos (Rendón, et. all., 2016).

Asimismo, se utilizó la hoja de cálculo Excel para el procesamiento de los datos cuantitativos obtenidos.

3.7. Aspectos éticos

Los aspectos éticos que se tomaron en consideración se basaron en la autenticidad y el respeto hacia las fuentes de información, habiendo realizado las citas de los autores respectivos de manera correcta reconociendo los derechos de los mismos, citándolos de acuerdo con la norma internacional ISO 690, incluyendo el cumplimiento de la ética de investigación normada por la Universidad César Vallejo mediante la RCU N°0126-2017/UCV, donde señala que para realizar un estudio de investigación se ha tenido en cuenta una serie de normas donde se rigen las buenas prácticas y principios éticos con el fin de avalar la responsabilidad de los investigadores. También, la presente investigación fue sometida al software Turnitin para comprobar la originalidad.

IV. RESULTADOS

En la localización de la zona de estudio y la identificación de la actividad comercial del mercado mayorista Moshoqueque se obtuvo lo siguiente:

La zona de estudio es el mercado mayorista Moshoqueque, que se encuentra ubicado en el distrito de José Leonardo Ortiz, provincia Chiclayo, departamento de Lambayeque, como se muestra a continuación:

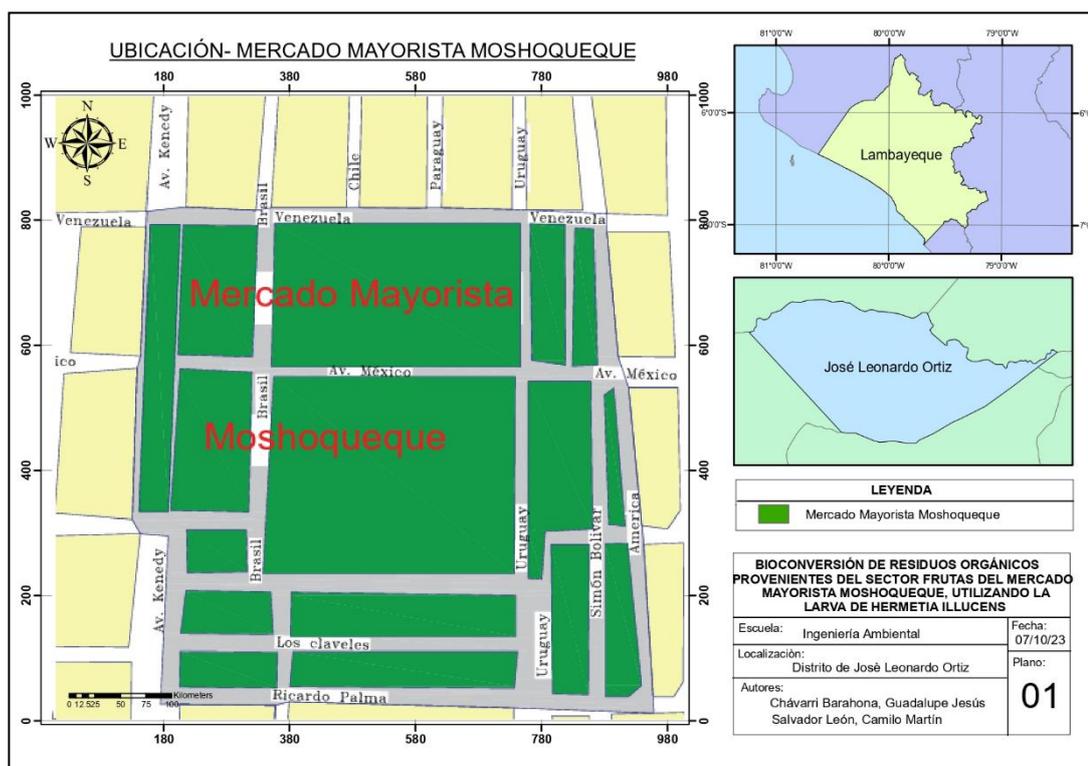


Figura 01. Ubicación del mercado mayorista Moshoqueque

Fuente: Elaboración propia

El mercado mayorista Moshoqueque tiene 3450 puestos fijos, además de 800 comerciantes ambulatorios que comercializan diversos alimentos, entre los cuales destacan las frutas, verduras, carnes, entre otros (López y Montalvo, 2019).

En nuestra investigación, se seleccionó el sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque debido a la problemática que existe sobre estos alimentos, ya que se generan grandes cantidades de residuos de este sector debido a que son más afectados durante su carga y transporte antes de llegar a los comerciantes, es decir se maltratan en el traslado y ya no pueden ser comercializados, por lo que son desechados, en algunos casos se guardan para luego ser arrojados a los contenedores junto con sus residuos que se generen a lo largo del día, y en otros casos son dejados al aire libre en los alrededores del mercado.

La ubicación del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque se observa a continuación:

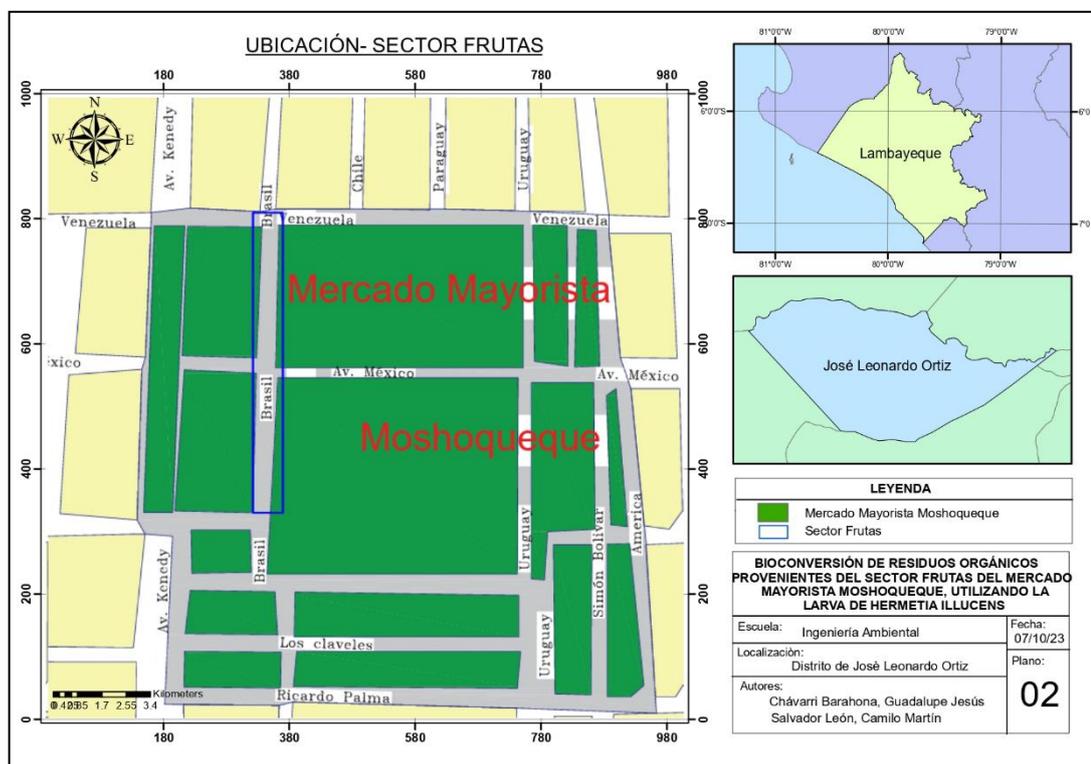


Figura 02. Ubicación del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque

Fuente: Elaboración propia

En la descripción del proceso de bioconversión de los residuos orgánicos provenientes del sector frutas del Mercado Mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*, se realizó lo siguiente:

Se llevó a cabo la construcción de un invernadero donde se instaló el sistema de crianza de la larva de *Hermetia illucens*, el mencionado espacio se encuentra ubicado en el distrito de José Leonardo Ortiz, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, como se muestra en el mapa a continuación:

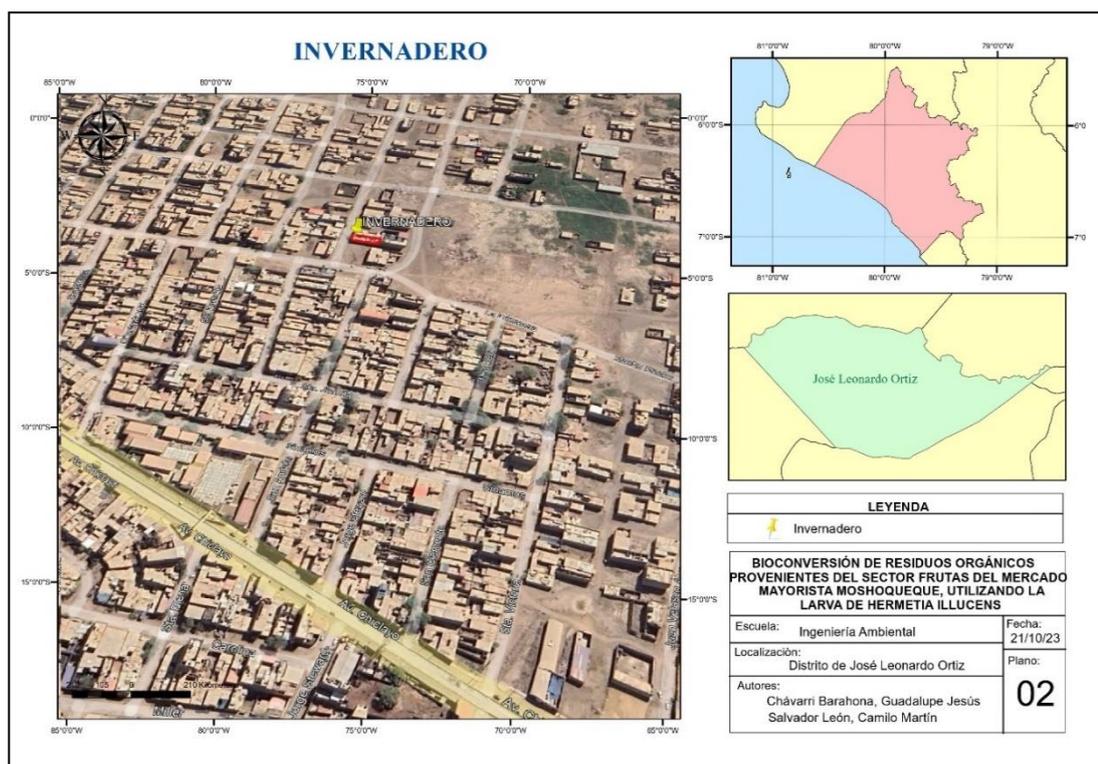


Figura 03. Ubicación del invernadero para la crianza de las larvas de *Hermetia illucens*.

Fuente: Elaboración propia

Las coordenadas de ubicación del invernadero son:

- Zona: 17 M
- Este: 629698.00 m E
- Norte: 9253745.00 m S

El interior del invernadero se encuentra distribuido de acuerdo con las especificaciones de los espacios requeridos según el manual de crianza de la larva de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*), así como se detalla en el siguiente plano:

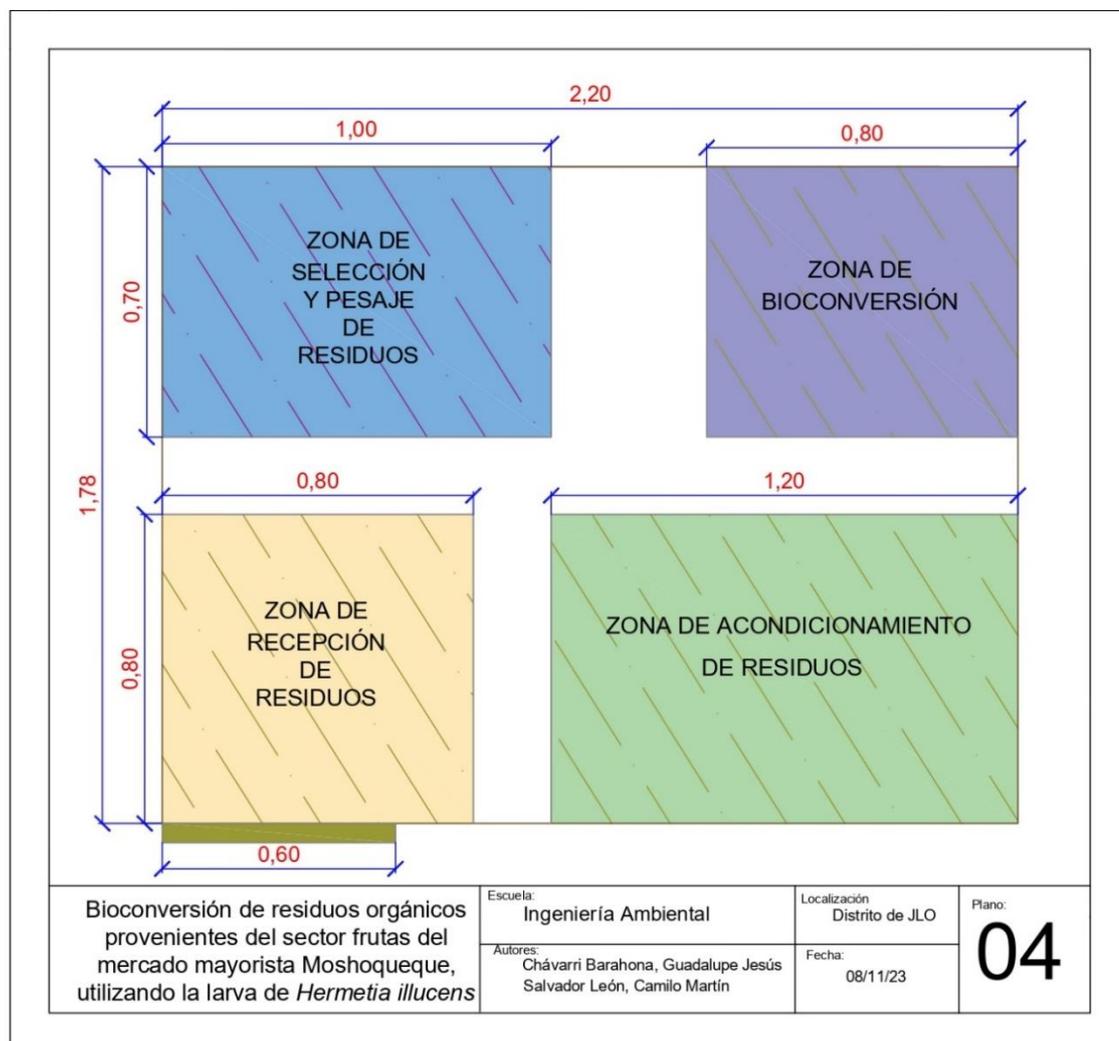


Figura 04. Distribución de zonas del invernadero.

Fuente: Elaboración propia

Los huevos de larvas de *Hermetia illucens* conseguidas por medio del productor Ramsés Villalobos, fueron pesados para trabajar con 2.25 gr, que se colocaron en un colador a una altura de 10 cm sobre la base del biorreactor para que su eclosión sea satisfactoria, además que se tuvo previsto para que cuando caigan las larvas lleguen a una masa que pudieran

ingerir fácilmente durante los primeros cinco días, esta fue una mezcla de inicio de pollo (maíz molido) con agua, y materia orgánica dulce (papaya).



Figura 05. Cantidad de huevos usados de larvas de *Hermetia illucens*.

Fuente: Elaboración propia



Figura 06. Colocación de huevos de larvas de *Hermetia illucens* para su eclosión.

Fuente: Elaboración propia

Pasados los cinco días de las larvas alimentadas con inicio de pollo se recolectaron separándolas del alimento inicial por medio de un colador y de modo manual, para ser transferidas a un nuevo biorreactor que contenía los residuos orgánicos.



Figura 07. Separación de las larvas del alimento inicial pasado los cinco días.

Fuente: Elaboración propia



Figura 08. Larvas recolectadas de cinco días pasada la eclosión.

Fuente: Elaboración propia

Como manera de determinación de la cantidad de larvas que se recolectaron se empleó el método del conteo, contabilizando manualmente una cantidad menor de larvas (2 gr), y luego por medio de una regla de tres simple calcular la cifra de larvas respecto a su peso total (137.45 gr).



Figura 09. Contabilización y pesaje de las larvas contenidas en 2 gr.

Fuente: Elaboración propia



Figura 10. Masa total inicial de larvas empleadas.

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo lo siguiente:

$2\text{ gr} \rightarrow 266\text{ larvas}$

$137.45\text{ gr} \rightarrow x\text{ larvas}$

$$x = \frac{137.45 \text{ gr} \times 266}{2}$$

$$x = 18\,281 \text{ larvas}$$

Así se tiene que, para la investigación se emplearon 18 281 larvas de *Hermetia illucens*, las que fueron ingresadas al biorreactor para iniciar el estudio de quince (15) días junto con los residuos orgánicos.

La muestra de 10 kg de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, fue recolectada de los puestos que se encuentran entre la avenida Brasil y la avenida México, para luego ser llevados y procesados en el invernadero.



Figura 11. Recolección de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque.

Fuente: Elaboración propia

La adecuación de la materia prima se llevó a cabo por medio del método del cuarteo, cortando los residuos en trozos para que sean accesibles en la alimentación de las larvas de *Hermetia illucens*, este proceso se realizó cada vez que se agregaba masa de residuos orgánicos en el biorreactor.



Figura 12. Realización del método de cuarteo.

Fuente: Elaboración propia

Para darse el sistema de alimentación continua con las larvas de *Hermetia illucens*, se colocó gradualmente diferentes cantidades de residuos durante los 15 días que se evaluó la bioconversión de los residuos orgánicos provenientes del sector frutas. Se muestra a detalle las cantidades de residuos orgánicos agregados en la siguiente tabla:

Tabla 1. *Masa agregada de residuos orgánicos provenientes del sector frutas.*

Día	Fecha	Masa agregada de residuos orgánicos
1	23 setiembre	2,5 kg
2	24 setiembre	
3	25 setiembre	1,5 kg
4	26 setiembre	
5	27 setiembre	1,5 kg
6	28 setiembre	
7	29 setiembre	1,5 kg
8	30 setiembre	
9	1 octubre	1,5 kg
10	2 octubre	
11	3 octubre	1,5 kg
12	4 octubre	
13	5 octubre	
14	6 octubre	
15	7 octubre	
TOTAL		10 kg

Fuente: Elaboración propia

El primer día de alimentación se colocó la mayor cantidad de residuos respecto a los demás días, para que se dé la adaptación necesaria a los residuos, además que es en los primeros días donde las larvas tienen mayor apetito.

Se alimentó a las larvas de *Hermetia illucens* hasta el decimoprimer día, para permitir que los siguientes días del proceso estas concluyan la digestión respectiva.



Figura 13. Pesaje de los residuos orgánicos que ingresarán al biorreactor diariamente.

Fuente: Elaboración propia



Figura 14. Ingreso de los residuos al biorreactor.

Fuente: Elaboración propia

A través del biorreactor se midió la temperatura y humedad durante los quince días para tener un seguimiento de estos parámetros y un desarrollo óptimo de las larvas.

Se utilizó un higrómetro, que permitió visualizar los datos de los parámetros en estudio, considerando que la temperatura se debe mantener entre 21 a 30°C, y la humedad entre valores próximos a 60%.



Figura 15. Medición de temperatura y humedad con el higrómetro.

Fuente: Elaboración propia

Por último, terminados los 15 días se procedió a separar las larvas de los residuos, realizando esta parte del proceso manualmente, utilizando dos tinas plásticas para colocar las larvas y los residuos de mayor tamaño. Se realizó el pesaje correspondiente de las larvas para obtener la cantidad bioconvertida en masa prepupal; y se pesaron los residuos para calcular la tasa de reducción de residuos.



Figura 16. Proceso de separación manual de las larvas de los residuos.

Fuente: Elaboración propia



Figura 17. Pesaje total de las larvas y los residuos pasados los 15 días.

Fuente: Elaboración propia

En la evaluación de las características físicas de peso y medida (inicio y final) de la larva de *Hermetia illucens*, se determinó lo siguiente:

Para determinar el aumento del tamaño de las larvas se utilizó una regla milimétrica, seleccionando una larva al azar el primer día que se ingresaron junto con los residuos orgánicos en el biorreactor y el último día en que se separaron de los residuos. Las larvas los primeros días tienen mayor movimiento que después del proceso de bioconversión, por lo que se dificultó realizar la medición respectiva el primer día debido a que eran pequeñas y se movían continuamente. Por otro lado, luego de los quince días las larvas se encontraban ligeramente rígidas y su movimiento era lento.



Figura 18. Medición del tamaño de la larva el decimoquinto día.

Fuente: Elaboración propia

En la determinación del aumento de peso se empleó una mini balanza gramera, escogiendo aleatoriamente una larva el primer día que se introdujeron en el biorreactor con los residuos orgánicos provenientes del sector frutas, obteniendo que la mini balanza no detectaba el peso de la larva, siendo un valor menor a 0.03 gr que es desde donde la mini balanza empieza a reconocer el objeto a pesar. Luego, pasado los quince días se procedió a medir con el mismo equipo una larva al azar.



Figura 19. Pesaje de la larva el decimoquinto día.

Fuente: Elaboración propia

Los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Características físicas de peso y medida (inicio y final) en el proceso de bioconversión.

Día	Peso	Medida
1	No definido (< 0.03 gr)	No definido
15	0.22 gr	2.1 cm

Fuente: Elaboración propia

Se demuestra el incremento de peso de las larvas luego de haber sido alimentadas con residuos orgánicos provenientes del sector frutas, teniendo un buen desarrollo, al igual que en la medida, llegando a medir más de 2 cm de longitud.

Para el cálculo del porcentaje de bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*, se realizó lo siguiente:

Para llevar a cabo el cálculo de la reducción de residuos se empleó la cantidad de residuos restantes en el biorreactor, y se determinó de la siguiente manera:

- Tasa de reducción de residuos (RR): Representa el porcentaje de los residuos consumidos.

$$RR = \frac{\text{Alimento agregado en kg} - \text{residuo del alimento en kg}}{\text{Alimento agregado en kg}} \times 100$$

$$RR = \frac{10 \text{ kg} - 5.775 \text{ kg}}{10 \text{ kg}} \times 100$$

$$RR = 42.25 \%$$

Así se puede definir que teniendo una tasa de reducción de 42.25%, se puede determinar que un aproximado de 18 mil larvas pueden reducir casi la mitad de 10 kg de los residuos orgánicos que se le agregaron.

Por último, para calcular el porcentaje de bioconversión se empleó la siguiente fórmula:

- Tasa de bioconversión (TB): Representa la bioconversión de los residuos en biomasa prepupal.

$$TB = \frac{\text{Peso de biomasa prepupal en kg}}{\text{Alimento agregado en kg}} \times 100$$

$$TB = \frac{3.92 \text{ kg}}{10 \text{ kg}} \times 100$$

$$TB = 39.2\%$$

Teniendo una tasa de bioconversión de 39.2% se determinó que los residuos han sido aprovechados en gran cantidad, obteniendo subproductos, como masa proteica dentro de las larvas con las que se puede alimentar otros animales; así como también utilizar el frass (heces) obtenido de las larvas y los residuos restantes como compost.

Por último, para el análisis y comparación de los parámetros del compost obtenido con las normativas para calidad del compost, se obtuvo lo siguiente:

Los parámetros analizados del compost resultante del proceso de bioconversión de residuos orgánicos con la larva de *Hermetia illucens* se analizaron tomando una muestra de 1 kg.

Debido a que en nuestro país no se cuenta con una normativa para calidad del compost con la que se pueda comparar los parámetros de nuestro producto obtenido, se optó por realizar una revisión de literatura acerca de normas internacionales para calidad del compost, llegando a tomar como referencias los siguientes datos:

Tabla 3. Comparación del compost obtenido con los parámetros para calidad del compost.

Parámetro	Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)	Norma Técnica Colombiana (NTC) 5167-2011	Norma Técnica de Chile (NTCH) 2880	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO)	Resultados de análisis de compost de larva de MSN
pH	7.0 – 8.3	4 - 9	5 - 7.5	6.5 – 8.6	6.71
CE (ds/m)	2 – 4	-	-	-	16.89
CO – Oxidable (%)	-	-	-	-	18.80
Materia orgánica (%)	-	>15%	>45%	>20%	32.41
Relación C/N	-	-	-	10:1 - 15:1	11.75
N-total (%)	0.8 – 1.5	>1%	>0.8%	0.3% - 1.5%	1.60
P_2O_5 (%)	0.4 - 1.0	-	-	0.1% - 1.0%	0.96
K_2O (%)	0.6 - 1.5	-	-	0.3% - 1.0%	2.12
CaO (%)	2 - 6	-	-	-	1.28
MgO (%)	0.2 - 0.7	-	-	-	0.15

Fuente: Elaboración propia

Los resultados presentados en la tabla 3 permitieron determinar que para los parámetros químicos como el pH obtenido de 6.71 es cercano a la neutralidad y se encuentra dentro de los parámetros de calidad del IIAP, NTC, NTCH y la FAO. También, la conductividad eléctrica es de 16.89 ds/m, superando el rango de calidad de la IIAP. La materia orgánica analizada tiene un valor de 32.41%, estando dentro del valor permitido por la FAO y la NTC, pero siendo bajo para la NTCH.

La relación C/N fue de 11.75:1, encontrándose dentro del rango permitido por la FAO. A su vez, el nitrógeno total del compost obtenido de la bioconversión fue de 1.60% teniendo un valor de calidad para la NTC y la NTCH, aunque superando los valores permitidos para la IIAP y la FAO.

Luego, para el análisis nutrimental, se tiene que el valor de P_2O_5 fue de 0.96%, siendo de calidad para la IIAP y la FAO. Por el contrario, el K_2O con 2.12% supera lo permitido por la IIAP y la FAO. Por último, el análisis de CaO dio como resultado 1.28% y para el MgO un 0.15%, considerándose valores inferiores para los parámetros de calidad de la IIAP.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se detalló el proceso de bioconversión de los residuos orgánicos del sector frutas del MMM, utilizando la larva de *Hermetia illucens*, este proceso se desarrolló en un invernadero, distribuido adecuadamente para el procedimiento de bioconversión y la sobrevivencia de la larva, se trabajó con una cantidad de 2.25 gr de huevos de *Hermetia illucens*, que representa un aproximado de 18 281 larvas, para la alimentación de las larvas los primeros cinco días se usó una mezcla homogénea de maíz molido, agua y papaya; pasado los cinco días las larvas se ingresaron a un biorreactor con una muestra de 10 Kg de residuos orgánicos, en esta muestra los residuos fueron cortados en trozos pequeños a esto se le conoce como método de cuarteo.

La masa agregada a las larvas que se encontraban en el biorreactor fue mediante el sistema de alimentación continua en donde el primer día se agregó 2,5 kg de residuos, el tercer día se agregó 1,5 kg de residuos, y así sucesivamente se agregó el residuo restante pesado en 1,5 kg dejando un día intercaladamente hasta el día once, luego se permitió que en los siguientes cuatro días las larvas concluyeran con la degradación sin ningún tipo de interrupción. Para todo este proceso se consideró y se dio seguimientos de algunos parámetros respectivos como la temperatura que se mantenga entre 21 a 30°C, y la humedad en 60%; como producto final se obtuvo el compost, para ello en el día 16 se separaron de forma manual las larvas de su deposición y la materia residual restante.

Por otro lado, teniendo en cuenta la investigación de Huaripata & Carrasco (2022), los autores usaron 2g de huevos en donde eclosionaron 20 mil larvas de *Hermetia illucens*, a diferencia de estos autores usaron como sustrato especial avena con agua haciendo una mezcla consistente para la adaptación entre los primeros cinco días de la larva, pasado los cinco días trituraron los residuos orgánico obtenidos para introducir al biorreactor junto con la larva, utilizando el sistema de alimentación continua, el primer día ingresaron sustrato de 5 kg de residuos triturados, el quinto día agregaron 3 kg, el octavo día se acondicionó 1kg de residuos y el doceavo día agregaron 1 kg, haciendo el total de 10 kg de residuos orgánicos con la interposición de 20 mil larvas.

Así mismo Hoc et al. (2019); al estudiar la larva de la *Hermetia illucens* determinó en su investigación que la humedad debería encontrarse entre 60 % y 90% y la temperatura entre 21° a 30° C, ya que esta influye directamente en el desarrollo de la larva de *Hermetia illucens* y el proceso de bioconversión, si el biorreactor se encuentra demasiado húmedo, estas buscaran un lugar más seco.

Para la evaluación de las características físicas de peso y medida (inicio y final) de la larva de *Hermetia illucens*, se utilizó una regla milimétrica para realizar la medición de la larva, para tomar medida del primer día en su peso y tamaño se nos dificultó, ya que las larvas de la *Hermetia illucens* suelen moverse con bastante constancia, pero pasando los quince días las larvas se vuelven más rígidas y tienen poco movimiento por lo tanto se pudo realizar la medida sin ninguna problema, obteniendo una medida de 2,1 cm.

Teniendo como referencia al autor Kinasih et. all (2018), en su estudio evaluó el peso y desarrollo de la larva de *Hermetia illucens* mencionó que después de la eclosión de los huevecillos estas larvas llegan a medir un milímetro de largo y pasando el proceso de bioconversión que duró 18 días estas obtuvieron un tamaño de 27 mm de largo y 6mm de ancho, observando y comparando con nuestro resultado se obtiene una diferencia mínima de 6 mm de largo.

Para la determinación del peso también se tuvo dificultades ya que se usó una mini balanza en donde solo reconoce el peso a partir de los 0.03 gr y esta no detectaba el peso de la larva, por lo que no se definió el peso de la larva el primer día, pasado los quince días se procedió a realizar el peso de la larva en la mini balanza que nos dio por resultado que la larva pesaba 0.22 gr. Sin embargo, García y Pinedo (2022), en su investigación para poder obtener un peso promedio de 8 mil larvas en el primer día de la muestra procedió a contar diez unidades de larvas para pesarlas en donde obtuvieron como peso 0.033 g, pasado el proceso de tratamiento de residuos orgánicos las 8 mil larvas obtuvieron un peso de 860.2 gr, deduciendo así que cada larva pesaba un aproximado de 0,107 gr en su etapa final.

Para el cálculo del porcentaje de bioconversión de residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque, utilizando la larva de *Hermetia illucens*, se realizó mediante el uso de la fórmula de tasa de reducción de

residuos (RR) que representa el porcentaje de los residuos consumidos por la larva *Hermetia illucens*, la RR es igual al alimento agregado (10kg), menos los residuos del alimento (5.775 kg), dividido por el alimento agregado (10 kg) y multiplicado por cien, en donde obtuvimos como resultado que RR es igual a 42.25%.

Así mismo teniendo como autores a Huaripata y Carrasco (2022), en su investigación para obtener resultados de la masa consumida realizaron un monitoreo diario a las 20 mil larvas y los 10 kg de residuos ingresados al biorreactor, usando una balanza y pesando en kilogramos durante los quince días la masa consumida y la masa restante, en donde hasta el día quince las 20 mil larvas degradaron 6.43 kg, de 10 kg de residuos orgánicos, restando como masa no degradada 3.57 kg, así mismo para calcular la tasa de reducción usaron la misma fórmula que usamos en nuestros resultados, RR era igual al alimento añadido (10 kg) menos residuos de alimento (3.57 kg), dividido por alimento añadido (10 kg) y multiplicado por 100, obteniendo como resultado una RR de 64.3%.

A diferencia de nuestra investigación en el estudio de estos autores la tasa de reducción fue más alta con una diferencia de 22.05%, esto se debe a la cantidad de larvas usadas en el proceso de bioconversión.

Para obtener la tasa de bioconversión (TB) se dividió el peso de biomasa prepupal (3.92 kg) entre el alimento agregado (10 kg) y multiplicado por 100, obteniendo como resultado una tasa de bioconversión de 39.2%. Para el cálculo de la tasa de bioconversión Huaripata y Carrasco (2022), realizaron la siguiente ecuación: $TB = \frac{\text{al peso de la biomasa prepupal (4.97 kg)}}{\text{alimento añadido (10 kg)}} \times 100$, donde obtuvieron como resultado de una tasa de bioconversión de 49.7%, demostrando que las larvas se desarrollan a tal punto que obtienen una cantidad significativa de masa proteica que puede ser usado como alimento para mascotas, u otro tipo de investigaciones.

Mediante un análisis de parámetros del compost contenido se pudo determinar la calidad del compost, en donde el pH es de 6.71 siendo casi neutro, en donde autores como García y Pinedo (2022), en su estudio mediante un análisis al compost obtuvieron un pH de 7.62, manteniéndose ambos estudios dentro del rango de la NT Chilena 2880, así mismo mostraron en su análisis la conductividad

eléctrica (ds/m) de 2.845, a diferencia de este estudio que la conductividad eléctrica es de 16.89 ds/m, esta diferencia puede darse por el tipo de alimentación de la larva ya que los autores mencionados usaron residuos orgánicos de diferente origen recolectados en el mercado de Shilcayo, a diferencia de nuestro estudio que la larva de la *Hermetia illucens* se alimentó a base de pura fruta.

Con respecto a la materia orgánica obtenida en el compost del presente estudio es de 32.41% encontrando una similitud de resultados en la investigación mencionada anteriormente con resultados de 39.63%.

Referente al nitrógeno total obtenido en el compost de la presente investigación es de 1.60%, teniendo una similitud de resultados con los autores García y Pinedo (2022), con 1.70% de nitrógeno presente en su producto final, esto demuestra que es un compost de calidad según una comparación con las normas técnicas internacionales.

VI. CONCLUSIONES

1. El sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque es uno de los grandes generadores de residuos orgánicos, ya que sus productos se descomponen rápidamente y son más propensos a maltratarse debido a su fragilidad.
2. Se construyó un invernadero para mantener las condiciones de temperatura y humedad necesarias para el proceso de bioconversión, que en su interior se dividió en la (i) Zona de recepción de residuos, (ii) Zona de selección y pesaje de residuos, (iii) Zona de acondicionamiento de residuos y la (iv) Zona de bioconversión, donde en la última zona se colocó un biorreactor con inicialmente 2.25 gr de huevos de larvas de *Hermetia illucens* sobre una base de alimento compuesto por papaya y maíz molido mezclado con agua por un periodo de cinco días pasada la eclosión de los huevos, para posteriormente contabilizar las larvas obtenidas y ser colocadas en un nuevo biorreactor junto con los residuos orgánicos provenientes del sector frutas del mercado mayorista Moshoqueque que previamente fueron acondicionados mediante el método del cuarteo.

Las larvas ingresadas al biorreactor (18 821 aprox.) junto a los residuos se mantuvieron allí por un periodo de quince días, considerando que es el tiempo máximo que necesitan estas larvas para la bioconversión, pasado este tiempo se recolectaron separándolas manualmente de la materia residual y del frass obtenido, para realizar el pesaje respectivo tanto de las larvas como de los residuos restantes.

3. La larva de *Hermetia illucens* no se pudo pesar ni medir el primer día que se ingresó al biorreactor junto con los residuos orgánicos, debido a su constante movimiento y a que siendo pequeñas la mini balanza no reconocía el peso. Caso contrario, al decimoquinto día se notó un buen desarrollo de la larva llegando a pesar 0.22 gr y a tener una longitud de 2.1 cm, producto de la constante alimentación y aprovechamiento de los residuos orgánicos.
4. Determinada la ecuación de la Tasa de Bioconversión (TB) se obtuvo un 39,2%, demostrando que más de la tercera parte de los residuos fueron bioconvertidos, generando a su vez subproductos, como la masa proteica en las larvas y el compost. Asimismo, con la Tasa de Reducción de Residuos

(RR), se tuvo un 42.25%, determinando que un aproximado de 18 mil larvas pueden reducir casi la mitad de 10 kg de los residuos orgánicos que se le agregaron.

5. Los resultados del análisis de la muestra de compost indicaron que los parámetros químicos como el pH obtenido de 6.71 es cercano a la neutralidad y se encuentra dentro de los parámetros de calidad del IIAP, NTC, NTCH y la FAO. También, la conductividad eléctrica es de 16.89 ds/m, superando el rango de calidad de la IIAP. La materia orgánica analizada tiene un valor de 32.41%, estando dentro del valor permitido por la FAO y la NTC, pero siendo bajo para la NTCH.

La relación C/N fue de 11.75:1, encontrándose dentro del rango permitido por la FAO. A su vez, el nitrógeno total del compost obtenido de la bioconversión fue de 1.60% teniendo un valor de calidad para la NTC y la NTCH, aunque superando los valores permitidos para la IIAP y la FAO.

Luego, para el análisis nutrimental, se tiene que el valor de P₂O₅ fue de 0.96%, siendo de calidad para la IIAP y la FAO. Por el contrario, el K₂O con 2.12% supera lo permitido por la IIAP y la FAO. Por último, el análisis de CaO dio como resultado 1.28% y para el MgO un 0.15%, considerándose valores inferiores para los parámetros de calidad de la IIAP.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a los investigadores realizar trabajos utilizando la larva de *Hermetia illucens* con residuos orgánicos provenientes del quehacer doméstico, restaurantes, hoteles, y otros sectores de los mercados, para determinar la mayor eficiencia de bioconversión.
2. A las municipalidades emplear esta técnica de aprovechamiento de los residuos orgánicos, al requerir un tiempo de 15 días para obtener compost, y a la vez reducir los residuos convirtiéndolos en masa proteica dentro de las larvas.
3. Se recomienda a las consultoras ambientales y empresas dedicadas a este rubro a implementar una planta de valorización de residuos sólidos orgánicos en la región, empleando a la larva de *Hermetia illucens* como instrumento principal, ya que a gran escala se reduce la contaminación ambiental y las larvas posteriormente a realizar el proceso de bioconversión se pueden utilizar en la industria química y farmacéutica.

REFERENCIAS

ARIAS, J. 2018. Técnicas e instrumentos de investigación científica. ENFOQUES CONSULTING EIRL. Primera edición digital: diciembre 2020. ISBN: 978-612-48444-0-9.

ALONSO, A., GARCÍA, L., LEÓN, I., GARCÍA, E., GIL, B. Y LEA, R. 2016. Métodos de investigación de enfoque experimental. Disponible en: <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>

BANCO MUNDIAL. 2018. Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. Washington. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

BESKIN, K., HOLCOMB, C., CAMMACK, J., CRIPPEN, T., KNAP, A., SWEET, S., TOMBERLIN, J. 2018. Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associated volatile emissions. Waste Management. Volume 74, 2018, pages 213-220. ISSN 0956-053X. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.019>

CASTILLO H. 2022. Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayacachi, Huancayo, 2019. Tesis presentada para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Continental.

CIKCOVA, H., NEWTON, G., LACY, R., KOZANEK, M. 2015. The use of fly larvae for organic waste treatment. Waste Management. Volume 35, 2015, pages 68-80. ISSN 0956-053X. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14004486>

DEL HIERRO, A.G., ANRANGO, M. J., ORTIZ, D., & SÁNCHEZ, L. (2021). Captura y cría de la mosca soldado-negra (*Hermetia Illucens*) para la biodegradación de desechos orgánicos en Puerto Quito, Ecuador. Ecuadorian Science Journal, 5(3), 341-354. Disponible en: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.164>

FAO. Manual de compostaje del agricultor. Santiago de Chile 2013. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i3388s/l3388S.pdf>

FISCHER, H. Y ROMANO, N. 2021. Mezclas de frutas, verduras y almidón sobre la calidad nutricional de las larvas de la mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) y los excrementos resultants. Artículo. ISSN: 23524588. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85102493170&noHighlight=false&relpos=1>

GAO, Z., WANG, W., LU, X., ZHU, F., LIU, W., WANG, X., LEI, C. 2019. Bioconversion performance and life table of black soldier fly (*Hermetia illucens*) on fermented maize Straw. Journal of Cleaner Production. Volume 230, 2019, Pages 974-980. ISSN 0959-6526. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.074>

GARCÍA, P. Y PINEDO, R. 2022. Uso de larvas *Hermetia illucens*, en el manejo de residuos sólidos orgánicos del mercado, Banda de Shilcayo 2022. Tesis presentada para optar el grado de Ingeniero Ambiental. Universidad César Vallejo. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/114112/Garcia_GPP-Pinedo_FR-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GUEVARA, G., VERDESOTO, A. Y CASTRO, N. 2020. Metodologías de pesquisa educacional (descriptiva, experimental, participativa y de redacción). Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento. Disponible en: <https://recimundo.com/index.php/es/article/view/860/1560>

HARJOKO, D., HUA, Q., TOH, E., GOH, C., PUNIAMOORTHY, N. 2023. A window into fly sex: mating increases female but reduces male longevity in black soldier flies. *Animal Behaviour*. Volume 200, 2023, pages 25-36. ISSN 0003-3472. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2023.03.007>

HEYDEN, F., ROMANO, N. Y SINHA, A. 2021. Conversión de café gastado y donas por larvas de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) en recursos potenciales para la cría de animales y plantas. Artículo. ISSN: 20754450. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85104506660&noHighlight=false&relpos=0>

HOC B, NOËL G, CARPENTIER J, FRANCIS F Y CAPARROS R. (2019). Optimization of black soldier fly (*Hermetia illucens*) artificial reproduction. *PLOS ONE* 14(4): 1-13. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0216160>

HUARIPATA, J. Y CARRASCO, C. 2022. Eficiencia de la larva de mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) para aprovechar los residuos orgánicos municipales. Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelí. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/handle/UPAGU/2189>

INEI. 2020. Estado de la población peruana 2020. Perú. Disponible en: https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf

KAYA, C., GENERALOVIC, T. N., STÅHLS, G., HAUSER, M., SAMAYOA, A. C., NUNES-SILVA, C. G., ROXBURGH, H., WOHLFAHRT, J., EWUSIE, E. A., KENIS, M., HANBOONSONG, Y., OROZCO, J., CARREJO, N., NAKAMURA, S., GASCO, L., ROJO, S., TANGA, C. M., MEIER, R., RHODE, C. Y SANDROCK, C. (2021). Global population genetic structure and demographic trajectories of the black soldier fly, *Hermetia illucens*. *BMC Biology*, 19(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12915-021-01029-w>

KINASIH, I., PUTRA, R., PERMANA, A., GUSMARA, F., NURHADI, M. Y ANITASARI, R. 2018. Desempeño del crecimiento de larvas de mosca soldado negra (*Hermetia illucens*) alimentadas con algunos desechos orgánicos de origen vegetal. Artículo. ISSN: 19783019. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85061358228&origin=reflist>

LIU, C., WANG, C., YAO, H. 2019. Comprehensive resource utilization of waste using the black soldier fly (*Hermetia illucens* (L.)) (diptera: Stratiomyidae). *Animals*, 9 (2019), p. 349. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070195918&origin=inward&txGid=d21c3a2df05484535b0d642abc91cd1f>

LIU, T., KLAMMSTEINERB, T., DREGULOC, A., KUMAR, V., ZHOUA, Y., ZHANG, Z. Y AWASTHI, M. Black soldier fly larvae for organic manure recycling and its potential for a circular bioeconomy: A review. *Science of The Total Environment*. Volume 833. 155122. ISSN 0048-9697. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972202215X>

MA, J., JIANG, C., TAO, X., SHENG, J., SUN, X., ZHANG, T. Y ZHANG, Z. 2022. Insights on dissolved organic matter and bacterial community succession during secondary composting in residue after black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) bioconversion for food waste treatment. *Waste Management*. Volume 142. Pages 55-64. ISSN 0956-053X. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X22000435>

MATOS, Y, PASEK, E. 2008. LA OBSERVACIÓN, DISCUSIÓN Y DEMOSTRACIÓN: TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN EN EL AULA. *Lauro* [en línea]. 2008, 14(27), 33-52[fecha de Consulta 14 de Junio de 2023]. ISSN: 1315-883X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=76111892003>

MCCARTHY, T. Y SINHAL, J. 2005. Biotransformation. Artículo de revisión. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/sdfe/pdf/download/eid/3-s2.0-B012369400000137X/first-page-pdf>

MINAM. 2017. DECRETO LEGISLATIVO N°1278. Decreto Legislativo que aprueba la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo-N%C2%B0-1278.pdf>

MINAM. 2018. Minam: 70% de los residuos que generamos pueden convertirse en nuevos productos. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/novedades/minam-70-residuos-que-generamos-pueden-convertirse-nuevos-productos>

MINAM. 2023. Esto debes saber sobre los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aprovechables. Nota de prensa. Ministerio del Ambiente. Perú. Obtenido de: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/763484-esto-debes-saber-sobre-los-residuos-solidos-organicos-e-inorganicos-aprovechables>

MISHRA, A. Y SUTHAR, S. 2022. Bioconversión de mezclas de residuos de frutas y lodos de depuradora por larvas de mosca soldado negra (Diptera: Stratiomyidae). Artículo. ISSN: 00139351. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85143728352&origin=resultslist&sort=plf-f&cite=2-s2.0-84929083089&src=s&imp=t&sid=323af7dc045920ce0579b5815f91453f&sot=cite&sdt=a&sl=0&relpos=8&citeCnt=0&searchTerm=>

MORALES, G. Y PALÁEZ, C. 2010. Evaluación cinética de los dípteros como indicadores de la evolución del proceso de compostaje. Revista Ingenierías Universidad de Medellín. 9(17): 13-28

NAKAMURA, S., ICHIKI, R., SHIMODA, M. Y MORIOKA, S. 2016. Cría a pequeña escala de la mosca soldado-negra, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), en el laboratorio: cría a bajo costo y durante todo el año. Aplicación Entomol Zool 51, 161–166 (2016). Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13355-015-0376-1>

NASER, S., VAN, K., ELISSEN, H., WIKSELAAR, P., FODOR, I., WEIDE, R., HIL, E., FAR, A. y VELDKAMP, T. 2023. Bioconversión de diferentes flujos de desechos

de origen animal y vegetal y estiércol por larvas de mosca soldado negra *Hermetia illucens* L. (Diptera: Stratiomyidae). Insectos [en línea]. 17 de febrero de 2023. vol. 14, núm. 2, pág. 204. DOI 10.3390/insectos14020204. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/insectos14020204>

NGUYEN, T., TOMBERLIN, J. Y VANLAERHOVEN, S. 2015. Habilidad de las larvas de la mosca soldado negra (Diptera: Stratiomyidae) para reciclar los desechos de alimentos. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84929083089&origin=reflist>

NGUYEN, D., JEON, B., JEUNG, J., RENE, E., BANU, J., RAVINDRAN, B., VU, C., NGO, H., GUO, W., Y CHANG, S. 2019. Thermophilic anaerobic digestion of model organic wastes: Evaluation of biomethane production and multiple kinetic models análisis. Bioresource Technology. Volume 280, 2019, Pages 269-276, ISSN 0960-8524. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.033>.

NICOMEDES, E. 2018. Tipos de investigación. Universidad Santo Domingo de Guzmán. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34>

OVIEDO, M., GARCÍA, J., Y GUTIÉRREZ, C. 2022. Mosca soldado negra: eslabón perdido en la cadena de revalorización de residuos orgánicos. Revista Ciencia. Volumen 73, número 3. México. Disponible en: https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/73_3/PDF/09_73_3_1304.pdf

ÑAUPAS, H. 2013. Metodología de la investigación científica y elaboración de tesis. Lima. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/MetodologiaInvestigacionNaupas.pdf

PARRY, N. Y WELDON, C. 2017. Bioconversión de mezclas de estiércol avícola y residuos vegetales por *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). Artículo. ISSN: 09312048. Disponible en:

<https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=citedby&eid=2-s2.0-85149588169&noHighlight=false&relpos=1>

RAMÍREZ, V.; PEÑUELA, L. Y PÉREZ, M. 2017. Los residuos orgánicos como alternativa para la alimentación en porcinos. *Revista de Ciencias Agrícolas*. 34(2):107 - 124. Disponible en: doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.76>

REHMAN, K., HOLLAH C., WIESOTZKI K. 2023. Mosca soldado negra, *Hermetia illucens* como una herramienta potencialmente innovadora y respetuosa con el medio ambiente para la gestión de residuos orgánicos: una mini revisión. *Gestión e Investigación de Residuos*. 2023;41(1):81-97. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=citedby&eid=2-s2.0-85132871767&noHighlight=false&relpos=2>

RENDÓN, M., VILLASÍS, M., MIRANDA, M. 2016. Estadística descriptiva. Artículo. *Revista Alergia México*. México. 2016;63(4):397-407. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755026009.pdf>

ROMANO, N., SINHA, A., POWELL, A. Y FISCHER, H. 2023. Composición mineral en larvas de mosca soldado-negra (*Hermetia illucens*) y excrementos resultantes de frutas y sus cáscaras. Artículo. ISSN: 23524588. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=citedby&eid=2-s2.0-85150308514&noHighlight=false&relpos=0>

SALAS, J. 2019. Evaluación de cuatro sustratos orgánicos para la producción de larvas de *Hermetia illucens* (Díptera-stratiomydae) en condiciones controladas de la irrigación Majes – Pedregal, Caylloma Arequipa. Tesis para optar el título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Disponible en: <https://repositorio.unsa.edu.pe/server/api/core/bitstreams/6031438d-06a8-4945-be89-abd7e0e03b3a/content>

SALOMONE, R., SAIJA, G., MONDELLO, G., GIANNETTO, A., FASULO, S., Y SAVASTANO, D. (2016). Impacto medioambiental de la bioconversión de residuos

alimentarios por insectos: aplicación de evaluación del ciclo de vida para procesar usando *Hermetia Illucens*. ELSEVIER, 1-16.

SCIEUZO, C., FRANCO, A., SALVIA, R., TRIUNFO, M., ADDEO, N., VOZO, S., PICCOLO, G., BOVERA, F., RITIENI, A., FRANCIA, A., LAGINESTRA, A. Y SCHMITT, E. 2023. Mejora de subproductos de frutas mediante bioconversión por *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). Artículo. ISSN. 16729609. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85145404228&origin=resultslist&sort=r-f&src=s&mltEid=2-s2.0-85148726673&mltType=ref&mltAll=t&imp=t&sid=c8edeb6297fa02469fef5beb8722d782&sot=mlt&sdt=mlt&sessionSearchId=c8edeb6297fa02469fef5beb8722d782&elpos=16&citeCnt=7>

SHEPPARD, D., TOMBERLIN, J., JOYCE, J., KISER, B. Y SUMNER, S. 2002. Métodos de crianza para la mosca soldado negra (Diptera: Stratiomyidae), *Journal of Medical Entomology*. Volumen 39, número 4, 1 de julio de 2002, páginas 695–698. Disponible en: <https://doi.org/10.1603/0022-2585-39.4.695>

SIDDIQUI, S., RISTOWC, B., RAHAYU, T., PUTRA, N., YUWONO, N., NISAG, K., MATEGEKOH, B., SMETANA, S. SAKI, M., NAWAZ, A. Y NAGDALIAN, A. 2022. Black soldier fly larvae (BSFL) and their affinity for organic waste processing. *Waste Management*. Volume 140. Pages 1-13. ISSN 0956-053X. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X22000010>

SPORINTÁN, Y., CHIU, C., TANANSATHAPORN, S., LEASEN, K. Y MANLON, K. 2019. Modeling the Growth of Black Soldier Fly *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): An Approach to Evaluate Diet Quality. *Journal of Economic Entomology*. Volumen 113, número 2, abril de 2020, páginas 742–751. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jee/toz337>

SUYÓN, E. 2022. Diseño de un sistema de tratamiento de residuos sólidos del Mercado Moshoqueque a fin de reducir la contaminación ambiental. Tesis presentada para optar el título de Ingeniero industrial. Facultad de Ingeniería.

Universidad Santo Toribio de Mogrovejo. Perú. Disponible en:
https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5027/1/TL_SuyonTullumeEsther.pdf

STEFAN, S., CHRISTIAN, Z. Y KLEMENT, T. 2023. Conversión de material orgánico por larvas de mosca soldado-negra: establecimiento de tasas de alimentación óptimas. Artículo. ISSN: 10963669. Disponible en:
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-68649129067&origin=reflist>

ANEXOS

Anexo 01. Tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Niveles de medición
Bioconversión de residuos orgánicos	Consiste en la conversión de residuos orgánicos sin valor, como desechos de alimentos, desechos de cultivos, subproductos de alimentos, etc., buscando dar un valor a los residuos orgánicos y promover la economía circular evitando así el aumento de gases de efecto invernadero. (MINAM, 2018)	Se medirá mediante el peso y porcentaje al final de la bioconversión.	Tasa de Reducción de Residuos	Peso	Razón
				%	Razón
			Tasa de Bioconversión	Peso	Razón
				%	Razón
Acción de la larva <i>Hermetia illucens</i>	Es una especie proveniente de América, habitables en climas tropicales y subtropicales, los que están vinculados directamente con la descomposición de materia orgánica (Kaya et al., 2021). Su crecimiento o desarrollo de esta larva se encuentra directamente relacionado con las condiciones meteorológicas, en donde su crecimiento larvario pasará por cinco etapas con un ciclo vital de aproximadamente un mes (huevo, larva, pre-pupa pupa y adultez), (Hoc et al.; 2019).	Se medirá mediante el crecimiento de la larva y los parámetros requeridos	Crecimiento	Tamaño (cm)	Razón
				Peso (gr)	Razón
			Parámetros requeridos	Humedad	Razón
				Temperatura	Intervalo

Anexo 02. Fotografías de la construcción del invernadero



Fuente: Elaboración propia

Anexo 03. Fotografías del refinamiento del subproducto masa prepupal



Fuente: Elaboración propia

Anexo 04. Fotografía del subproducto compost



Fuente: Elaboración propia

Anexo 05. Fotografía del pesaje de la muestra de compost enviada a laboratorio.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 06. Fotografías de la alimentación a gallos con larvas de *Hermetia illucens*.



Fuente: Elaboración propia

Anexo 07. Informe de laboratorio de los análisis químicos y nutrimentales del compost obtenido.



Laboratorio agrícola
Análisis de suelos y aguas
CYSAG EIRL
RUC: 20561187488

INFORME DE LABORATORIO CYSAG N° 428-2023

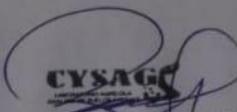
Solicitud de análisis N° : 428-2023
Solicitante : CAMILO MARTÍN SALVADOR LEÓN
Procedencia de la Muestra : CHICLAYO
Tipo de análisis : Análisis de nutrientes-Compost

Cultivo / Proyecto : Tesis
Fundo, Predio, Coordenadas, Área :
Fecha de recepción de muestras : 13-11-2023
Fecha de reporte de resultados : 22-11-2023

Resultados de análisis

Análisis químico		
Parametro	Unidad	Resultado
pH (1:5)	—	6.71
CE (1:5)	ds/m	16.89
C.O - oxidable	%	18.80
Materia orgánica	%	32.41
Relación C/N	—	11.75

Análisis nutrimental		
Nutriente	Unidad	Resultado
N-total	%	1.60
P ₂ O ₅	%	0.96
K ₂ O	%	2.12
CaO	%	1.28
MgO	%	0.15


CYSAG
INP AGRON, ROSO PASACHE CHAPONAN
RESPONSABLE DEL LABORATORIO
REG. CIP. N° 132471