

25. Aderiano Galeano, Esther

Andiely.docx

por Turnitin Ambiental

Fecha de entrega: 10-feb-2026 10:05a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2875863951

Nombre del archivo: 25_Aderiano_Galeano_Esther_Andiely.docx (36.57M)

Total de palabras: 24403

Total de caracteres: 133829

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“Análisis comparativo de dos tipos de vermicompostera hechos
a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina -
Huánuco 2025”**

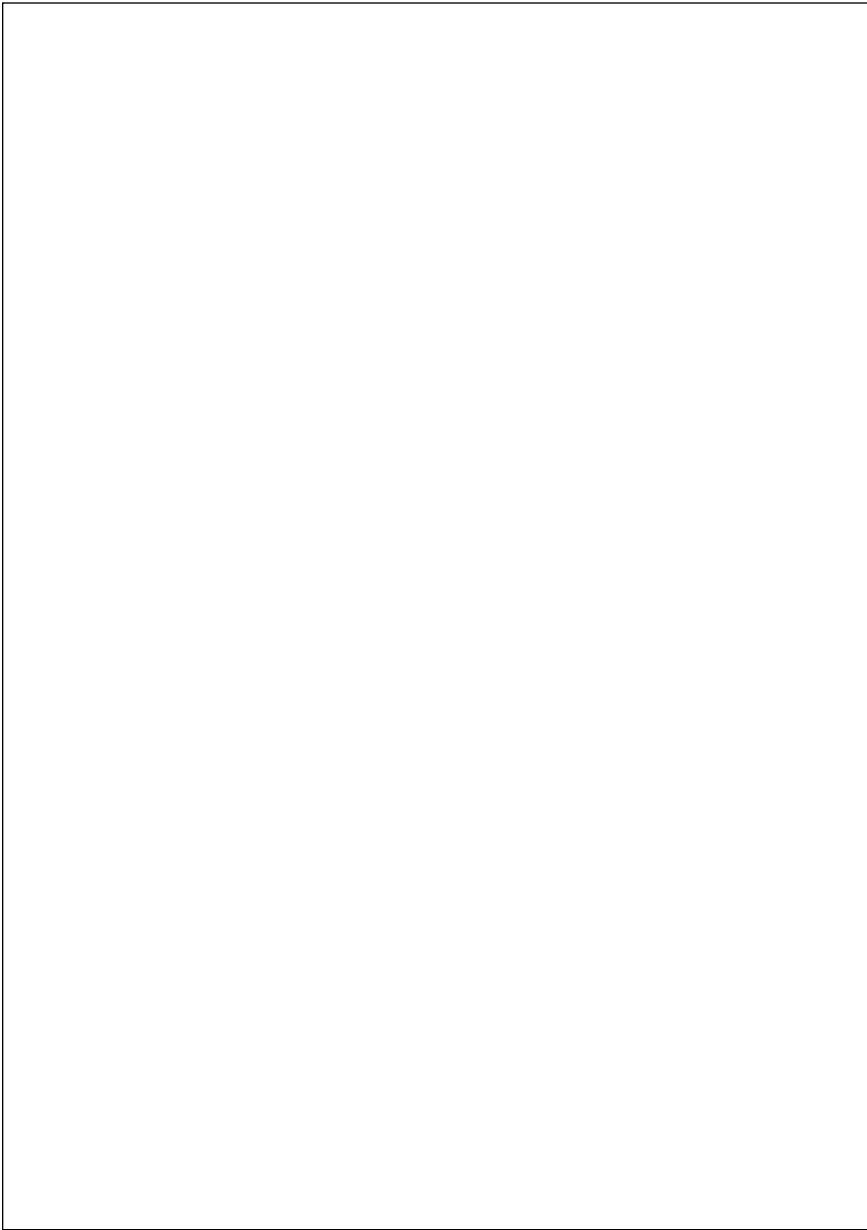
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL

AUTORA: Aderiano Galeano, Esther Andielly

ASESOR: Calixto Vargas, Simeon Edmundo

HUÁNUCO – PERÚ

2025



DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, la luz que ilumina mis pasos y la fuerza que me sostiene en cada desafío. A Él, que me concede sabiduría, paciencia y esperanza para continuar este camino con fe y humildad.

A mis amados padres, Ercilia Galeano y Uldarico Aderiano, por su amor infinito, sus sacrificios silenciosos y su ejemplo de fortaleza. Gracias por enseñarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo, valentía y corazón.

A mis queridos hermanos, compañeros de vida y de ilusiones, por su cariño y por ser parte de cada alegría que corona este logro.

Y a mis abuelos, raíces de mi historia y refugio de ternura, por sus oraciones, sus palabras sabias y su amor eterno que trasciende el tiempo.

AGRADECIMIENTOS

Con gratitud profunda, agradezco a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por acompañarme en este camino académico y brindarme la fe y perseverancia necesarias para alcanzar este logro.

A mi madre, Ercilia Galeano, ejemplo de lucha constante y amor inquebrantable. Su sacrificio, esfuerzo diario y palabras de aliento fueron el motor que me impulsó a seguir adelante aun en los días más difíciles. A mi padre, Uldarico Aderiano, cuyo arduo trabajo y compromiso incondicional me han inspirado a valorar el esfuerzo y la responsabilidad. Su ejemplo de perseverancia y entrega ha sido una guía silenciosa, pero poderosa, que ha marcado mi camino con orgullo y admiración.

A mi hermano Franklin, por su guía, ejemplo y constante apoyo que me inspiran a superarme cada día, a mis hermanos menores, por su alegría y cariño, que llenaron mi camino de motivación y esperanza. A mis abuelitos, por su amor, oraciones y sabios consejos, su ejemplo de vida ha sido mi guía y su bendición, mi fuerza para seguir adelante.

Mi gratitud también para mi vecina Bertha Miraval, por su apoyo emocional, sus consejos sinceros y por estar presente con palabras de aliento en los momentos de mayor necesidad. Su amistad y comprensión fueron un gran sostén durante este proceso.

Extiendo mi reconocimiento al Mg. Calixto Vargas, Simeón Edmundo, mi asesor, por su orientación, paciencia y por compartir su conocimiento con compromiso y vocación. Sus observaciones y guía académica fueron esenciales para la culminación de este trabajo. De igual manera, agradezco sinceramente a mis docentes de diferentes niveles, por su dedicación y ejemplo, que fortalecieron mi formación y despertaron en mí el amor por el conocimiento y los valores.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, me brindaron su apoyo, comprensión y aliento, les expreso mi más sincero agradecimiento. Este logro no es solo un resultado individual, sino el reflejo del esfuerzo, la fe y el amor de quienes siempre creyeron en mí.

RESUMEN

La investigación tuvo como **objetivo** comparar el efecto de ambos sustratos en la producción y calidad del vermicompost elaborado con lombriz roja californiana. En la **Metodología** se aplicó un diseño experimental verdadero con dos grupos de tratamiento: vermicompostera con **bagazo de caña de azúcar** y vermicompostera con **estiércol de gallina**, cada una con cinco repeticiones. Los datos fueron analizados mediante estadística descriptiva, prueba de normalidad de Shapiro–Wilk y ⁶⁴prueba t de Student para **muestras independientes, con un nivel de significancia de $p < 0.05$.** **Resultados**, el estudio evidenció que ambos ¹¹sustratos, **bagazo de caña de azúcar** y estiércol **de** gallina, alcanzaron un vermicompost maduro, ¹³con valores de pH cercanos a la neutralidad, reducción significativa de la **materia orgánica** y equilibrio en la relación C/N, reflejando un proceso de descomposición eficiente. En el análisis comparativo, el bagazo presentó mayores pérdidas de masa, mientras que el estiércol mostró mayor estabilidad química. Las características ambientales (temperatura, humedad y pH) se mantuvieron dentro de rangos óptimos durante los 90 días. En la estadística inferencial, las pruebas t demostraron diferencias significativas entre ambos tratamientos en los parámetros fisicoquímicos, ambientales y en los niveles de producción ($p < 0.05$). **Conclusión**. Se concluye que ambos sustratos permiten obtener un vermicompost de calidad y con características fisicoquímicas adecuadas para su uso agrícola, confirmándose ¹²la existencia de diferencias significativas en su composición y rendimiento.

¹²**Palabras clave:** Vermicompostaje, Bagazo de caña de azúcar, Estiércol de gallina, *Eisenia foetida*, Biofertilizante orgánico.

3 ABSTRACT

The objective of the research was to compare the effect of both substrates on the production and quality of vermicompost made with Californian red worms. The methodology involved a true experimental design with two treatment groups: vermicomposting with sugarcane bagasse and vermicomposting with chicken manure, each with five replicates. The data were analyzed using descriptive statistics, the Shapiro–Wilk normality test, and Student's ⁷²t-test for independent samples, with a significance level of $p < 0.05$.

Results. The study showed that both substrates, sugarcane bagasse and chicken manure, produced mature vermicompost, with pH values close to neutrality, a significant reduction in organic matter, and a balanced C/N ratio, reflecting an efficient decomposition process. In the comparative analysis, bagasse showed greater mass losses, while manure showed greater chemical stability. Environmental characteristics (temperature, humidity, and pH) remained within optimal ranges during the 90 days. In inferential statistics, t-tests showed significant differences between both treatments in physicochemical and environmental parameters and in production levels ($p < 0.05$). **Conclusion.** It is concluded that both substrates allow for the production of high-quality vermicompost with physicochemical characteristics suitable for agricultural use, confirming the existence of significant differences in their composition and performance.

Keywords: Vermicomposting, Sugarcane bagasse, Chicken manure, *Eisenia foetida*, Organic biofertilizer.

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: “Análisis comparativo de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina – Huánuco, 2025”, aborda un tema de gran relevancia ambiental y agroproductiva en el contexto actual: el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante técnicas sostenibles de vermicompostaje. Este proceso biológico, basado en la acción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), permite transformar desechos agroindustriales y pecuarios en biofertilizantes de alto valor agronómico, contribuyendo a la conservación del suelo y la reducción de la contaminación ambiental.

En la actualidad, el incremento de residuos provenientes de la agroindustria azucarera y de la actividad avícola representa un problema ambiental en la región de Huánuco, debido a la inadecuada disposición de desechos como el bagazo de caña de azúcar y el estiércol de gallina. Estos materiales, si no son tratados adecuadamente, generan impactos negativos en el suelo, el agua y el aire. En el presente estudio se evidenció que, antes del proceso de vermicompostaje, estos residuos presentaban características químicas que reflejan su potencial contaminante: el pH inicial del bagazo fue de 5.52 y del estiércol 8.58, mientras que la conductividad eléctrica alcanzó valores de 0.32 dS/m y 2.23 dS/m, respectivamente, indicando una marcada diferencia en salinidad. Asimismo, los niveles iniciales de materia orgánica fueron elevados (bagazo: 25.44 %, estiércol: 33.64 %), lo que confirma su alta carga biodegradable. Ante este contexto, se vuelve imprescindible promover alternativas de manejo ecológico que permitan transformar estos residuos en productos útiles como el vermicompost, reduciendo su impacto ambiental y convirtiéndolos en insumos valiosos para la mejora de suelos agrícolas.

Diversas investigaciones han demostrado que el vermicompostaje mejora significativamente las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, incrementa la disponibilidad de nutrientes y estimula el crecimiento vegetal. Sin embargo, la calidad del compost resultante depende del tipo de sustrato utilizado, su composición orgánica y las condiciones ambientales del proceso. En este sentido, comparar los efectos del bagazo de caña de azúcar

rico en fibra y carbono, frente al estiércol de gallina altamente concentrado en nitrógeno y fósforo, constituye una oportunidad para identificar el material más eficiente en la producción de abonos orgánicos estables y nutritivos.

En condiciones controladas, la investigación se llevó a cabo en el distrito de Pillco Marca, ubicado en la provincia de Huánuco, en el departamento de Huánuco. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos, incluyendo el pH, la humedad, la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, el nitrógeno, el fósforo y los metales traza, así como las variables ambientales (temperatura y humedad) y los niveles finales de producción. Para lograr este objetivo, se creó un experimento con diez vermicompostadores, cinco de los cuales se emplearon para cada tipo de sustrato. En este experimento se utilizó el gusano rojo californiano como agente de bioconversión.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La producción de estiércol de gallina reviste una importancia significativa debido a su valor como fertilizante orgánico en la agricultura. Este subproducto es ampliamente empleado por los productores agrícolas, en especial por los cultivadores de papa, quienes lo utilizan como una alternativa sostenible frente a los fertilizantes químicos. Se estima que una gallina puede generar entre 50 y 60 kilogramos de estiércol por año, lo que equivale aproximadamente a 23 kilogramos en base seca. En el contexto nacional, la avicultura se desarrolla tanto en granjas de producción intensiva como en unidades familiares, lo que contribuye a una elevada disponibilidad de este recurso orgánico.

Además, ⁵³ la caña de azúcar es uno de los cultivos industriales más importantes del país. Se utiliza principalmente para la fabricación de azúcar y alcohol, además de otros subproductos para diversos fines. Este proceso da lugar a la creación de ¹² bagazo de caña de azúcar, un residuo orgánico de gran volumen que puede utilizarse para diversas aplicaciones agroindustriales. Uno de estos usos es como materia prima en la fabricación de compost o vermicompost.

En la ciudad de Huánuco, la generación ¹ de residuos orgánicos provenientes de la crianza de aves de corral y del procesamiento de la caña de azúcar constituye un problema ambiental de creciente preocupación. A nivel doméstico y en pequeñas unidades productivas, muchas familias crían gallinas para su consumo o comercialización; sin embargo, el estiércol generado no es aprovechado adecuadamente y, en la mayoría de los casos, es arrojado a botaderos autorizados o no autorizados, e incluso depositado en áreas cercanas a ríos y zonas agrícolas. Esta práctica origina contaminación del suelo, del agua y del aire, además de contribuir a ²⁹ la emisión de gases de efecto invernadero, como el metano (CH₄), responsables del calentamiento global.

Del mismo modo, la industria azucarera y los pequeños productores de caña generan grandes volúmenes de bagazo, un residuo lignocelulósico que, por falta de manejo adecuado, suele ser acumulado o incinerado al aire libre. La quema del bagazo produce emisiones de partículas y gases contaminantes, ¹⁰ afectando la calidad del aire y la salud de la población cercana, además de representar una pérdida potencial de materia orgánica que podría ser aprovechada en procesos sostenibles.

Estas prácticas reflejan la ausencia de ⁹ una gestión eficiente de los residuos orgánicos en la región, así como el desconocimiento de alternativas ecológicas como el compostaje y el vermicompostaje, que permitirían transformar estos desechos en abonos orgánicos de alto valor agrícola. En consecuencia, se ⁹ evidencia la necesidad de implementar estrategias sostenibles de valorización de residuos agropecuarios, que contribuyan a reducir los impactos ambientales y promuevan una economía circular en el sector agroindustrial.

En este contexto, el vermicompostaje mediante ¹⁰ lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) surge como una ¹⁰ opción eficiente para transformar los desechos orgánicos en abonos naturales de alta calidad, promoviendo la economía circular y la agricultura sostenible.

El vermicompostaje es un método ⁵⁸ biotecnológico de bajo costo que permite la biodegradación y estabilización de los residuos orgánicos en condiciones aeróbicas y mesófilas, según Vargas, Romero y Fernández (2014). El vermicompostaje es un procedimiento ¹ que permite la biodegradación de los residuos orgánicos. Este proceso se lleva a cabo gracias a la actividad de ciertas especies de lombrices, que consumen estos residuos y ayudan a acelerar la descomposición microbiana de los mismos al mismo tiempo. En la actualidad, esta técnica ha despertado un notable interés entre agricultores y autoridades, debido a su capacidad para mejorar la calidad del suelo. Por su parte, el medio informativo RPP (2023, 2 de febrero) reporta que, a nivel nacional, diversas municipalidades de regiones como Junín, Cajamarca, Cusco, Huánuco y Lambayeque han implementado el uso del vermicompost como una estrategia sostenible de manejo de residuos

orgánicos. Asimismo, se destaca que las lombrices empleadas en este proceso pueden generar aproximadamente 300 kg de humus cada cuatro meses, alcanzando una producción anual estimada de 900 kg.

Es así, que en esta investigación se va utilizar las lombrices rojas californiana más conocido con el nombre científico de *Eisenia foetida*, con la finalidad de convertir residuos orgánicos como el estiércol de gallina y bagazo de caña de azúcar que son sub productos de poca importancia para las personas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es el efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

1. ¿Cuál es calidad del vermicompost hecho a bases de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina?
2. ¿Cuáles son las características ambientales de los dos tipos de vermicompostera?
3. ¿Cuáles son los niveles de producción (Peso Inicial - Peso final) de los dos tipos de vermicompostera?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar el efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Evaluar la calidad del vermicompost hecho a bases de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina.
2. Comparar las características ambientales de los dos tipos de vermicompostera.
3. Determinar los niveles de producción (Peso Inicial - Peso final) de los dos tipos de vermicompostera.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El motivo de esta investigación fue que, en la ciudad de Huánuco y sus alrededores, se criaban gallinas con la finalidad de consumo personal o venta, las cuales generaban residuos orgánicos como el estiércol. Este subproducto no era valorado, por lo que era arrojado al río o tratado como basura para que el camión recolector lo llevara al botadero o vertedero autorizado. En este sentido, el botadero generaba metano, un gas altamente contaminante que se liberaba durante la descomposición de los residuos orgánicos. Por otro lado, los bagazos de la caña eran producidos por las industrias y también por la venta de jugo de caña; sin embargo, estos residuos no eran aprovechados y se quemaban, liberando dióxido de carbono y afectando la salud de los pobladores. Ante estas situaciones, se consideró que ambos subproductos generaban altos contenidos de gases de efecto invernadero, contribuyendo así al calentamiento global.

1.4.1. A NIVEL TEÓRICO

De la misma manera, esta investigación se realizó con el propósito de aportar al conocimiento científico sobre la técnica de vermicompostaje, la cual consistió en utilizar lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) para la elaboración de vermicompost o humus de lombriz, cuyos resultados pudieron sistematizarse en una propuesta orientada a mejorar la calidad del abono o humus destinado a las plantas, hortalizas y sembríos.

1.4.2. NIVEL PRÁCTICO

Mediante el uso de la especie *Eisenia foetida*, el estudio logró obtener resultados significativos en términos de aplicación práctica al sugerir la utilización de estiércol de pollo y bagazo de caña de azúcar a través del proceso de vermicompostaje. Esta tecnología era una alternativa biotecnológica sostenible y de bajo costo que tenía un potencial significativo para convertir los residuos orgánicos en fertilizantes naturales de alta calidad. No solo contribuía al desarrollo de los suelos agrícolas, sino que también ayudaba a reducir la contaminación ambiental.

1.4.3. A NIVEL METODOLÓGICO

En el aspecto metodológico, el análisis de ³¹ la calidad del vermicompost elaborado a partir de los residuos de estiércol de gallina y bagazo de caña de azúcar, una vez llevado al laboratorio, permitió demostrar la calidad y confiabilidad del producto obtenido. Por ello, esta investigación pudo ser utilizada como referencia para otros estudios posteriores.

1.4.4. A NIVEL SOCIAL

Finalmente, desde el enfoque social, la investigación buscó fomentar el aprovechamiento responsable de los subproductos generados por las actividades domésticas y agroindustriales, promoviendo la adopción de prácticas sostenibles en la población. De este modo, se procuró no solo mitigar el impacto ambiental, sino también generar conciencia sobre la importancia de transformar los residuos en recursos útiles para el desarrollo agrícola y el bienestar comunitario.

1.5. ² LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Una de las limitaciones en la investigación fue que el estiércol de gallina contenía altas concentraciones de amoníaco, y afecta a las lombrices rojas californiana.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Dado que los costes incurridos en la planificación, ejecución y presentación del proyecto no superaron el presupuesto especificado, el estudio se consideró totalmente viable desde el punto de vista económico. Durante el desarrollo, un experto en estadística ofreció orientación y asistencia profesionales, lo que permitió realizar un análisis riguroso y fiable de los datos obtenidos.

Asimismo, el proyecto fue viable técnica y académicamente, puesto que se dispuso de los recursos humanos, materiales y logísticos necesarios para la correcta ejecución de las etapas experimentales. Además, la propuesta se enmarcó dentro de las líneas de investigación del programa académico de Ingeniería Ambiental, lo que garantizó su pertinencia, relevancia científica y contribución al fortalecimiento de la formación profesional en el ámbito de la sostenibilidad ambiental.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Meléndez (2022) en su tesis: *Evaluación de excretas en el vermicompostaje por (*Eisenia foetida*), Instituto Tecnológico de Conkal – Yucatán – México*. Tiene como objetivo evaluar diferentes excretas animales como sustratos para obtener un abono o biofertilizante de buena calidad mediante su vermicompostaje con la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). La metodología utilizada es aplicativa, ya que cuenta con variables de estudio. El estiércol de oveja obtuvo la mejor calificación como fuente de nitrógeno, así como los mejores resultados en cuanto a contenido de potasio (K+1) y una buena relación C/N. En consecuencia, se recomendó el estiércol de oveja como la mejor fuente de nitrógeno. Del mismo modo, el estiércol de caballo presentó los niveles más altos de fósforo (P+5) y el mayor número de lombrices. Por último, se comprobó que el estiércol de pollo ofrecía los mejores resultados en cuanto a conductividad eléctrica (CE). Los resultados obtenidos con el uso de estiércol de caballo fueron superiores a los obtenidos con el uso de otros tipos de residuos.

Tantacalle (2022) en su tesis: *Caracterización de la producción del vermicompost en diferentes pisos ecológicos y propuesta de lineamientos metodológicos de norma de calidad*. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia. Con el fin de crear directrices metodológicas para los estándares de calidad, el objetivo es describir la producción de vermicompost en diversas zonas ecológicas. Esto permitirá desarrollar criterios cualitativos. Utilizando la norma NMX-FF-109-SCFI-2008 como punto de referencia, el enfoque utilizado consistió en realizar un análisis de muestras tanto durante la fabricación como del producto terminado. Según los resultados, se considera que una temperatura comprendida entre 18 y 25 grados centígrados es una

temperatura media. Tras obtener un pH de 8,95 y una conductividad eléctrica (CE) de 8,6 mmhos/cm en la estación de Patacamaya, un pH de 8,8 y una CE de 6,8 mmhos/cm en la estación de Sapecho, y un pH de 7,06 y una CE de 2,34 mmhos/cm en la estación de Cota, se determinó que la humedad oscilaba entre el 68% y el 71%. En conclusión, se determinó que la calidad del vermicompost recogido en las distintas estaciones era satisfactoria. Esto se determinó teniendo en cuenta los parámetros asociados a este tipo concreto de fertilizante orgánico. Estos parámetros incluyen la ausencia de impurezas, el color y el olor, un alto contenido en nutrientes, una buena relación C/N y una CEC que se encuentra dentro del rango requerido.

García (2020) en su tesis: *Compostaje y vermicompostaje de residuos agrícolas. Su papel en la eliminación de fármacos en el sistema suelo-planta y sobre el desarrollo vegetal*, de la Universidad de Valencia – España. El objetivo de este proyecto es obtener conocimientos adicionales sobre la capacidad de diversas formas de residuos para convertirse en productos estables que puedan utilizarse en la agricultura mediante el uso de procedimientos de tratamiento como el compostaje y el vermicompostaje. La técnica utilizada consistió en triturar los materiales con un molino de cuchillas y combinarlos con estiércol de conejo. Los recursos seleccionados incluyeron residuos de árboles cítricos, residuos de maíz y residuos de higueras. Nuestros residuos vegetales no contienen una gran cantidad de nitrógeno (0,6-1,0), pero el estiércol de conejo aporta una cantidad considerable de nitrógeno (1,5%), como muestran los resultados. El contenido de humedad de RM, RH y RC es comparable, oscilando entre el 72% y el 75,8%. Por otro lado, el nivel de humedad del estiércol de conejo es algo inferior, situándose en el 48,8%. El RM tiene un pH de 5,7, mientras que el RC y el RH tienen un pH mucho más alto. Dada su etiología, el EC tiene un valor de pH de 8,2, muy superior a la media. En conclusión, el vermicompost producido a partir de los residuos del zumo de cítricos fue el de mayor calidad.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Almerco, Galvan y Yañac (2024) en su tesis: ⁴¹ *Humus de lombriz como alternativa en la recuperación de suelos contaminados con metales pesados en la Compañía Minera Argentum-2023*. Universidad Continental, Huancayo – Perú. Tuvieron como objetivo determinar el humus de lombriz como una alternativa para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados. Usando la metodología de un enfoque cuantitativo con una investigación de tipo aplicada – experimental. Obteniendo como resultado ¹⁷ *La concentración de metales pesados después de la utilización ⁴ del humus de lombriz como alternativa de recuperación de suelos contaminados fueron favorables obteniendo los siguientes resultados de reducción (Cu) de 553.7 ⁵⁴ mg/kg a 105.7 mg/kg (As) de 671.7 ⁵⁴ mg/kg a 157 mg/kg (Pb) de 934.6 ⁵⁴ mg/kg a 234.5 mg/kg (Cd) de 5.108 mg/kg a 2.672 mg/kg. Concluyendo que el ⁴ humus de lombriz es una alternativa de recuperación de suelos contaminados, ya que tiene buena capacidad de reducir los metales pesados.*

Chanchan, Cordova y Rojas (2023) en su tesis: ⁴⁹ *El vermicompost, una alternativa en la recuperación de suelos contaminados con metales pesados en la Mina Yauricocha 2023*. Universidad Continental, Huancayo – Perú. Con el fin de ofrecer una opción para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados, el objetivo de este estudio fue caracterizar el vermicompost. Para determinar la relación entre causa y efecto, se utilizó una metodología cuantitativa y aplicada que incluía un nivel explicativo de estudio y un diseño experimental. Según los resultados, el vermicompost es capaz de eliminar elementos ¹³ como el plomo en un 93%, el cobre en un 86,7% y el zinc en un 88%. Por el contrario, la eficacia de las biopilas como método de biorremediación puede alcanzar hasta el 95% de los resultados esperados. ¹³ En conclusión, el vermicompost es una opción para la recuperación de suelos contaminados con metales como el plomo, el cobre y el zinc en la mina de Yauricocha. Además, las biopilas son un método extremadamente eficaz debido a su sencillez de implementación.

Mamani (2022) en su tesis: ³⁷ *Producción de vermicompost, con lombrices rojas californianas (Eisenia foetida) en diversas fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en el altiplano de puno, Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú.* El objetivo es determinar la mejor ⁴ producción de vermicompost utilizando lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) en diversas fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en las tierras altas de Puno. La metodología utilizada es un diseño experimental para la distribución de datos cuantitativos. ⁴ Los resultados muestran que la mayor proliferación se produjo en el sustrato con F3, con 2,37 capullos, 7,03 lombrices juveniles y 2,43 lombrices adultas, mientras que la menor se produjo en el sustrato con F1, con 1,93 capullos, 5,77 lombrices juveniles y 1,83 lombrices adultas. El tiempo de compostaje determinado según la aplicación de EM en el precompostaje fue M1 con 43,67 días, seguido de M2 con 41,17 días y, finalmente, M3 con 39,67 días (basado en la temperatura, el olor y la observación de los cambios estructurales). En conclusión, aunque los rendimientos obtenidos con los diferentes niveles de aplicación de EM y tipos de sustratos son muy buenos, la mayor rentabilidad fue la de M3F3 con un 114,17%, equivalente a un beneficio de 2,14.

²⁹ Contreras, Cuba y Rojas (2021) en su tesis: *Eficiencia del compostaje y vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta. Universidad Nacional del Callao – Lima.* Con el fin de biorremediar suelos contaminados con cadmio y plomo como resultado de responsabilidades medioambientales relacionadas con la minería, el objetivo es determinar cuál de los dos métodos de tratamiento, el compostaje o el vermicompostaje, es más eficaz. Se utilizó un enfoque aplicado que implica la recolección de muestras de suelo con el fin de realizar un tratamiento de vermicompostaje. A partir de los resultados, pudimos determinar qué método era el más eficaz en el proceso de ⁸ biorremediación de suelos contaminados. El tratamiento T1V demostró una biorremediación del plomo con una eficacia del

76,99%,⁸ seguido de los otros tratamientos de vermicompostaje T2V (74,11%) y T3V (56,21%). En el caso del cadmio, el tratamiento T1V tuvo el mayor nivel de eficacia, con una eficacia de eliminación de contaminantes del 75,14%. Los tratamientos T2V y T3V ocuparon el segundo y tercer lugar, respectivamente, con un 73,50% y un 56,58%. Con el fin de reducir el ¹⁵plomo y el cadmio en suelos contaminados con metales pesados, se puede concluir que el tratamiento de biorremediación que se lleva a cabo mediante el vermicompostaje es más eficaz que el tratamiento de compostaje.

³2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Hilario (2024) en su tesis: ³*Evaluación de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) en la producción de vermicompost a partir de estiércol de cuy (cavia porcellus) en el distrito de Pillco Marca, provincia de Huánuco 2023*, Universidad de Huánuco – Perú. El objetivo de ¹²este estudio es evaluar la eficacia de la lombriz roja californiana, también conocida como *Eisenia foetida*, en el proceso de vermicompostaje del estiércol de cuy, también conocida como *Cavia porcellus*, en el distrito de Pillco Marca de la provincia de Huánuco en el año 2023. Esta investigación utiliza una metodología aplicada, que incluye un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo centrado en la generación de vermicompost. Con un valor p inferior a 0,05 (0,023) y un valor p inferior a 0,05 (0,017), los resultados indican ³²que existe una diferencia ¹⁷significativa en las medias de los parámetros físicos relacionados con el pH y la conductividad eléctrica. Con un nivel de significación de $p < 0,05$, se encontró que los valores de los parámetros químicos N, P, Ca, Mg, Na, K, Mn, Zn, Fe y Cu no solo eran significativos, sino también importantes. Se puede concluir que el gusano rojo californiano es una herramienta eficaz para la generación de vermicompost.

²Huanay (2022) en su tesis: *Efecto de la mezcla de abonos orgánicos a partir de vermicompost, abono verde y gallinaza en la recuperación del suelo degradado – Cayhuayna Alta – Huánuco, 2021*, Universidad de Huánuco – Perú. Para ilustrar el impacto que tiene la

combinación de fertilizantes orgánicos derivados del vermicompost, el abono verde y el estiércol de pollo en la recuperación de suelos deteriorados, el objetivo de este experimento es demostrar dicho efecto. Se utiliza una técnica basada en la explicación, junto con un enfoque cuantitativo y experimental, y se aplica un diseño de bloques completamente aleatorios (CRBD). Según los resultados, la combinación consiste en: Debido a la influencia del SVA, los parámetros químicos son los siguientes: el pH, que es de 7,11, es ligeramente alcalino; el P, que es de 40,95 ppm, es alto; el K, que es de 255,5 ppm, es alto; el CIC, que es de 13,52 meq/100 g, es de fertilidad media; el Ca, que es de 10,22 meq/100 g, es normal; y el K intercambiable, que es de 0,645 meq/100 g, es normal. Es alto en P, con 109 ppm; es alto en K, con 718,75 ppm; el CIC, con 13 meq/100 g, tiene una fertilidad media; el Mg, con 2,585 meq/100 g, es alto; y el K intercambiable, con 1,605 meq/100 g, es muy alto. Por lo tanto, la combinación SAG influye en los parámetros químicos. En conclusión, la combinación de fertilizantes orgánicos derivados del vermicompost, el abono verde y el estiércol de pollo tiene un impacto en el proceso de restauración del suelo que se ha deteriorado.

³³ Reynoso (2021) en su tesis: *Elaboración de vermicompost con estiércol de vacuno utilizando la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) y microorganismos eficientes en la granja ecológica linderos, Tomayquichua, Ambo, Huánuco 2020*, Universidad de Huánuco – Perú. Con la ayuda del gusano rojo californiano (*Eisenia foetida*) y microorganismos eficientes, el objetivo era determinar la cantidad de vermicompost y evaluar la producción de vermicompost de primer, segundo y tercer grado a partir de estiércol de vaca. Se llevó a cabo una investigación experimental y los métodos utilizados incluyeron un diseño prospectivo, un análisis transversal y una intervención analítica. Tras la descomposición del vermicompost en los tratamientos, los resultados demostraron un aumento de peso junto con una disminución de volumen, lo que dio lugar ³² a una mejora en la calidad del producto que fue eficaz y notable. Se determina que se acepta la hipótesis

alternativa, con un nivel de significación del 5%, lo que sugiere ²³ que existen diferencias entre las cantidades de vermicompost de primera calidad generadas por lombrices californianas y las producidas a partir de microorganismos eficientes (valor p = 0,00). Esta es la conclusión a la que se llega.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MARCO LEGAL

NTP/LEYES/DECRETOS	TITULO	AÑO	OBJETIVOS	ALCANCE
¹ NTP 201.208:2021	Fertilizantes. Compost a partir de residuos sólidos orgánicos municipales	2021	Elaborar compost a base de residuos orgánicos municipales	Es ¹ solicitud se refiere al compost producido a partir de residuos orgánicos sólidos municipales y destinado al mantenimiento y la replantación de espacios verdes, paisajes, parques y jardines, floristería y otras aplicaciones análogas ²⁴
Decreto legislativo N° 1278	Decreto legislativo que ²² prueba la ley de gestión integral de residuos sólidos	2016	Este documento establece los derechos, deberes, facultades y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, con el objetivo de optimizar ⁵ continuamente la eficiencia en el uso de los recursos y garantizar la gestión y el tratamiento adecuados de los residuos sólidos.	En lo que respecta a los residuos generados, se da prioridad a la recuperación y la valorización material y energética de los mismos. Esto incluye la reutilización, el reciclaje, el compostaje y el coprocesamiento de la basura, entre otras opciones, siempre que se garantice la protección tanto de la salud como del medio ambiente.
Decreto supremo N° 016-2012-ag	Reglamento de manejo de los residuos sólidos del sector agrario ²⁵	2012	Es esencial que la gestión y el tratamiento de los residuos sólidos que se producen en el sector agrícola se regulen de manera que sean higiénicos y ecológicamente ¹ adecuados.	Prohíbe la quema de residuos vegetales de cultivos o cosechas, promoviendo alternativas como el compostaje.
Guía de vermicompostaje	Cómo reciclar nuestros residuos orgánicos	2018	Es una guía práctica con algunas bases teóricas para elaborar vermicompost	Añadir lombrices, humus y materia orgánica a un vermicompostador es el paso fundamental en el proceso de vermicompostaje. Es

NTP/LEYES/ DECRETOS	TITULO	AÑO	OBJETIVOS	ALCANCE
			(también llamado humus de lombriz).	importante seguir los consejos y las instrucciones de cuidado que se proporcionan en los siguientes párrafos.
61 Decreto supremo N° 057 -2004-PCM	Aprueban el reglamento de la ley N° 27314, ley general de residuos sólidos	2004	Tienen responsabilidad garantizar que la gestión y el tratamiento de los residuos sólidos sean aceptables con el fin de salvaguardar y mejorar la calidad del medio ambiente, la salud y el bienestar humanos, y evitar posibles riesgos para la salud.	Este decreto establece regulaciones para la gestión de residuos sólidos y la creación de plantas de compostaje, lo que también incluye la vermicompostación.
Ley N° 27314	Ley general de residuos sólidos	2000	Con el fin de garantizar la gestión y el tratamiento eficaces de los residuos sólidos, tanto desde el punto de vista sanitario como medioambiental, el presente documento establece los derechos, deberes, facultades y responsabilidades de la sociedad en su conjunto.	Establece los principios generales para la gestión de residuos sólidos, incluyendo la vermicompostación, la prevención de riesgos ambientales y la protección de la salud, y es fundamental para la regulación de la gestión de residuos orgánicos, que son materia prima para el vermicompost.

2.2.2. VERMICOMPOST

De acuerdo con Vargas, Romero y Fernández (2014), el uso del vermicompost se remonta de manera implícita a la década de 1930, cuando Augustus Hessing observó que las lombrices contribuían a la descomposición de los residuos orgánicos. A partir de esta observación, inició la cría de lombrices con el propósito de gestionar y eliminar los desechos generados en un monasterio. Posteriormente, en 1947, Hugh Carter comenzó la cría de la especie *Eisenia fétida* debido a su capacidad de reproducción, adaptabilidad y amplia variedad alimenticia. En la actualidad, diversas investigaciones continúan analizando la eficiencia del vermicompost en distintos ámbitos de aplicación.

Vargas, Romero y Fernández (2014), describe que el vermicompost es un proceso biotecnológico de bajo coste que permite biodegradar y estabilizar residuos orgánicos bajo condiciones aerobias y mesófilas mediante la acción de ciertas especies de lombrices de tierra capaces de alimentarse de residuo a la vez que aceleren su degradación microbiana. En este procedimiento se utilizan lombrices para transformar los residuos orgánicos en vermicompost, también conocido como humus de lombriz. El vermicompost es un producto orgánico que se distingue por su aplicabilidad a fines agrícolas. Según Mikolic, Ruffinelli, Dárdano y otros (2018), el vermicompost es un fertilizante orgánico estabilizado, rico en nutrientes y con una baja densidad aparente. Es una sustancia que puede aplicarse al suelo para mejorar sus características químicas, físicas y biológicas. A continuación, se enumeran algunas de las funciones que desempeña el vermicompost en el suelo:

- Mejora la permeabilidad, la estructura y la porosidad del suelo, lo que facilita la retención de agua, la circulación del aire y la penetración de las raíces de las plantas.
- Actúa como fertilizante al aportar nutrientes al suelo, que luego se ponen gradualmente a disposición de las plantas que se cultivan en él.
- Esto no solo ayuda a las plantas a ser más resistentes a las enfermedades, sino que también contribuye al control biológico de plagas y enfermedades.

Los términos vermicultura, lombricultura y otros similares se utilizan para describir prácticas que tratan de maximizar el cultivo de lombrices sin buscar la bioestabilización óptima de los residuos que se utilizan para alimentarlas. Esto contrasta con el vermicompostaje, que se realiza con la intención de maximizar el cultivo de lombrices (Vargas, Romero y Fernández, 2014).

El análisis técnico del texto evidencia que el vermicompostaje constituye una alternativa ambientalmente sostenible para la valorización de residuos orgánicos, especialmente aquellos de origen

agroindustrial como el ² bagazo de caña de azúcar y el estiércol de gallina. Si bien la reseña histórica y conceptual del vermicompostaje es adecuada, se destaca la necesidad de vincular estos antecedentes con su aplicación práctica como tecnología de gestión de residuos en el marco de la ingeniería ambiental.

Desde una perspectiva técnica, se resalta que la eficiencia del vermicompostaje depende del equilibrio fisicoquímico del sustrato, particularmente de la relación carbono/nitrógeno, la humedad, el pH y la actividad microbiana. En este contexto, la combinación del bagazo de caña material lignocelulósico de alta relación C/N con estiércol de gallina rico en nitrógeno permite optimizar el proceso, siempre que se controlen los riesgos ambientales asociados, como la generación de amoníaco o lixiviados.

Asimismo, se enfatiza que el vermicompost no solo actúa como fertilizante orgánico estabilizado, sino que mejora ⁴⁷ de manera integral las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aportando sustancias húmicas y microorganismos benéficos. Finalmente, se concluye que el vermicompostaje debe entenderse como una estrategia de gestión ambiental orientada a la economía circular, que contribuye a la reducción de impactos ambientales y al aprovechamiento eficiente de residuos orgánicos en sistemas agrícolas.

³ 2.2.3. LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*EISENIA FOETIDA*)

Vargas, Romero y Fernández (2014), señala que los gusanos que participan en el proceso de vermicompostaje son capaces de consumir cantidades de basura comparables al cincuenta o al cien por cien de su propio peso diario, dependiendo de las especies que se empleen y del tipo de residuos que se utilicen. Posteriormente, De la Ossa y Botero (2003, 2005) afirman que existen más de 6000 especies diferentes de lombrices rojas y grises. El gusano rojo californiano, también conocido como *Eisenia foetida*, es el más adecuado de estos gusanos debido a su dieta diversa, que incluye una amplia variedad de productos de desecho.

Estos productos de desecho incluyen estiércol de otros animales, hojas, bagazo, cáscaras de frutas y más.

La lombriz tiene un cuerpo cilíndrico, delgado y segmentado, presenta un color uniforme como rojo pálido que puede variar del rosado mate al castaño, como se puede observar en la Figura 1. Está compuesto por agua, que representa entre el 80 y el 90% de su peso total. Su longitud puede variar entre 5 y 30 centímetros, y su diámetro puede oscilar entre 5 y 25 milímetros; por lo tanto, el número de segmentos puede variar entre 80 y 175 anillos. Debido a su incapacidad para soportar la luz, el gusano es fotofónico. Esta es la razón por la que prospera en hábitats húmedos. Además, es eurífilo, lo que significa que consume restos orgánicos indiferenciados de plantas y animales que se encuentran en proceso de degradación (Vásquez y Ballesteros, 2008).

Vargas, Romero y Fernández (2014) señalan que las lombrices empleadas en el vermicompostaje poseen una elevada capacidad de consumo de residuos orgánicos, pudiendo ingerir diariamente entre el 50% y el 100% de su propio peso, en función de la especie y del tipo de sustrato utilizado. En este contexto, De la Ossa y Botero (2003, 2005) destacan la amplia diversidad de lombrices existentes, superando las seis mil especies; sin embargo, el gusano rojo californiano (*Eisenia foetida*) es considerado el más adecuado para el vermicompostaje debido a su alta adaptabilidad, rápido crecimiento y dieta amplia, que incluye estiércol animal, bagazo de caña de azúcar, restos vegetales y residuos orgánicos diversos.

Desde el punto de vista morfológico y fisiológico, la lombriz presenta un cuerpo cilíndrico, segmentado y de coloración variable entre rosado y castaño, con un contenido hídrico elevado que representa entre el 80% y el 90% de su peso corporal. Su longitud y número de segmentos varían considerablemente, lo que refleja su capacidad de adaptación a distintos ambientes. Además, se caracteriza por ser fotofóbica y eurífaga, condiciones que favorecen su desarrollo

en ambientes húmedos ricos en materia orgánica en descomposición. Estas características la convierten en un organismo clave para la transformación eficiente de residuos agroindustriales en vermicompost de alto valor agronómico.

Figura 1

Eisenia foetida domesticada en sustrato orgánico



Nota. Se les reconoce por la característica peculiar (Intersegmentos amarillos), adaptado de Manual de Compostaje (p.13) por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018), Fotografiado por Atme, M.

Según la información que se muestra en la tabla siguiente, el gusano rojo de California, también conocido como *Eisenia foetida*, se clasifica como un invertebrado anélido terrestre perteneciente al grupo social Oligochaeta:

43
Tabla 1

Taxonomía de la Lombriz roja californiana

TAXONOMIA	
Phylum	<i>Annelida</i>
Clase	<i>Oligochaeta</i>
Subclases	<i>Cilicelata</i>
Orden	<i>Haplotaxida</i>
Suborden	<i>Lumbricina</i>
Superfamilia	<i>Lumbricoidea</i>
Familia	<i>Lumbricidae</i>
Género y especie	<i>Eisenia foetida</i>

Nota. Clasificación taxonómica de la Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), según Vázquez y Ballesteros (2008)

Tantacalle (2022), hace hincapié que ⁵⁰ para la supervivencia de la lombriz roja Californiana (*Eisenia foetida*), se tiene que tener en cuenta las siguientes condiciones:

- El rango ideal para el desarrollo de los gusanos es entre un 75% y un 80% de humedad. Los niveles de humedad inferiores al 70% son adversos para la cría, mientras que los niveles de humedad inferiores al 55% son fatales.
- El rango de temperatura óptimo se sitúa entre los 15 y los 24 grados centígrados, lo más cercano posible a la temperatura corporal del gusano, que es de 19 grados centígrados. Los gusanos son capaces de tolerar temperaturas superiores a los 30 grados centígrados, pero esto conlleva una reducción de la producción y una disminución de la cantidad de humus que producen.
- Se recomienda que el pH esté entre 6,5 y 7,5, siendo los valores ideales entre 6,8 y 7,2.
- Como resultado del hecho de que los gusanos necesitan aire para llevar a cabo sus actividades vitales, es esencial rastrillar los lechos al menos una vez cada siete días.

Se debe considerar el lugar que tiene que ser ventilado y sombreado, la iluminación es una condición fundamental ya que son sensibles a los rayos ultravioletas.

El planteamiento de Tantacalle (2022) resulta técnicamente consistente y pertinente, ya que delimita con precisión las condiciones ambientales críticas que regulan la supervivencia y el rendimiento biológico de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en sistemas de vermicompostaje. Desde una perspectiva de ingeniería ambiental, estos parámetros constituyen variables de control fundamentales para garantizar la eficiencia del proceso y la estabilidad del sistema.

El énfasis en la humedad del sustrato es especialmente relevante, dado que el elevado contenido hídrico corporal de la lombriz hace que variaciones mínimas fuera del rango óptimo generen estrés fisiológico, disminución de la actividad metabólica e incluso mortalidad. En sustratos como el bagazo de caña de azúcar, que tienden a la desecación, este control cobra mayor importancia, requiriendo una gestión cuidadosa de la humedad para mantener condiciones favorables.

Asimismo, el rango térmico señalado se alinea con el carácter mesófilo del vermicompostaje. Si bien *Eisenia foetida* presenta cierta tolerancia a temperaturas elevadas, el texto acierta al señalar que estas condiciones reducen la eficiencia productiva y la generación de humus, afectando directamente la calidad y cantidad del vermicompost obtenido. Esto adquiere relevancia en climas tropicales o cálidos, donde el sombreado y la ventilación del sistema no son solo recomendaciones, sino requisitos operativos.

En relación con el pH, los valores indicados reflejan un entorno químico adecuado para la actividad microbiana asociada al proceso, lo que confirma que la lombriz actúa en estrecha sinergia con los microorganismos del sustrato. Finalmente, la necesidad de aireación periódica y la selección de espacios ventilados y sombreados evidencian la importancia del manejo físico del sistema, evitando condiciones anaerobias y la exposición a radiación ultravioleta, factores que comprometerían la viabilidad de las lombrices.

En conjunto, el texto de Tantacalle (2022) aporta criterios técnicos esenciales para el diseño y operación de vermicomposteras eficientes, reafirmando que el éxito del proceso depende del control integrado de variables ambientales más que de la sola presencia del organismo transformador.

2.2.4. MATERIALES A VERMICOMPOSTAR

Según Somarriba y Guzmán (2004), los sustratos destinados a la alimentación de los gusanos deben someterse a una fermentación previa. Esto se debe a que la fermentación parcial afectaría al esófago de los gusanos, lo que provocaría la inflamación de las cavidades celómicas y, en última instancia, la muerte del gusano. El carbono (C) y el nitrógeno (N) son los dos nutrientes principales que necesitan los gusanos rojos de California para proliferar y eliminar con éxito el material de su entorno. Diversos tipos de sustratos adecuados para el vermicompostaje, según Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018).

- Verdes o Húmedos: Restos de frutas, verduras, cáscaras, restos de yerba, café e infusiones, bagazo o residuos de procesos de fermentación de bebidas en general o pulpa de fruta. Pasto cortado, restos de podas, restos de plantas verdes, ramas. Hongos y setas, algas, líquenes y musgos. Pelos, uñas y plumas. Miel, melaza, cera y propóleos.
- Las ramas, la hierba seca, los restos triturados de poda y jardinería, las flores, las hojas muertas y la paja son ejemplos de materiales orgánicos que son marrones o secos. Cartón corrugado, papel y cartón que no esté impreso a mano (en trozos). Por ejemplo, serrín, corteza y virutas de madera que no hayan sido tratadas con productos químicos, así como virutas de lápiz. Los cacahuets, las nueces, las almendras y las avellanas, así como las semillas y los huesos de frutas, son ejemplos de cáscaras de frutos secos.

El planteamiento expuesto por Somarriba y Guzmán (2004) subraya un aspecto crítico del vermicompostaje que, desde el enfoque de la ingeniería ambiental, resulta determinante para la viabilidad del sistema: la necesidad de una fermentación o pretratamiento del sustrato antes de su incorporación al lecho de lombrices. Esta etapa previa permite reducir la carga de compuestos potencialmente tóxicos, la actividad térmica inicial y la liberación de gases, evitando daños fisiológicos en *Eisenia foetida*, como la inflamación de las cavidades celómicas y la consecuente mortalidad del organismo.

Asimismo, la referencia al carbono y al nitrógeno como nutrientes esenciales resalta la importancia de la relación C/N como variable de diseño del proceso. En sustratos como el bagazo de caña de azúcar, caracterizado por un alto contenido de carbono estructural, la incorporación controlada de materiales ricos en nitrógeno resulta indispensable para equilibrar el sistema, favorecer la actividad microbiana y optimizar la asimilación del material por las lombrices.

La clasificación de los sustratos propuesta por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano y colaboradores (2018) aporta un marco técnico útil para la formulación de mezclas adecuadas. Los materiales verdes o húmedos aportan nitrógeno, humedad y microorganismos activos, mientras que los materiales marrones o secos contribuyen con carbono, estructura y aireación del lecho. Desde una perspectiva operativa, la combinación equilibrada de ambos tipos de sustratos permite controlar la humedad, evitar compactaciones y prevenir procesos anaerobios, aspectos clave para la estabilidad del vermicompostaje.

En conjunto, el texto analizado evidencia que la correcta selección, pretratamiento y combinación de sustratos no solo protege la integridad biológica de las lombrices, sino que constituye un factor determinante para la eficiencia del proceso, la calidad del vermicompost obtenido y la sostenibilidad ambiental del sistema.

Tabla 2

Relación carbono/nitrógeno de material para ser usados en vermicompost

CARACTERÍSTICAS	MATERIAL	C: N (RANGO)	
		MENOR	MAYOR
VERDES RICOS EN NITRÓGENO	Humus	10	
	Pelo / piel	10	
	Alfalfa	11	25
	Granos de café	14	25
	Residuos de fruta	25	49
RELACIÓN EQUILIBRADA	Restos de jardín	30	35
	Cáscaras de nuez	35	27
	Hojas	35	40
MARRONES RICOS EN CARBONO	Periódico	50	200
	Mazorcas de maíz	56	123
	Tallos de maíz	60	73
	Sigazos	60	
	Aserrín (degradado) tres años	142	
	Astillas de madera (madera blanda)	226	
	Ramitas (pequeñas)	500	

Nota. La lombriz roja californiana, necesitan dos nutrientes: el carbono (C) y el nitrógeno (N) para descomponer y reproducirse, adaptado de Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018).

2.2.5. BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

La caña de azúcar, también conocida como *Saccharum officinarum*, se cultiva en la selva tropical, las regiones costeras y los valles situados entre los Andes en Perú. Se estima que cada año se producen aproximadamente 12 millones de toneladas de caña de azúcar en todo el país. Los subproductos que se utilizan con mayor frecuencia son la producción de azúcar, que oscila entre 1 y 1,2 millones de toneladas, y la producción de alcohol (incluido el etanol), que asciende a entre 180 000 y 189 000 metros cúbicos al año. El cien por cien del etanol que se utiliza en la fabricación de biocombustibles se envía a Europa, lo que se incluye en esta estadística (León, 2024).

El Bagazo de caña es considerado como residuos agroindustriales a consecuencia de la fabricación de subproductos como azúcar, alcohol, etc. Después de ser utilizado son desechados, ya que no poseen un valor agroindustrial, siendo así, que representa un peligro para el medio ambiente debido a su tiempo de degradación. El bagazo de caña de azúcar, contiene composiciones físicas como el agua, fibra y sólidos solubles; en la composición química contiene como carbono, cenizas, hidrogeno y oxígeno. Así mismo, el bagazo está constituido por celulosa, hemicelulosa, lignina y sacarosas la cual es una energía vital como alimento de la lombriz (Mercado y Ttupa, 2022).

El texto analizado presenta una adecuada contextualización de la importancia económica y productiva de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el Perú; no obstante, desde una perspectiva de ingeniería ambiental, adquiere mayor relevancia al evidenciar la magnitud de los residuos agroindustriales generados, particularmente el bagazo de caña. La elevada producción anual de caña y sus derivados implica la generación sostenida de grandes volúmenes de este subproducto, cuya gestión inadecuada puede constituir una fuente significativa de impacto ambiental.

El bagazo de caña, al ser frecuentemente considerado un residuo sin valor agroindustrial inmediato, tiende a ser desechado o acumulado, lo que favorece procesos de degradación lenta y la emisión de contaminantes asociados. En este sentido, el texto acierta al señalar su potencial riesgo ambiental, especialmente ¹¹ por su alto contenido de materia orgánica y su resistencia a la descomposición natural debido a la presencia de lignina y estructuras fibrosas complejas.

¹² Desde el punto de vista técnico, la descripción de su composición física y química resulta pertinente, ya que explica su comportamiento en procesos biológicos de transformación. La elevada proporción de celulosa, hemicelulosa y lignina confiere al bagazo una alta relación carbono/nitrógeno, condición que limita su biodegradación directa, pero que lo convierte en un sustrato estratégico cuando se integra en sistemas de vermicompostaje con materiales nitrogenados. Asimismo, la presencia de sacarosas y sólidos solubles constituye una fuente energética aprovechable para el microbiota y, de manera indirecta, para la lombriz.

En conjunto, el texto pone de manifiesto ¹⁵ que el bagazo de caña de azúcar no debe ser abordado únicamente como un residuo problemático, sino como un recurso con alto potencial de valorización ambiental. Su incorporación controlada en procesos de vermicompostaje representa una alternativa técnicamente viable y ambientalmente sostenible para reducir impactos negativos y promover el aprovechamiento eficiente de residuos agroindustriales.

En el siguiente Tabla 3, se visualiza la clasificación taxonómica de la caña de azúcar, la cual es muy utilizada en la ciudad de Huánuco.

Tabla 3

Taxonomía de la ⁵⁷Caña de Azúcar

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clases	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Género y especie	<i>Saccharum officinarum</i>

Nota. Clasificación taxonómica de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (León, 2024).

2.2.6. ESTIERCOL DE GALLINA O GALLINAZA

Bioky (2024), menciona que se obtiene a partir del estiércol de las gallinas la cual provienen de gallinas incubadoras ya que suele ser de mayor calidad, esto incluye los ⁶restos de heces, plumas y residuo de alimento no digerido, se utilizan como abono orgánico ya que es rica en proteínas, minerales ⁶como calcio, magnesio y hierro, que enriquecen la calidad del suelo. El **estiércol de gallina** incubadora (gallinaza), ya se crían para la producción de huevos. La composición de este estiércol es rica en nitrógeno, fósforo y potasio, con un contenido de humedad variable. También menciona que la composición varía de acuerdo a los ⁶factores como la alimentación de las gallinas, el sistema de crianza y las condiciones de almacenamiento, sin embargo, la composición del estiércol fresca es:

- **Macronutrientes.** Nitrógeno (de 1,5% a 2,5%), Fósforo (1% a 2%) y Potasio (0,8% a 1,5%).
- **Micronutrientes.** Calcio, Magnesio y Azufre.
- **Materia orgánica** (de 20% a 50%)
- En cuanto al **pH** de este abono se suele situar entre 6.5 y 8.

Según Mamani (2022), los gusanos consumen casi cualquier materia orgánica en descomposición y tienen una fuerte preferencia por los azúcares. Además de consumir residuos orgánicos ricos en sacarosa, sales y celulosa, también ingieren papel y cartón, siempre que estén suficientemente húmedos. También aceptan el estiércol de

diversos animales; sin embargo, hay tres tipos distintos de estiércol que son adecuados para esta función:

- Estiércol fresco: este tipo de estiércol es generado por animales como el ganado vacuno, ovino, aves de corral u otros animales de forma fresca. Debido a que tiene un pH bastante alcalino, tiene un olor desagradable para los gusanos y debe evitarse.
- Estiércol maduro: este tipo de estiércol tiene entre diez y dieciocho días desde su generación por el animal, y su pH se mantiene estable entre siete y ocho. La dieta de los gusanos puede aprovecharlo.
- Este estiércol tiene más de veinte días y se desmenuza fácilmente al aplastarlo con la mano. Se considera estiércol viejo. Apenas tiene olor. Dado que el pH de este sustrato es muy ácido, no se puede utilizar para la cría de lombrices, ya que estas pueden entrar en un periodo de letargo. Por lo tanto, este sustrato no se puede emplear.

El texto analizado aporta información relevante sobre el estiércol de gallina incubadora como insumo orgánico de alto valor agronómico y biotecnológico; no obstante, su mayor aporte se evidencia al analizarlo desde la perspectiva del vermicompostaje y la gestión ambiental de residuos pecuarios. La caracterización realizada por Bioky (2024) permite reconocer a la gallinaza como un sustrato con elevada concentración de macronutrientes especialmente nitrógeno, fósforo y potasio así como micronutrientes esenciales, lo que explica su potencial para enriquecer la fertilidad del suelo y estimular la actividad biológica.

Desde un enfoque técnico, la variabilidad en la composición del estiércol, influenciada por factores como la dieta de las aves, el sistema de crianza y las condiciones de almacenamiento, constituye un aspecto crítico que debe ser considerado en el diseño de sistemas de vermicompostaje. El pH ligeramente neutro a alcalino y el alto contenido de nitrógeno, si bien resultan favorables para la fertilidad del suelo, pueden generar efectos adversos sobre las lombrices si el estiércol es

utilizado en estado fresco, debido a la liberación de amoníaco y al desequilibrio químico del sustrato.

En concordancia con lo señalado por Mamani (2022), la clasificación del estiércol según su grado de maduración resulta fundamental para su uso seguro en la alimentación de las lombrices. El estiércol maduro se presenta como la alternativa más adecuada, al ofrecer un pH estable, menor carga de compuestos volátiles y condiciones compatibles con la actividad metabólica de *Eisenia foetida*. En contraste, el estiércol fresco y el excesivamente envejecido representan riesgos biológicos, ya sea por alcalinidad extrema o por acidificación, que pueden inducir estrés o letargo en los organismos.

En síntesis, el texto evidencia que el estiércol de gallina incubadora, cuando es correctamente manejado y estabilizado, constituye un insumo estratégico para el vermicompostaje. Su combinación controlada con residuos ricos en carbono, como el bagazo de caña de azúcar, permite equilibrar la relación C/N del sustrato, optimizar el proceso biológico y reducir impactos ambientales asociados a la disposición inadecuada de residuos pecuarios.

2.2.7. VERMICONPOSTERA

Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018) plantea que el diseño del vermicompostera depende de los siguientes aspectos:

- Es importante tener en cuenta los siguientes factores: el espacio físico, la finalidad o el uso de las instalaciones, los recursos materiales y económicos disponibles, la disponibilidad de zonas abiertas y ventiladas, el tipo de residuos orgánicos que se van a compostar y el volumen de materia orgánica.
- Las condiciones de limpieza que deben mantenerse para evitar la presencia de plagas (como cucarachas, moscas y ratas) y animales domésticos.

Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018), menciona algunos ejemplos de vermicompostera fáciles de fabricar, ya que se utilizan materiales reciclados, otros para obtener en el mercado, las cuales son:

- a. Cubos o latas de pintura con agujeros en el fondo: si no quieres hacerlo directamente en el suelo, hay métodos muy sencillos para crear un recipiente para hacer vermicompost utilizando cubos o latas de pintura de veinte litros de capacidad. El fondo debe estar perforado para que no se acumule líquido, y deben colocarse en el suelo **o sobre otro recipiente que recoja el líquido**. Este recipiente **debe** vaciarse **periódicamente**. Si no están protegidos de la lluvia, pueden cubrirse con una mosquitera y una tapa para evitar infecciones por mosquitos.

Figura 2

Vermicompostera de las latas de pintura perforadas en el fondo



Nota. Manual de Compostaje (p.16) por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018).

- b. Dos de los cajones de plástico o cubos de pintura están perforados y se apilan uno encima del otro de la siguiente manera: Es posible fabricar estos modelos en casa o comprarlos ya hechos. Están compuestos por tres recipientes: los dos superiores incluyen orificios para filtrar el líquido y permitir el paso de los gusanos, mientras que el recipiente inferior se encarga de **recoger el líquido (humus líquido)** y **drenar el exceso de humedad**. Para construir un vermicompostador con tres contenedores, es necesario **apilar tres recipientes que puedan exponerse a la humedad** (los recipientes de plástico son los más adecuados) y perforar los dos superiores.

Cubra la zona con tul o mosquiteras para mantener alejados a los insectos y moscas no deseados.

Figura 3

Vermicompostera de las latas de pintura perforadas en el fondo



Nota. Manual de Compostaje (p.13) por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018),
Fotografiado por Artigas Pessio.

- c. Con tres cajones de madera que son móviles y apilables al mismo tiempo gracias a un marco que se puede quitar: El procedimiento es similar al utilizado en el caso anterior. Los gusanos pueden moverse y el material más fino puede caer a través de la rejilla situada en los cajones superiores. Además, la rejilla permite el drenaje de cualquier exceso de líquido. Al llenar los cajones con materia orgánica, la secuencia para hacerlo es comenzar por el cajón inferior y, una vez lleno, continuar con los cajones superiores.

Figura 4

Vermicompostera cajones de madera desplazables



Nota. Manual de Compostaje (p.20) por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018),

- d. Un contenedor de compost construido con malla de acero que se coloca en el suelo es de alambre tejido: con el fin de construir una estructura de soporte, se pueden utilizar tablas y se puede utilizar malla de acero para rematar las paredes y el techo. La malla de acero también se puede utilizar para crear una pared cilíndrica que sirva de contenedor para el material. Esta pared se puede fijar con dos o cuatro varillas verticales para sostener el cilindro. Este es otro método más. Esto se puede lograr añadiendo una tela de sombreado o una mosquitera, dependiendo de los materiales disponibles, con el fin de retener el material fino en los bordes y garantizar que se mantenga la oscuridad que necesitan los gusanos.

Figura 5

Vermicompostera de tejido de alambre para hojas de jardín



Nota. Manual de Compostaje (p.21) por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018), Fotografiado por Silvia Ruffinelli.

- e. Construcciones de pilotes o camas que se construyen en el suelo, con o sin drenaje: Es posible delimitar la cama utilizando cualquier material disponible, como cemento, tablones, ladrillos, arcilla, chapas metálicas, bloques, botellas, etc. Alternativamente, la cama puede ser delimitada simplemente despejando el espacio donde se erigirá el montón. Se puede aplicar material aislante al suelo, y se pueden usar pendientes para recolectar el lixiviado del suelo.

Figura 6

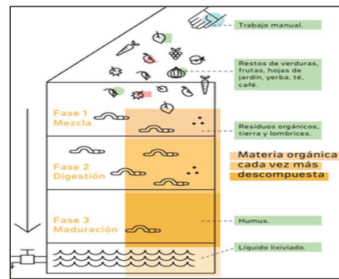
Vermicompostera de tejido de alambre para hojas de jardín



Nota. Manual de Compostaje (p.21) por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018).

- f. El vermicompostador que tiene paredes móviles, una bandeja y un grifo inferior es el siguiente: Existe la posibilidad de construir un compostador compuesto por tres cajas apiladas y una bandeja inferior. La bandeja sirve para recoger el líquido que se escurre por la parte superior, y la caja inferior puede construirse con una puerta con bisagras para facilitar la extracción del material que ya ha sido procesado en vermicompost. Se utilizarán tabiques perforados o rejillas para dividir las cajas, y estas rejillas o tabiques pueden desplazarse horizontalmente para facilitar la extracción del material más antiguo y degradado (a medida que se llenan las cajas superiores). Ponemos los restos vegetales, la fruta, las hojas del jardín, la hierba, el té y el café usados en el recipiente que se encuentra en la parte superior del contenedor. Es posible construir conductos para la entrada de aire y la salida de gases, que pueden dirigirse al exterior de forma conveniente, si así se desea. Este modelo puede construirse en casa utilizando diversos materiales, como cubos de plástico, PVC y cajones de madera, entre otros.

Figura 7
Vermicompostera de tejido de alambre para hojas de jardín



Nota. Manual de Compostaje (p.21) por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018).

El planteamiento desarrollado por Mikolic, Ruffinelli, Dárdano y colaboradores (2018) presenta un enfoque integral y técnicamente coherente sobre el diseño de vermicomposteras, destacando que su configuración no responde a un modelo único, sino que debe adaptarse a variables ambientales, operativas y socioeconómicas específicas. Desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, esta flexibilidad constituye una fortaleza, ya que permite adecuar el sistema a distintos contextos productivos, escalas de manejo y tipos de residuos orgánicos.

El énfasis en factores como el espacio físico disponible, el volumen de materia orgánica, el tipo de residuos a tratar y los recursos materiales y económicos resulta fundamental para garantizar la funcionalidad del sistema. Asimismo, la consideración de condiciones de limpieza y control de plagas evidencia una visión preventiva orientada a minimizar riesgos sanitarios y ambientales, aspecto clave cuando se trabaja con residuos orgánicos de origen agroindustrial o doméstico.

Los modelos de vermicomposteras descritos reflejan distintos niveles de complejidad tecnológica, desde sistemas simples elaborados con materiales reciclados hasta estructuras más elaboradas con mecanismos de drenaje, ventilación y extracción controlada del vermicompost. Esta diversidad permite seleccionar el diseño más

adecuado según el objetivo del sistema, ya sea educativo, doméstico, comunitario o productivo. ¹⁷ Desde el punto de vista técnico, se destaca la constante incorporación de principios básicos del vermicompostaje, como el drenaje del lixiviado, la aireación adecuada, la protección frente a la radiación solar y el mantenimiento de condiciones de oscuridad, todos ellos determinantes para la supervivencia y actividad de las lombrices.

En particular, los sistemas apilables y de camas en el suelo muestran ventajas operativas para el manejo de grandes volúmenes de residuos, como el bagazo de caña de azúcar y el estiércol de gallina, al facilitar la migración natural de las lombrices hacia zonas con mayor disponibilidad de alimento y permitir una cosecha más eficiente del material estabilizado. Asimismo, los diseños con paredes móviles o rejillas desplazables evidencian un enfoque orientado a la optimización del proceso y a la reducción del esfuerzo manual en la extracción del vermicompost.

En conjunto, el texto de Mikolic et al. (2018) constituye una referencia técnica relevante para el diseño y la implementación de vermicomposteras, al integrar criterios ambientales, operativos y constructivos. Su aporte refuerza la idea de que un diseño adecuado ²¹ no solo mejora la eficiencia del proceso, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental y al aprovechamiento racional de residuos orgánicos en distintos contextos productivos.

2.2.8. FASES DE PRODUCCION DEL COMPOST

Román, Martínez y Pantoja (2013) nos menciona que las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, las cuales son:

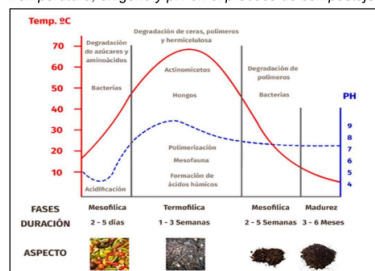
- a. Fase Mesofílica: La fase mesofílica comienza a una temperatura cercana a la temperatura ambiente (entre 20 y 40 grados Celsius) y dura entre dos y ocho días. Las bacterias mesofílicas comienzan a proliferar durante esta fase, aprovechando los suministros simples de carbono y nitrógeno mientras simultáneamente

- aumentan la temperatura de la mezcla a entre 50 y 70 grados Celsius.
- b. Fases Termofílicas, también conocidas como Fases de Saneamiento: Cuando la temperatura de las bacterias mesofílicas supera los 45 grados Celsius, los microorganismos termofílicos toman su lugar. Estas bacterias son capaces de **descomponer fuentes de carbono complejas como la celulosa y la lignina, así como ceras y proteínas complejas, lo que** lleva a la rápida descomposición del material que se absorbe en el montón. En su mayoría, son bacterias. Además, es esencial airear la mezcla de manera constante para proporcionar oxígeno a los microbios y permitirles continuar con su proceso de descomposición. La fiebre sigue elevada, y puede persistir desde unos pocos días hasta muchos meses. Como resultado de que esta fase también se conoce como la etapa de sanitización, es la fase en la que se inicia el proceso de pasteurización. Esta fase elimina gérmenes peligrosos como Salmonella, Escherichia coli y esporas de hongos. Por otro lado, como resultado de la transformación **del nitrógeno en amoníaco, el pH de la combinación aumenta y se vuelve** alcalino, alcanzando eventualmente valores de 8.
- c. Como prácticamente toda la materia orgánica se ha convertido, la temperatura comienza a bajar, lo que marca el inicio de la fase de enfriamiento, también conocida como la fase mesofílica II. El siguiente paso es decidir si se debe voltear la mezcla para homogeneizarla y luego elevar nuevamente la temperatura, o si se debe permitir que la temperatura baje entre 40 y 45 grados Celsius. Las bacterias mesófilas están comenzando a reaparecer en este punto, **y continúan descomponiendo** polímeros como la celulosa y la lignina. Cuando se reanuda la actividad, **el pH de la mezcla** baja, pero esta vez solo ligeramente. Pueden aparecer hongos visibles a simple vista como resultado de esto. Por fin, el nivel de pH mantiene su equilibrio y la necesidad de oxígeno disminuye.
- d. Fases de Maduración: Este último paso es la fase que dura más que las demás, abarcando varios meses. Es similar a una

fermentación gradual en la que se descompone el porcentaje de materia orgánica que es menos biodegradable. Durante el proceso de refrigeración de la mezcla hasta que alcance la temperatura ambiente, ocurren nuevos eventos de condensación química y polimerización de los componentes que contienen carbono. Estos procesos dan como resultado la producción de ácidos y la consolidación de nuevas moléculas. Esta etapa se caracteriza por un pH que se mantiene estable en un nivel neutro (pH=7), lo que facilita la aparición de nuevas colonias de microorganismos, así como de ácaros e insectos que serán responsables de la transformación del compost.

Figura 8

Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje



Nota. Manual de compostaje del agricultor (P.27) por Román, Martínez y Pantoja (2013), adaptado de Roman, FAO.

El planteamiento de Román, Martínez y Pantoja (2013) ofrece una descripción técnica y secuencial de las fases del compostaje, sustentada en la evolución de la temperatura como variable de control del proceso biológico. Desde la perspectiva de la ingeniería ambiental, esta clasificación resulta fundamental para comprender la dinámica microbiológica de la estabilización de la materia orgánica y su relación directa con la calidad del compost obtenido.

La fase mesofílica inicial se caracteriza por una intensa actividad microbiana asociada a la degradación de compuestos fácilmente

biodegradables, lo que genera un rápido incremento de la temperatura. Esta etapa cumple un rol clave en la activación del proceso, al preparar el sustrato para la posterior acción de microorganismos especializados. En el contexto del tratamiento ²⁶ de residuos agroindustriales, como el bagazo de caña de azúcar y el estiércol de gallina, esta fase permite iniciar la ruptura de estructuras orgánicas simples y homogenizar la mezcla.

La fase termofílica o de saneamiento representa el núcleo del compostaje, tanto por la velocidad de degradación como por su función sanitaria. La acción de microorganismos termofílicos posibilita la descomposición de polímeros complejos como la celulosa y la lignina, componentes predominantes en el bagazo de caña. Asimismo, el mantenimiento de temperaturas elevadas garantiza la eliminación de patógenos, lo que reviste especial importancia cuando se emplean residuos de origen animal. Desde el punto de vista operativo, el texto resalta acertadamente la necesidad de una adecuada aireación para sostener la actividad biológica y evitar condiciones anaerobias.

Posteriormente, la fase de enfriamiento o mesofílica II marca la transición hacia la estabilización del material, con el retorno progresivo de microorganismos mesófilos y la disminución de la demanda de oxígeno. Esta etapa permite la continuidad de la degradación de fracciones orgánicas más resistentes y el restablecimiento gradual del equilibrio químico del sistema.

Finalmente, la fase de maduración constituye un proceso lento y esencial para la obtención de un compost estable y seguro. Durante esta etapa se producen reacciones de humificación y polimerización que confieren al producto final propiedades agronómicas superiores, con un pH cercano a la neutralidad y una alta estabilidad biológica. En conjunto, el modelo descrito por Román et al. (2013) proporciona un marco técnico sólido que facilita la comprensión, el control y la optimización de los procesos de compostaje y precompostaje, indispensables para una implementación eficiente del vermicompostaje.

2.2.9. CALIDAD DE VERMICOMPOST

Propiedades físicas, químicas y biológicas

- a. **Temperatura:** Temperatura óptima de 15°C a 25°C.
- b. **Color y Olor:** Debe tener un olor a tierra húmeda y forestal, indicando una descomposición completa de la materia orgánica. Color oscura, húmeda y desmenuzable (Mamani, 2020).
- c. **Humedad:** Las exigencias de humedad en los residuos superiores al 50% (óptima entre 70-90%) son debidos a que la lombriz tiene un aparato de intercambios gaseosos que se realizan por medio de sus dermis (Mamani, 2020).
- d. **pH:** El pH óptimo para el vermicompost suele estar entre 6,8 y 7,5, lo que indica una acidez o alcalinidad adecuada para el crecimiento de las plantas.
- e. **Relación C/N:** Diversos autores coinciden en que un humus bien estabilizado presenta una relación C/N que oscila entre 10:1 y 15:1, lo cual evidencia un alto nivel de humificación y una baja actividad microbiana (Brady & Weil, 2017; Stevenson, 1994). En este rango, el material orgánico se considera biológicamente estable y apto para su aplicación al suelo, ya que no genera competencia por el nitrógeno disponible y contribuye al suministro gradual de nutrientes a las plantas (Bernal, Albuquerque, & Moral, 2009).
- f. **Conductividad Eléctrica:** La conductividad eléctrica (CE) constituye un parámetro fundamental para determinar el nivel de sales solubles presentes en el humus de lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*). Este indicador refleja la disponibilidad de nutrientes minerales como nitratos, fosfatos, potasio, calcio y sodio, los cuales influyen directamente en la fertilidad del producto final (Dominguez, 2004). Según diversos autores, el humus estabilizado obtenido mediante vermicompostaje debe presentar una conductividad eléctrica entre 1.0 y 3.0 dS/m, rango considerado óptimo para garantizar una adecuada concentración de nutrientes sin riesgo de salinidad excesiva para las plantas (Ndegwa & Thompson, 2001; Atiyeh et al., 2000).

Valores superiores a 4.0 dS/m pueden ocasionar toxicidad osmótica en cultivos sensibles, mientras que valores inferiores a 1.0 dS/m evidencian una baja mineralización del material orgánico. Por tanto, mantener la CE dentro del rango óptimo asegura que el humus sea un abono estable, nutritivo y apto para la aplicación agrícola.

- g. Materia Orgánica:** Diversos estudios señalan que un humus de buena calidad debe contener entre **50% y 70% de materia orgánica en base seca**, equivalente aproximadamente a **25%–40% en base húmeda**, dependiendo del grado de humedad del producto (Lim et al., 2015)

h. Macronutrientes

Nitrógeno: El humus estabilizado presenta un contenido de nitrógeno total que oscila entre 1.5% y 3.0% en base seca, equivalente aproximadamente a 15,000 – 30,000 ppm (Lim et al., 2015).

Fósforo: El fósforo total en el humus se encuentra entre 0.5% y 1.5% en base seca, equivalente a 5,000 – 15,000 ppm, dependiendo de la naturaleza del material orgánico inicial y del tiempo de maduración (Lim et al., 2015).

Potasio: El contenido óptimo de potasio total en el humus se encuentra en un rango de 0.5% a 2.0% en base seca, equivalente aproximadamente a 5,000 – 20,000 ppm, dependiendo del tipo de residuo orgánico y la intensidad del proceso de mineralización (Lim et al., 2015)

Calcio: El calcio total en el humus se encuentra entre 3.0% y 6.0% en base seca, lo que equivale aproximadamente a 30,000 – 60,000 ppm, este rango indica un producto bien estabilizado, con buena capacidad de amortiguamiento del pH y excelente estructura física. (Lim et al., 2015).

Manganeso: Su concentración en el humus refleja tanto la calidad del material de origen como la eficiencia del proceso de vermicompostaje. El contenido óptimo de manganeso total en

humus maduro varía entre 200 y 600 ppm, equivalente a 0.02% – 0.06% en base seca (Lim et al., 2015).

Hierro: Es uno de los micronutrientes más abundantes e importantes en el humus de lombriz roja californiana, siendo así el contenido óptimo en humus maduro oscila entre 5,000 y 20,000 ppm, equivalente aproximadamente a 0.5% – 2.0% en base seca (Lim et al., 2015).

El sodio (Na): Es un elemento presente en pequeñas cantidades en el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), y aunque no es un nutriente esencial para la mayoría de las plantas, su concentración influye en la conductividad eléctrica y en la salinidad del producto final. Un contenido adecuado de sodio en el humus se encuentra entre 0.05% y 0.30% en base seca, equivalentes a 500 – 3,000 ppm (Lim et al., 2015).

El zinc (Zn): Es un micronutriente esencial presente en el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), fundamental para la síntesis de auxinas, el crecimiento celular y la activación enzimática en las plantas. Su concentración óptima en el humus varía entre 100 y 500 ppm, equivalente a 0.01% – 0.05% en base seca, según el tipo de residuo utilizado y la duración del proceso de vermicompostaje (Lim et al., 2015).

El cobre (Cu): Es un micronutriente indispensable en el humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), que interviene en la formación de clorofila, la respiración celular y el metabolismo de carbohidratos y proteínas. En el humus estabilizado se sitúa entre 50 y 300 ppm, equivalente aproximadamente a 0.005% – 0.03% en base seca (Lim et al., 2015).

El conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas descritas constituye un marco técnico integral para la evaluación de la calidad del humus de lombriz obtenido mediante vermicompostaje, evidenciando un enfoque riguroso alineado con criterios agronómicos y de ingeniería ambiental. La temperatura óptima señalada confirma el carácter mesófilo

del proceso y garantiza la actividad metabólica eficiente de *Eisenia foetida*, así como la estabilidad del producto final.

Las características organolépticas color oscuro, textura desmenuzable y olor a tierra húmeda representan indicadores empíricos confiables de un proceso de descomposición completo y de una adecuada humificación de la materia orgánica. Asimismo, la humedad elevada del sustrato se justifica desde el punto de vista fisiológico, dado que la lombriz depende del intercambio gaseoso a través de la dermis, lo que reafirma la necesidad de mantener condiciones controladas para evitar estrés biológico.

El pH cercano a la neutralidad y la relación C/N reducida reflejan un alto grado de estabilización del material, confirmando que el humus es biológicamente maduro y seguro para su aplicación al suelo, sin riesgo de inmovilización de nitrógeno. Estos parámetros son ampliamente reconocidos como indicadores clave de calidad en abonos orgánicos.

Por su parte, la conductividad eléctrica se presenta como un parámetro crítico para evaluar el equilibrio entre disponibilidad nutricional y riesgo de salinidad. El rango óptimo descrito asegura un aporte adecuado de sales minerales esenciales sin generar efectos osmóticos adversos en los cultivos, reforzando la idoneidad del humus para uso agrícola.

Finalmente, los contenidos de materia orgánica, macronutrientes y micronutrientes evidencian el alto valor fertilizante del humus de lombriz. La presencia equilibrada de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y elementos traza como hierro, manganeso, zinc y cobre no solo mejora la fertilidad química del suelo, sino que también contribuye a su estructura, capacidad de amortiguamiento y actividad biológica. En conjunto, estas propiedades confirman que el vermicompost constituye un insumo orgánico de alta calidad, capaz de mejorar de manera sostenible las condiciones del suelo y la productividad agrícola.

2.2.10. DATOS METEREOLÓGICOS EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO

En la Tabla las estaciones del año en Perú se distribuyen de la siguiente manera

Tabla 4

Estaciones astronómicas de Perú

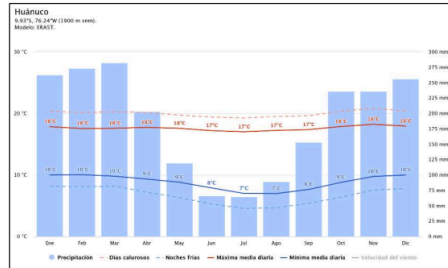
Año	Otoño	Invierno	Primavera	Verano
2025	20 de marzo	20 de junio	22 de setiembre	21 de diciembre

Nota. Senamhi (2025) Adaptado de Climate Astronomical Seasons

- a. ³⁵ Temperaturas y precipitaciones promedio: La temperatura máxima diaria promedio (línea roja continua) ilustra la temperatura máxima promedio de un mes a otro en Huánuco. Al igual que en el ejemplo anterior, la temperatura mínima diaria promedio (línea azul continua) muestra la temperatura promedio en el punto más bajo. Las líneas discontinuas azules y rojas proporcionan los valores medios del día más caluroso y la noche más fría de cada mes durante los últimos 30 años. Los días calurosos y las noches frías se muestran mediante líneas discontinuas.

Figura 9

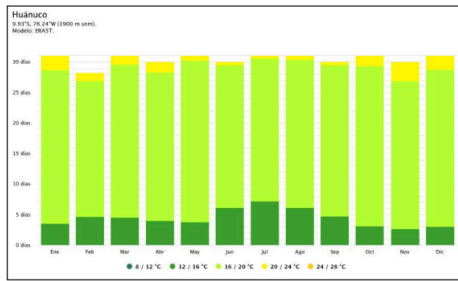
Temperatura medias y precipitaciones



Nota. Adaptado de Meteoblue – 2025

- b. ³⁵ **Temperaturas máximas:** El diagrama de la temperatura máxima en Huánuco muestra cuántos días al mes llegan a ciertas temperaturas.

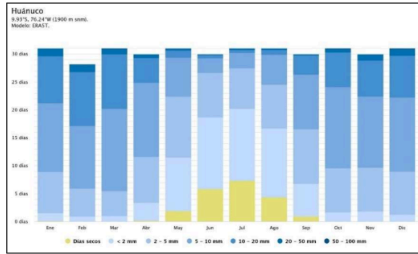
Figura 10
Temperatura medias y precipitaciones



Nota. Adaptado de Meteoblue – 2025

- c. La cantidad de precipitaciones: El gráfico de precipitaciones de Huánuco indica el número de días al mes en los que se alcanzan cantidades específicas de precipitaciones. Existe la posibilidad de que las cifras estén subestimadas en las regiones tropicales y monzónicas.

Figura 11
Temperatura medias y precipitaciones



Nota. Adaptado de Meteoblue – 2025.

El contenido presentado proporciona un marco climático pertinente para contextualizar las condiciones ambientales del área de estudio, aspecto fundamental en investigaciones vinculadas a procesos biológicos como el vermicompostaje. La inclusión de las estaciones astronómicas del Perú, respaldadas por información del SENAMHI

(2025), permite ubicar temporalmente el estudio y comprender la variabilidad estacional que influye directamente en la temperatura, la humedad y las precipitaciones, variables críticas para la actividad metabólica de *Eisenia foetida* y la estabilidad del sistema.

El análisis de las temperaturas y precipitaciones promedio en Huánuco evidencia un comportamiento climático relativamente estable, con variaciones mensuales moderadas entre temperaturas máximas y mínimas. La representación de promedios históricos de los últimos 30 años, así como de los valores extremos diarios, aporta solidez técnica al análisis, al permitir evaluar no solo condiciones medias, sino también escenarios potenciales de estrés térmico. Este enfoque resulta especialmente relevante para el manejo de vermicomposteras, dado que temperaturas excesivamente elevadas o descensos bruscos pueden afectar negativamente la actividad de las lombrices y la eficiencia del proceso.

Asimismo, el diagrama de temperaturas máximas mensuales permite identificar la frecuencia de días con temperaturas elevadas, información clave para la toma de decisiones operativas, como la necesidad de sombreado, ventilación o ajustes en la humedad del sustrato. De igual manera, el análisis de la precipitación mensual aporta elementos para anticipar riesgos asociados al exceso de humedad, lixiviación de nutrientes o anegamiento de los lechos, particularmente en periodos lluviosos.

En conjunto, la información climatológica presentada constituye un soporte técnico indispensable para interpretar el comportamiento del sistema de vermicompostaje en el contexto local. Su adecuada integración en el análisis metodológico fortalece la validez del estudio, al demostrar que el diseño y manejo del proceso consideran las condiciones ambientales reales de Huánuco, alineándose con criterios de ingeniería ambiental y sostenibilidad.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- ✓ En el proceso de vermicompostaje, no solo se descompone el material orgánico por ⁴ microorganismos (bacterias, hongos, actinobacterias, levaduras, etc.) que están presentes en el entorno natural, sino que también se descompone ⁴ por el complejo sistema digestivo de las lombrices de tierra ⁴ (Ortiz, Pérez y Solórzano, 2023). El vermicompostaje es un ⁴ proceso de descomposición aeróbica que tiene lugar en presencia de oxígeno, y es comparable al compostaje.
- ✓ El estiércol de pollo es un fertilizante orgánico rentable que se crea mezclando los desechos de pollo, incluyendo estiércol y orina, con cáscaras de arroz y virutas de madera. Este proceso altera las características del fertilizante, haciéndolo más adecuado para el crecimiento de ¹⁹ las plantas. Además, es una fuente de nutrientes como fósforo, nitrógeno y potasio, todos los cuales se utilizan en la producción de fertilizantes (Huanay, 2022).
- ✓ Como consecuencia de las ⁵ interacciones entre diferentes organismos aeróbicos (bacterias, hongos, protozoos, etc.), el compost es el resultado de un proceso biológico regulado que implica la descomposición de materia orgánica que proviene de plantas o animales. Este proceso tiene lugar bajo ciertas circunstancias, que son aeróbicas. Según Mikolic, Ruffinelli, Dárdano y otros (2018), el compost es un producto que ha sido sometido a estabilización y saneamiento, y es abundante en nutrientes y químicos. El compost puede aplicarse a los sustratos para mejorar sus cualidades químicas, físicas y biológicas.
- ✓ El producto que se obtiene del proceso digestivo de las lombrices de tierra se conoce generalmente como humus. El humus de lombriz es el producto que se obtiene. Consumen materia vegetal, que se recoge en grandes montones con el propósito de maximizar su valor nutricional. Durante su etapa final, el humus se distingue por un aspecto negro y terroso, y no tiene ningún olor. Según Almerco, Galvan y Yañac (2024), varios expertos y agricultores consideran que está entre los fertilizantes orgánicos más excepcionales disponibles ⁶⁰ en el mundo.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Ha: Existe diferencia significativa en la comparación del efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025.

H0: No existe diferencia significativa en la comparación del efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Ha1: La calidad del vermicompost es óptimo hecho a bases de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina.

HO1: La calidad del vermicompost no es óptimo hecho a bases de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina.

Ha2: Existe diferencia significativa en la comparación de las características ambientales de los dos tipos de vermicompostera.

HO2: No existe diferencia significativa en la comparación de las características ambientales de los dos tipos de vermicompostera.

Ha3: Existe diferencia significativa en niveles de producción (Peso Inicial - Peso final) de los dos tipos de vermicompostera

HO3: No existe diferencia significativa en niveles de producción (Peso Inicial - Peso final) de los dos tipos de vermicompostera.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DE CALIBRACIÓN

Vermicompost.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Calidad del Vermicompost.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES:

Título de la tesis: "Análisis comparativo de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025"

Variable de Calibración	Definición conceptual	Indicadores	Valor final	Tipo de variable	Instrumento
Vermicompost	Vargas, Romero y Fernández (2014), técnica biotecnológica de bajo coste que permite biodegradar y estabilizar los residuos orgánicos en condiciones aeróbicas y mesófilas mediante la actividad de determinadas especies de lombrices. El vermicompostaje se describe como un proceso que pertenece al campo de la biotecnología.	Tipos de Vermicompost	Bagazo de caña de azúcar Estiércol de gallina	Variable nominal dicotómica	Observación
Variable de Evaluativa	Definición conceptual	Indicadores	Valor final	Tipo de variable	Instrumento
Calidad del Vermicompost	La calidad del vermicompost se determina por factores o parámetros físicos como la temperatura, color y olor, humedad y textura. Así mismo los factores químicos y biológicos. Una buena calidad de vermicompost es oscuro, húmedo, con olor a tierra y tiene una textura similar a la tierra de bosque	Parámetros Físicos <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Color y Olor - Humedad - Textura Parámetros Químicos <ul style="list-style-type: none"> - pH - Relación C/N - Conductividad Eléctrica - Macronutrientes - Nitrógeno, Fósforo, Calcio, Manganeseo, Sodio, Zinc, Hierro, Cobre. Parámetro Biológico <ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica 	°C % 1:1 C:N S/m % % % % kg	Numérica Continua Numérica Continua Laboratorio Laboratorio Balanza	Termómetro Observación Observación pH-metro Laboratorio Laboratorio Balanza

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se decidió emplear cuatro categorías diferentes con el fin de adherirse a los principios de parsimonia, que establecen que la técnica menos complicada es la más adecuada para definir las diferentes formas de estudio. Se llevó a cabo un estudio de intervención porque el investigador modificó las unidades de estudio con el fin de utilizar datos de mediciones que él mismo controlaba. Este estudio se basó en la intervención que realizó el investigador. Según el control de la medición de la variable de investigación, se trató de un estudio prospectivo. Esto se debe al hecho de que las mediciones se realizaron teniendo en cuenta datos precisos y correctos, que constituirían información primaria. El número de mediciones realizadas sobre la variable de estudio indicaba que se trataba de un estudio longitudinal. Esto se debía al hecho de que se realizaron dos mediciones para comparar los resultados, concretamente al principio y al final de la investigación. En conclusión, el proyecto fue una investigación analítica, ya que mostraba la conexión entre dos o más variables. Se llegó a esta conclusión basándose en el número de variables analíticas que se incluyeron en el estudio (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.1. ENFOQUE

Según el punto de vista del autor, el estudio se consideró cuantitativo, ya que utilizó un diseño experimental y abarcó el nivel de aplicación dentro del ámbito de la investigación (Supo y Zacarías, 2020).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Teniendo en cuenta a Supo y Zacarías (2020), para la clasificación del nivel del proyecto se consideró la línea de investigación. Por lo tanto, el proyecto en estudio se clasificó como de nivel aplicativo, ya que buscó solucionar el problema planteado mediante la intervención realizada por el investigador.

3.1.3. DISEÑO

Desde el punto de vista de Supo y Zacarías (2020), el diseño fue una estrategia metodológica y estadística que perteneció al diseño experimental, en el cual se presentaron dos condiciones fundamentales: la manipulación y el control. En ese sentido, se subclasificó como un experimento verdadero, debido a que se realizó la manipulación con fines de investigación y se aplicó un control metodológico y estadístico para observar los resultados obtenidos.

Oi IntervencionesOf

GE1:O1	X1	O2;O3;O4;O5;O6	} COMPARACIONES
GE2:O1	X2	O2;O3;O4;O5;O6	

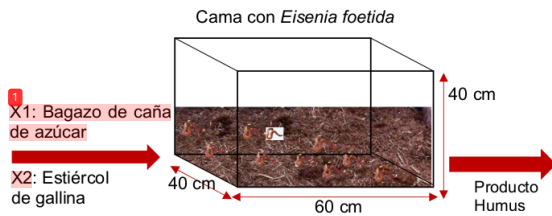
Leyenda:

GE1, E2: Grupo Experimental

Oi y Of: Observaciones inicial y final

X1: Intervención con bagazo de caña de azúcar

X2: Intervención con estiércol de gallinas.



3.1.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población del presente estudio constituyó el total de estiércol de gallina y bagazo de caña de azúcar, en unidades de peso, a la que se va a inocular a las lombrices roja californiana para la generación de vermicompost. Las cuales se va a considerar las granjas de gallina y las

pequeñas granjas de la ciudad de la provincia de Huánuco, para el bagazo de caña de azúcar se considera el Fundo Pacán o de la venta de caña de azúcar.

Muestra

La muestra fue constituida por dos grupos de estudio: GE1 (bagazo de caña de azúcar) y GE2 (estiércol de gallina), la cual se intervino con la lombriz roja californiana. Siendo un total de 10 vermicomposteras, 5 de cada grupo de estudio.

GE1: Se conformó 15 kilos de precompost de bagazo de caña de azúcar por ½ kg de lombriz roja californiana.

GE2: Se conformó 15 kilos de precompost de estiércol de gallina por ½ kg de lombriz roja californiana.

La muestra se conformó de 75 kg de estiércol de gallina y 75 kg bagazo de caña de azúcar, y en total se va necesito 5 kg de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

3.2. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS EN CAMPO

3.2.1. TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

Variable	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Calidad del Vermicompost	Parámetros Físicos		
	- Temperatura		- Termómetro
	- Color y Olor		- Observación
	- Humedad		- Observación
	- Textura		- Observación
	Parámetros Químicos		
	- pH		- pH-metro
	- Relación C/N		- Laboratorio
	- Conductividad Eléctrica	Observación	- Laboratorio
	- Macronutrientes	n/Análisis	- Balanza
	- Nitrógeno		
	- Fosforo		
	- Potasio		
	- Calcio		
	Parámetro Biológico		
- Materia orgánica			
Cantidad de Vermicompost (90 días)			

Los procesos para la Análisis de la calidad del vermicompostera a base de estiércol de gallina y bagazo de caña de azúcar, ³⁷ se describen a continuación:

1. El primer paso es elegir el vermicompostador y la ubicación: Asegúrate de elegir un lugar que no solo esté ventilado, sino también protegido del viento, así como resguardado de la lluvia y del sol intenso. Prevenga la propagación de olores, la evaporación excesiva, el calor y las inundaciones tomando estas precauciones. Se han examinado vermicompostadores de varios tipos, y para el propósito de este proyecto, se utilizarán contenedores de plástico con cuatro capas.
2. **Recolección de estiércol de gallina y bagazo de caña de azúcar:** Se recopiló el material para el compostaje provenientes de las granjas de gallina de la ciudad de Huánuco y sus alrededores. Y el bagazo de caña de azúcar será recolectada del Fundo Pacan ubicado en la ciudad de Huánuco.
3. **La selección de sustratos y la preparación de dichos sustratos para alimentar a los gusanos.** Aunque todas las formas de estiércol son beneficiosas para la alimentación, el estiércol de pollo contiene concentraciones de amoníaco más altas que las de otros tipos de estiércol. Es importante asegurarse de que el estiércol esté seco y se haya descompuesto antes de combinarlo con materiales ricos en carbono, como hojas secas de eucalipto, a fin de lograr un equilibrio entre las proporciones de amoníaco y carbono. Es posible ³⁸ que el bagazo de caña de azúcar esté muy seco, por lo que es necesario humedecerlo, tritarlo en trozos pequeños y luego mezclarlo con hojas secas de eucalipto. Complemente la mezcla con una pequeña cantidad de compost o tierra de jardín para estos dos procedimientos.
4. **Llenado de la vermicompostera:** Para evitar el mal olor en la primera base se va poner cartón o papel junto a hojas secas para luego introducir las lombrices con 1 kg de la muestra de estudio

- preparado, esto es para su adaptabilidad de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).
5. El vermicompost debe estabilizarse y dejarse curar durante un tiempo. Una vez que el contenedor de compost esté lleno, debe dejar de añadir materiales orgánicos y esperar a que el compost haya completado su procesamiento. Cuando dejamos de añadir materia orgánica y, por lo tanto, humedad, podemos regar suavemente para mantener las condiciones de humedad que son esenciales para las bacterias y los gusanos que participan en el proceso. El vermicompost se considera listo (maduro) cuando el material del vermicomposter es de color negro, uniforme, extremadamente suelto y esponjoso, con una textura suave, un olor agradable (como el de la tierra húmeda) y no hay residuos orgánicos perceptibles.
 6. **Humedad y Temperatura:** En cada cama se tiene que hacer pequeños rocíos, para que las lombrices puedan vivir en una humedad apta. De igual manera la temperatura tiene que ser apta. Esto nos indica la supervivencia de las lombrices.
 7. **Recolección del humus** El humus se recoge con una carretilla y se transporta a un lugar seleccionado por el autor de la tesis. Una vez que alcanza un nivel de humedad del sesenta por ciento, se deja airear. Para este almacenamiento, es necesario hacerlo a la sombra. Una vez que se ha reducido el contenido de humedad, el humus se tamiza a través de una malla, que puede ser de diferentes tamaños dependiendo del uso que se le vaya a dar al humus. La eliminación de algunos contaminantes, como ramitas, piedras, paja y alimentos crudos, se lleva a cabo mediante el proceso de tamizado. A continuación, se pesa, se embolsa y se envía al laboratorio para su posterior almacenamiento.
 8. **Análisis de Laboratorio:** Después de 10 días, el periodo de secado y la maduración del humus se envía al laboratorio.
 9. **Recojo de muestra para el laboratorio**
 - ✓ Para almacenar y transportar muestras, es esencial que las propiedades del recipiente sean compatibles con el material del

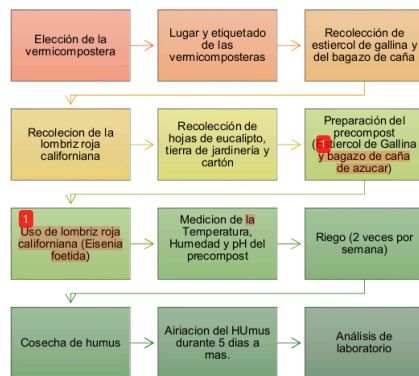
suelo. Además, el recipiente debe ser resistente a la rotura y debe evitar cualquier interacción química con la muestra o pérdida por evaporación. La muestra se recogerá utilizando bolsas de plástico que hayan sido limpiadas y esterilizadas a fondo.

- ✓ En cuanto al etiquetado, es imprescindible que ⁵² la etiqueta se coloque en un lugar destacado, no supere las dimensiones del recipiente y esté bien fijada para evitar cualquier pérdida. La etiqueta que se adjunte a la muestra debe incluir uno o varios de los siguientes datos:

- Número o clave única de identificación.
- ²⁰ Lugar del muestreo.
- Nombre del proyecto.
- Fecha y hora del muestreo.
- Nombre de las iniciales de la persona que toma la muestra.

Inmediatamente de la toma de muestra se debe proceder al etiquetado y registro de la muestra.

Flujograma de procesos



3.2.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE LOS DATOS

Esta investigación tiene en cuenta la utilización de programas estadísticos como Excel y SPSS para el procesamiento de los datos. Estos programas tienen la capacidad de mostrar tablas y gráficos con el fin de comprobar hipótesis. Además, los datos se presentarán de forma descriptiva, utilizando medidas resumidas como **medidas de tendencia central, medidas de dispersión, medidas de asimetría y medidas de forma, entre otras.**

Se utilizará la hermenéutica para comprender los resultados del estudio del material una vez completado. La hermenéutica proporciona la capacidad de ver realidades distintas para comprender el todo, la parte y los aspectos de un texto o una investigación, tal y como afirman Ruedas et al. (2009). La hermenéutica permite a las personas adquirir conocimientos e interpretaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Análisis descriptivo de los parámetros físicos, químicos, biológicos y cantidad de vermicompost a base de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina.

En la presente investigación se evaluaron los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas de dos tipos de vermicompost elaborados a partir de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina, con el propósito de determinar la mejora en la calidad del sustrato tras el proceso de compostaje. Para ello, se realizaron mediciones iniciales (pretest) y finales (postest) de variables químicas clave, tales como pH, conductividad eléctrica (CE), humedad, materia orgánica, carbono (C), nitrógeno (N), relación C/N, fósforo (P_2O_5), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K) y micronutrientes (Zn, Fe, Cu, Mn).

El periodo experimental comprendió 90 días de vermicompostaje, durante el cual se tomaron cinco observaciones representativas por cada tipo de compost, asegurando la homogeneidad de las muestras y la confiabilidad de los resultados. A continuación, se presentan los resultados descriptivos de las variables analizadas, que permiten comparar el comportamiento de ambos materiales orgánicos antes y después del proceso de compostaje.

Tabla 5

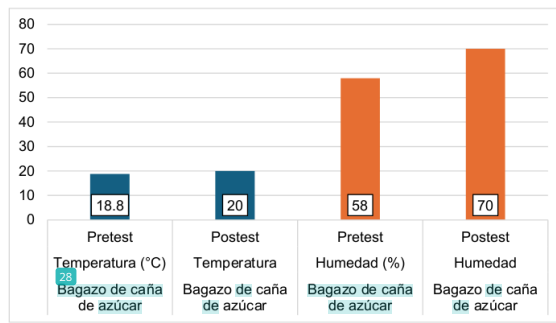
Parámetros físicos (temperatura y humedad) en el pretest y postest de ambas vermicomposteras

Grupo	Parámetro	Momento	Media	DE	EE	Límite inferior	Límite superior
Bagazo de caña de azúcar	Temperatura (°C)	Pretest	18,8	3,03	1,35	15,1	22,5
Bagazo de caña de azúcar	Temperatura	Postest	20,0	0,71	0,32	19,1	20,9
Bagazo de caña de azúcar	Humedad (%)	Pretest	58	4,47	2,00	52,5	63,5
Bagazo de caña de azúcar	Humedad	Postest	70	0	0	70	70
Estiércol de gallina	Temperatura (°C)	Pretest	20,2	4,49	2,01	14,6	25,8
Estiércol de gallina	Temperatura	Postest	21,2	2,17	0,97	18,5	23,9
Estiércol de gallina	Humedad (%)	Pretest	64	8,37	3,74	53,6	74,4
Estiércol de gallina	Humedad	Postest	70	0	0	70	70

Nota: Los valores presentados corresponden a los estadísticos descriptivos de los parámetros físicos de temperatura y humedad evaluados en las vermicomposteras elaboradas con bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina, tanto en el pretest como en el postest. Se observa que, en ambos grupos, la humedad alcanzó una estabilización del 70% al finalizar el proceso, indicando condiciones óptimas para la actividad microbiana y la maduración del vermicompost. En cuanto a la temperatura, los valores finales se mantuvieron dentro del rango mesófilo (19–21 °C), adecuado para el funcionamiento de *Eisenia foetida*. Los intervalos de confianza al 95% evidencian una mayor variabilidad inicial, especialmente en humedad y temperatura del estiércol, mientras que en el postest dicha variabilidad desaparece, reflejando un proceso más homogéneo tras la descomposición.

Figura 12

Medias de los Parámetros físicos (temperatura y humedad) del bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest

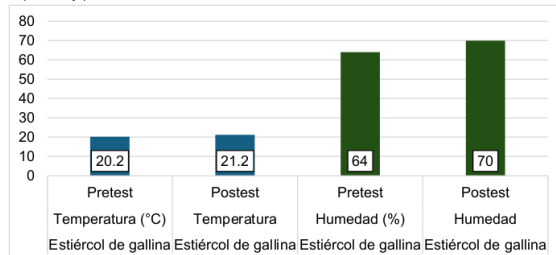


azúcar en el pretest y postest

Nota: La figura muestra la comparación de las medias de los parámetros físicos de temperatura y humedad registrados en el pretest y postest del bagazo de caña de azúcar durante el proceso de vermicompostaje. Se observa un incremento leve en la temperatura promedio, pasando de 18,8°C a 20°C, lo que indica una actividad biológica moderada propia de la fase mesófila del proceso. Asimismo, la humedad experimenta un aumento significativo de 58% a 70%, reflejando un mejor equilibrio hídrico en el sustrato durante las etapas finales, favoreciendo la descomposición y el metabolismo de las lombrices. Estos valores permiten evaluar la estabilidad de las condiciones ambientales internas y su influencia en la transformación del material orgánico.

Figura 13

Medias de los Parámetros físicos (temperatura y humedad) del estiércol de gallina en el pretest y postest



Nota: La figura muestra las medias de temperatura y humedad del estiércol de gallina antes y después del proceso de vermicompostaje. La temperatura aumenta ligeramente de 20.2 °C a 21.2 °C, indicando actividad biológica constante. La humedad se eleva de 64% a 70%, mejorando las condiciones para la degradación del material.

Tabla 6
Parámetros químicos en el pretest y postest de ambas vermicomposteras de bagazo de caña de azúcar

Parámetro	PRE		PRE		POST		POST		POST		
	Media	DE	EE	inferior	Media	DE	EE	inferior	Media	DE	
pH	5,52	0	0	5,52	7,16	0,02	0,01	7,13	7,18		
Conductividad (dS/m)	0,317	0	0	0,31	1,34	0,13	0,06	1,17	1,51		
Cenizas (%)	54,99	0	0	54,99	26,35	1,68	0,75	24,09	28,61		
Carbono C (%)	12,720	0	0	12,72	13,32	1,15	0,51	11,81	14,83		
Nitrógeno N (%)	0,896	0	0	0,89	0,88	0,03	0,01	0,83	0,93		
Relación C/N	14	0	0	14	15,09	0,96	0,43	13,92	16,24		
P_2O_5 (%)	0,139	0	0	0,13	0,139	0,02	0,01	0,22	0,29		
Calcio Ca (%)	0,682	0	0	0,68	2,39	0,23	0,10	2,08	2,70		
Magnesio Mg (%)	0,012	0	0	0,01	0,59	0,13	0,06	0,42	0,76		
Sodio Na (%)	0,001	0	0	0,001	0,06	0,01	0,01	0,05	0,07		
Potasio K (%)	0,096	0	0	0,09	0,78	0,12	0,06	0,61	0,94		
Zinc Zn (ppm)	42,48	0	0	42,48	161,28	5,62	2,52	154,40	168,16		
Hierro Fe (ppm)	6542,58	0	0	6542,58	10059,07	1992,27	890,97	7565,35	12532,80		
Cobre Cu (ppm)	6,45	0	0	6,45	47,79	1,53	0,68	45,88	49,68		
Manganeso Mn (ppm)	170,44	0	0	170,44	440,11	27,55	12,32	405,99	474,40		

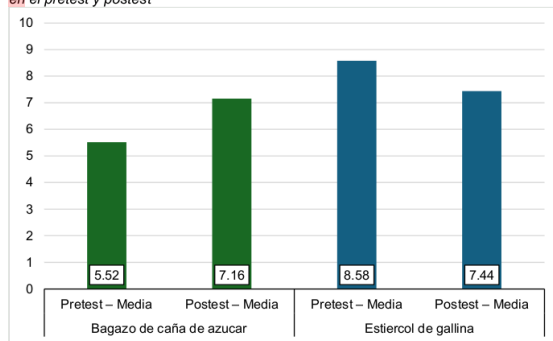
Nota: La tabla presenta los parámetros químicos evaluados en el pretest y postest del bagazo de caña de azúcar, mostrando la media y los estadísticos descriptivos derivados del análisis de cinco observaciones en el postest. En el pretest, cada parámetro corresponde a un único valor inicial de laboratorio; por ello, su desviación estándar, error estándar e intervalos de confianza son iguales al valor reportado. En contraste, los valores del postest incluyen la media, desviación estándar, error estándar y límites de confianza al 95%, lo que permite estimar la variabilidad del material tras el proceso de vermicompostaje.

Tabla 7
Parámetros químicos en el pretest y postest de ambas vermicomposteras del estiércol de gallina

Parámetro	PRE - Media		PRE - Límite inferior		PRE - Límite superior		POST - Media	POST - Límite inferior		POST - Límite superior	
	Media	DE	PRE - EE	PRE - inferior	PRE - superior	DE		POST - EE	POST - inferior	POST - superior	
pH	8,58	0	0	8,58	8,58	7,44	0,02	0,01	7,41	7,47	
Conductividad (dS/m)	2,230	0	0	2,23	2,23	2,30	0,09	0,04	2,18	2,41	
Cenizas (%)	44,75	0	0	44,75	44,75	24,45	1,51	0,67	22,50	26,41	
Carbono C (%)	16,821	0	0	16,82	16,82	14,97	0,60	0,26	14,24	15,70	
Nitrógeno N (%)	1,680	0	0	1,68	1,68	1,062	0,09	0,04	0,93	1,18	
Relación C/N	10	0	0	10	10	14,19	1,21	0,54	12,62	15,77	
P ₂ O ₅ (%)	0,248	0	0	0,25	0,24	0,43	0,05	0,02	0,36	0,49	
Calcio Ca (%)	1,012	0	0	1,01	1,01	3,12	0,31	0,14	2,68	3,55	
Magnesio Mg (%)	0,102	0	0	0,10	0,10	0,66	0,15	0,06	0,47	0,84	
Sodio Na (%)	0,030	0	0	0,03	0,03	0,10	0,01	0,01	0,08	0,12	
Potasio K (%)	0,691	0	0	0,69	0,69	1,37	0,29	0,13	1,00	1,75	
Zinc Zn (ppm)	466,96	0	0	466,96	466,96	200,32	6,73	3,01	191,89	208,75	
Hierro Fe (ppm)	26610,46	0	0	26610,46	26610,46	7797,72	1342,82	600,53	6130,38	9465,06	
Cobre Cu (ppm)	79,60	0	0	79,60	79,60	53,30	1,99	0,89	50,82	55,77	
Manganeso Mn (ppm)	426,98	0	0	426,98	426,98	512,61	20,62	9,22	487,00	538,23	

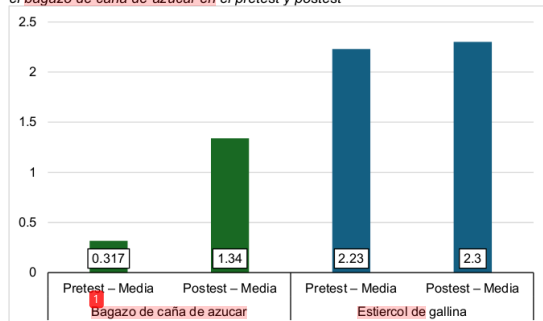
Nota: La tabla presenta los parámetros químicos evaluados en el pretest y postest del estiércol de gallina. Los valores del pretest corresponden a una única medición inicial, por lo que no registran variabilidad estadística. En contraste, los valores del postest fueron obtenidos a partir de cinco observaciones, permitiendo calcular la media, la desviación estándar, el error estándar y los intervalos de confianza al 95%. Esta información permite evidenciar los cambios fisicoquímicos producidos durante el proceso de vermicompostaje, como variaciones en acidez, humedad, contenido mineral y relación C/N, proporcionando una base cuantitativa sólida para interpretar la transformación y estabilización del material orgánico.

Figura 14
Medias del parámetro químico pH del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



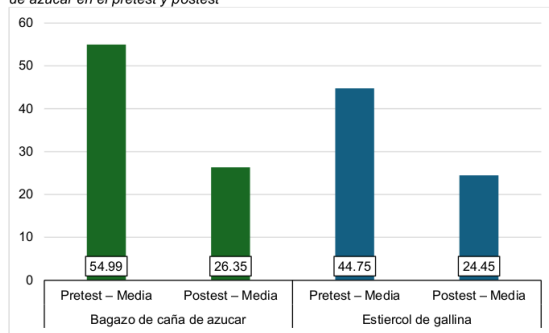
Nota. Se observa que el bagazo presentó un incremento del pH desde una condición inicial ligeramente ácida (5,52) hacia valores cercanos a la neutralidad en el postest (7,16), indicando un proceso de estabilización química durante el vermicompostaje. En contraste, el estiércol de gallina mostró una disminución del pH desde valores iniciales más alcalinos (8,58) hasta niveles próximos a la neutralidad en el postest (7,44).

Figura 15
Medias del parámetro químico conductividad eléctrica (dS/m) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



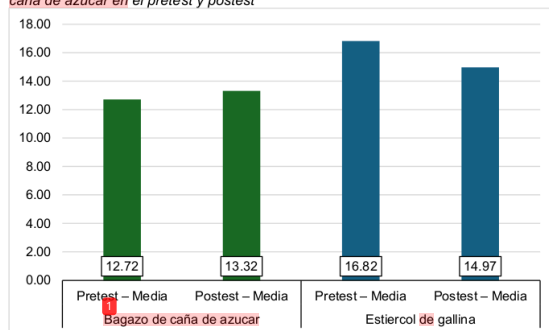
Nota. La figura muestra que la conductividad eléctrica del bagazo de caña aumentó de 0,317 dS/m en el pretest a 1,34 dS/m en el postest, indicando mayor mineralización. En el estiércol de gallina, la conductividad se mantuvo alta y estable (2,23 a 2,30 dS/m), reflejando su mayor contenido salino inicial.

Figura 16
Medias del parámetro químico cenizas (%) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



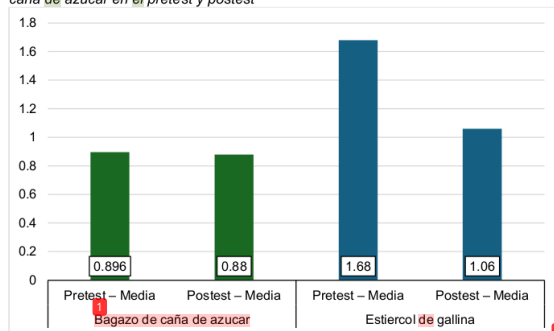
Nota. La figura evidencia una marcada disminución del porcentaje de cenizas en ambos sustratos entre el pretest y el postest. En el bagazo de caña, las cenizas disminuyeron de 54,99% a 26,35%, mientras que en el estiércol de gallina bajaron de 44,75% a 24,45%, reflejando una reducción de compuestos minerales durante la estabilización del vermicompost.

Figura 17
Medias del parámetro químico carbono C (%) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



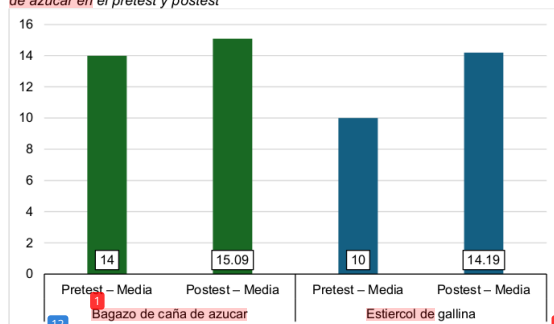
Nota. La figura muestra que el contenido de carbono disminuyó ligeramente tras el proceso de vermicompostaje. En el bagazo de caña pasó de 12,72% a 13,32%, mientras que en el estiércol de gallina descendió de 16,82% a 14,97%, reflejando la degradación natural del carbono durante la estabilización de la materia orgánica.

Figura 18
Medias del parámetro químico Nitrógeno N (%) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



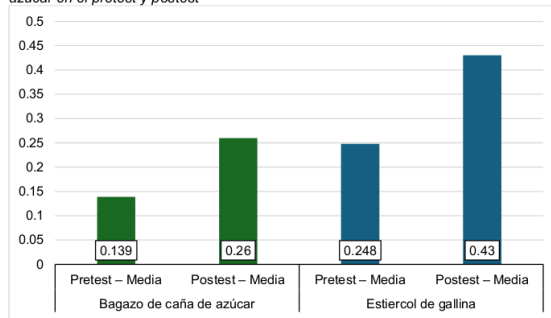
Nota. La figura muestra que el contenido de carbono disminuyó ligeramente tras el proceso de vermicompostaje. En el bagazo de caña pasó de 12,72% a 13,32%, mientras que en el estiércol de gallina descendió de 16,82% a 14,97%, reflejando la degradación natural del carbono durante la estabilización de la materia orgánica.

Figura 19
Medias del parámetro químico relación C/N del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



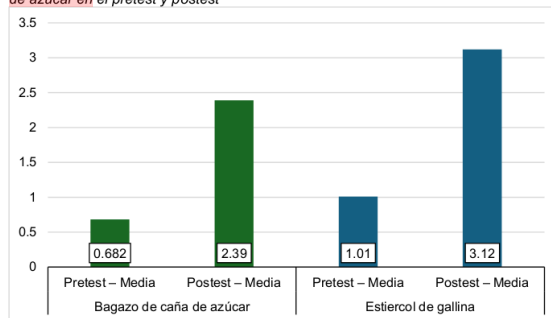
Nota. La figura muestra que el contenido de carbono disminuyó ligeramente tras el proceso de vermicompostaje. En el bagazo de caña pasó de 12,72% a 13,32%, mientras que en el estiércol de gallina descendió de 16,82% a 14,97%, reflejando la degradación natural del carbono durante la estabilización de la materia orgánica.

Figura 20
Medias del parámetro químico P_2O_5 (%) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



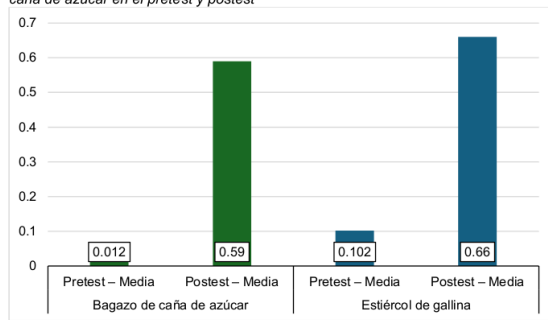
Nota. La figura evidencia un incremento del fósforo disponible (P_2O_5) en ambos sustratos después del proceso de vermicompostaje, pasando de 0,139% a 0,26% en el bagazo de caña y de 0,248% a 0,43% en el estiércol de gallina, lo que indica una mayor mineralización y disponibilidad de nutrientes en la fase postest.

Figura 21
Medias del parámetro químico calcio Ca (%) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



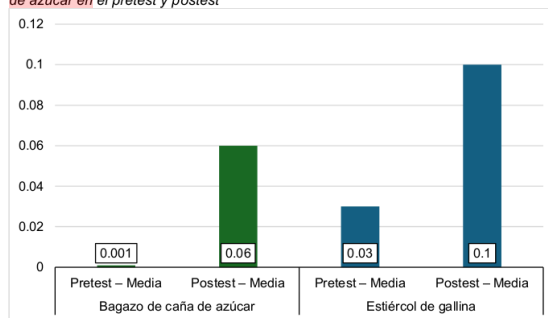
Nota. La figura muestra un incremento notable del calcio (Ca) tras el vermicompostaje, pasando de 0,682% a 2,39% en el bagazo de caña y de 1,01% a 3,12% en el estiércol de gallina, evidenciando una mayor disponibilidad de este nutriente en el material final.

Figura 22
Medias del parámetro químico magnesio Mg (%) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



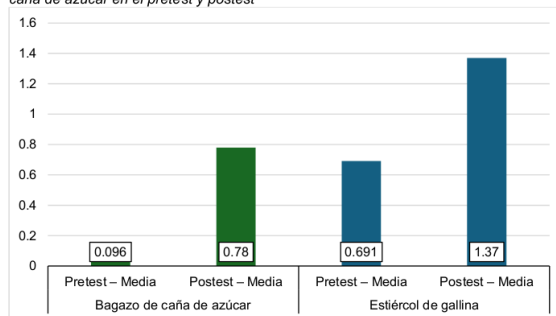
Nota. La figura evidencia un incremento considerable del magnesio (Mg) tras el vermicompostaje, aumentando de 0,012% a 0,59% en el bagazo de caña de azúcar y de 0,102% a 0,66% en el estiércol de gallina, lo que refleja una mayor disponibilidad de Magnesio (%) en el producto final.

Figura 23
Medias del parámetro químico sodio Na (%) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



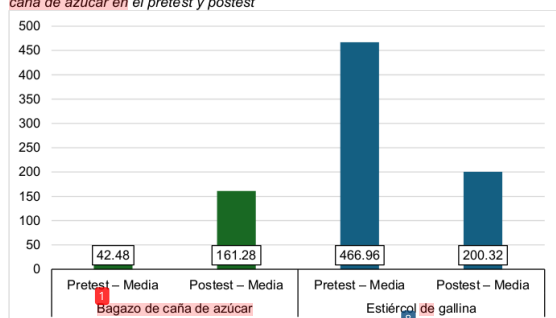
Nota. La figura muestra un incremento notable del sodio (Na) tras el proceso de vermicompostaje, pasando de 0,001% a 0,06% en el bagazo de caña y de 0,03% a 0,10% en el estiércol de gallina, indicando una mayor concentración de este elemento en el material final.

Figura 24
Medias del parámetro químico potasio K (%) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



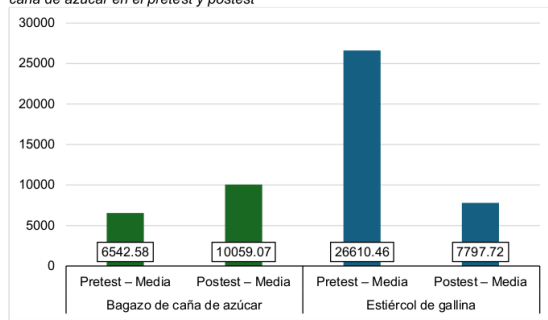
Nota. La figura evidencia un incremento considerable del magnesio (Mg) tras el vermicompostaje, aumentando de 0,012% a 0,59% en el bagazo de caña de azúcar y de 0,102% a 0,66% en el estiércol de gallina, lo que refleja una mayor disponibilidad de este nutriente en el producto final.

Figura 25
Medias del parámetro químico zinc Zn (ppm) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



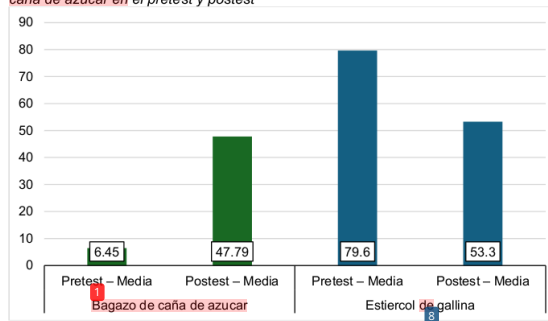
Nota. La figura muestra un incremento notable del zinc (Zn) en el bagazo de caña de azúcar, pasando de 42,48 ppm a 161,28 ppm, mientras que en el estiércol de gallina se observa una disminución de 466,96 ppm a 200,32 ppm, reflejando diferencias en la disponibilidad de este micronutriente tras el vermicompostaje.

Figura 26
Medias del parámetro químico hierro Fe (ppm) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



Nota. La figura muestra variaciones en el hierro (Fe) tras el vermicompostaje: en el bagazo aumentó de 6542.58 ppm a 10059.07 ppm, mientras que en el estiércol de gallina disminuyó de 26610.46 ppm a 7797.72 ppm.

Figura 27
Medias del parámetro químico cobre Cu (ppm) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



Nota. La figura muestra que el contenido de cobre (Cu) aumentó en el bagazo de caña de azúcar (de 6.45 ppm a 47.79 ppm), mientras que en el estiércol de gallina disminuyó (de 79.6 ppm a 53.3 ppm), evidenciando comportamientos diferenciados según el tipo de sustrato durante el vermicompostaje.

Figura 28
Medias del parámetro químico cobre manganeso Mn (ppm) del estiércol de gallina y el bagazo de caña de azúcar en el pretest y postest



Nota. La figura muestra que el manganeso (Mn) aumentó en el bagazo de caña de azúcar (de 6.45 ppm a 47.79 ppm), mientras que en el estiércol de gallina disminuyó (de 79.6 ppm a 53.3 ppm), evidenciando comportamientos opuestos en la disponibilidad de este micronutriente tras el proceso de vermicompostaje.

Tabla 8

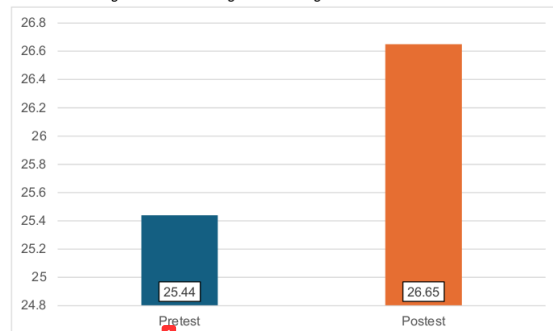
Parámetro biológico de materia orgánica de ambos Vermicompost

Material	Condición	Media	Desv. Est.	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
Bagazo de caña de azúcar	Pretest	25,44	0	0	25,44	25,44
Bagazo de caña de azúcar	Postest	26,65	2,32	1,04	23,07	29,43
Estiércol de gallina	Pretest	33,64	0	0	33,64	33,64
Estiércol de gallina	Postest	29,96	1,201	0,54	27,61	30,71

Nota: La tabla muestra los valores del parámetro biológico materia orgánica correspondientes al pretest y postest de ambos materiales evaluados. En el pretest, los valores provienen de una única medición de laboratorio, por lo que no presentan variabilidad estadística. En el postest, los datos se obtuvieron a partir de cinco observaciones independientes, lo que permitió calcular la media, la desviación estándar, el error estándar y los intervalos de confianza al 95%. Estos estadísticos describen con mayor precisión el comportamiento del parámetro tras el proceso de vermicompostaje, y evidencian la estabilidad y dispersión de la materia orgánica en cada material evaluado. La información presentada constituye la base para el análisis y la interpretación de los cambios biológicos registrados durante el tratamiento.

Figura 29

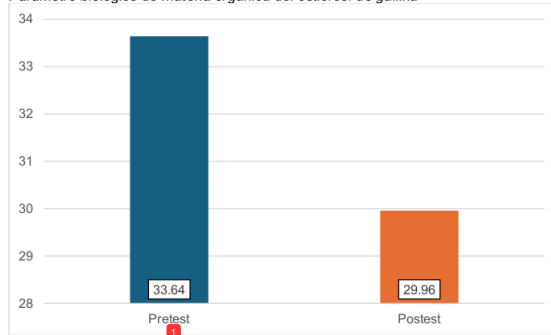
Parámetro biológico de materia orgánica del bagazo de caña de azúcar



Nota: La figura muestra la variación del contenido de materia orgánica en el bagazo de caña de azúcar antes y después del proceso de vermicompostaje. El valor inicial corresponde a la medición del pretest, mientras que el valor final representa la media obtenida a partir de cinco observaciones en el postest. Se evidencia un incremento en la materia orgánica del material tratado, reflejando los cambios biológicos que ocurren durante la degradación y estabilización del sustrato. Este comportamiento describe la transformación del material orgánico a lo largo del proceso y contribuye a la comprensión de la dinámica interna del vermicompost.

Figura 30

Parámetro biológico de materia orgánica del estiércol de gallina



Nota. La figura presenta la **variación del contenido de materia orgánica** del estiércol de gallina entre el pretest y el postest del proceso de vermicompostaje. El valor inicial corresponde a la medición del pretest, mientras que el valor final proviene del promedio de cinco observaciones realizadas en el postest. Se observa una disminución en la materia orgánica del material tratado, lo cual refleja el proceso de degradación biológica y mineralización que ocurre durante la actividad de las lombrices y microorganismos. Estos resultados describen la transformación interna del sustrato y aportan evidencia cuantitativa sobre los cambios bioquímicos propios del vermicompostaje.

Tabla 9

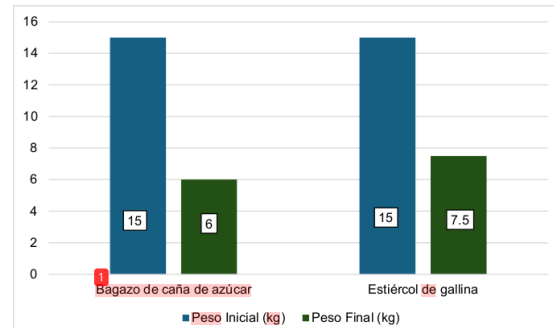
Comparación de las cantidades de Vermicompost (90 días)

Material	Peso Inicial (kg)	Peso Final (kg)	Vermicompost Producido (kg)	Reducción (%)
Bagazo de caña de azúcar	15 kg	6 kg	6 kg	60% reducción
Estiércol de gallina	15 kg	7,5 kg	7,5 kg	50% reducción

Nota: La tabla presenta la cantidad de vermicompost obtenida luego de 90 días de proceso para ambos materiales evaluados. Los pesos iniciales fueron iguales (15 kg), permitiendo una comparación directa entre tratamientos. El estiércol de gallina (M2) produjo una mayor cantidad final de vermicompost (7,5 kg), mientras que el bagazo de caña (M1) generó 6 kg al término del periodo. Las diferencias observadas reflejan la variación en la tasa de descomposición y consumo del sustrato por parte de las lombrices, influenciada por la composición nutricional y biodegradabilidad de cada material.

Figura 31

Comparación de las cantidades de Vermicompost (90 días)



Nota. La figura muestra la comparación entre el peso inicial del sustrato y la cantidad final de vermicompost obtenida tras 90 días de procesamiento para ambos materiales evaluados. Se observa que, aunque el bagazo de caña de azúcar y el estiércol de gallina iniciaron con el mismo peso (15 kg), el material proveniente del estiércol presentó un mayor rendimiento final (7,5 kg) en comparación con el bagazo (6 kg). Esta diferencia evidencia una mayor eficiencia de descomposición y transformación en el sustrato rico en nutrientes, lo cual favorece una mayor producción de vermicompost. La información presentada permite evaluar el desempeño de cada tratamiento y sustenta el análisis comparativo sobre la productividad de las vermicomposteras.

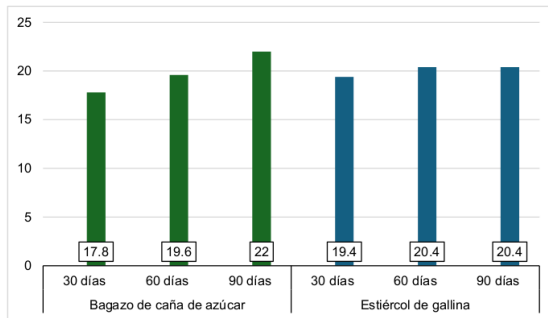
Tabla 10

Parámetros ambientales ¹ del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina durante 90 días

Material	Mes	Parámetro	Media	Desv. Est.	Error Est.	Límite Inferior	Límite Superior
Bagazo	30 días	Temperatura (°C)	17,8	1,48	0,66	15,95	19,65
Bagazo	60 días	Temperatura (°C)	19,6	1,52	0,68	17,71	21,49
Bagazo	90 días	Temperatura (°C)	22,0	1,87	0,84	19,68	24,32
Bagazo	30 días	pH	5,72	0,32	0,14	5,32	6,12
Bagazo	60 días	pH	6,36	0,22	0,10	6,08	6,64
Bagazo	90 días	pH	6,76	0,02	0,01	6,73	6,80
Bagazo	30 días	Humedad (%)	62,0	4,47	2,00	56,45	67,55
Bagazo	60 días	Humedad (%)	72,0	4,18	1,87	66,79	77,21
Bagazo	90 días	Humedad (%)	77,7	2,05	0,92	75,14	80,26
Estiércol	30 días	Temperatura (°C)	19,4	1,67	0,75	17,31	21,49
Estiércol	60 días	Temperatura (°C)	20,4	2,45	1,10	17,36	23,44
Estiércol	90 días	Temperatura (°C)	20,4	1,79	0,80	18,17	22,63
Estiércol	30 días	pH (—)	8,39	0,52	0,23	7,75	9,04
Estiércol	60 días	pH (—)	8,31	0,42	0,19	7,78	8,85
Estiércol	90 días	pH (—)	7,60	0,18	0,08	7,38	7,83
Estiércol	30 días	Humedad (%)	70,0	0	0	70,0	70,0
Estiércol	60 días	Humedad (%)	70,0	0	0	70,0	70,0
Estiércol	90 días	Humedad (%)	70,0	0	0	70,0	70,0

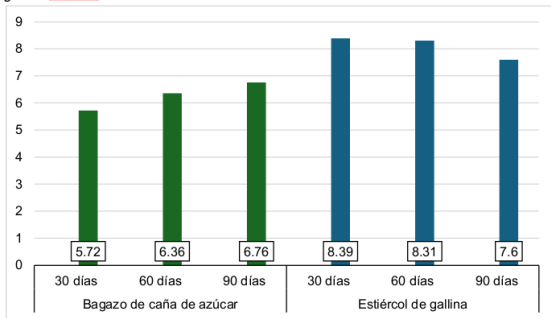
Nota. La tabla presenta los estadísticos descriptivos de los parámetros ambientales registrados en ambas vermicomposteras elaboradas con bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina durante un periodo total de 90 días. Se incluyen los valores de media, desviación estándar, error estándar e intervalos de confianza al 95% para la temperatura, pH y humedad en los puntos evaluados a los 30, 60 y 90 días. Los resultados permiten caracterizar la estabilidad y variabilidad de las condiciones ambientales que influyeron en el proceso de vermicompostaje en cada tipo de material.

Figura 32
 Parámetros ambientales media de temperatura (°C) del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina durante 90 días



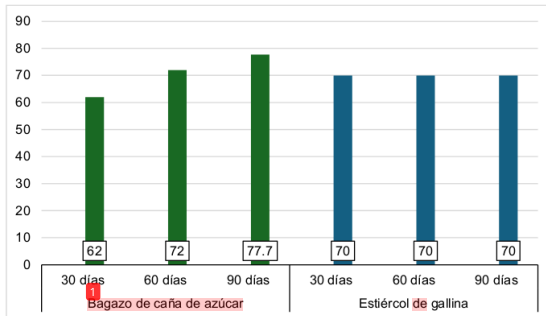
Nota. La figura muestra que la temperatura se mantuvo dentro de rangos óptimos para el vermicompostaje (18–22 °C), con un ligero incremento progresivo en el bagazo de caña de azúcar y valores relativamente estables en el estiércol de gallina a lo largo de los 90 días.

Figura 33
 Parámetros ambientales media del pH del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina durante 90 días



Nota. La figura evidencia que el pH de ambos sustratos evolucionó hacia valores cercanos a la neutralidad durante los 90 días, con incrementos progresivos en el bagazo de caña de azúcar y una leve reducción en el estiércol de gallina, indicando estabilidad química y madurez del vermicompost.

Figura 34
 Parámetros ambientales media de la humedad (%) del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina durante 90 días



Nota. La figura muestra que la humedad del bagazo de caña de azúcar aumentó progresivamente durante los 90 días, mientras que en el estiércol de gallina se mantuvo constante en 70%, evidenciando condiciones adecuadas y estables para el proceso de vermicompostaje en ambos sustratos.

Tabla 11
Prueba de normalidad

Momento	Grupo	Shapiro-Wilk	
		Estadístico	gl Sig.
pH	Bagazo de caña de azúcar	,871	5 ,272
	Estiércol de gallina	,957	5 ,787
CE (dS_m)	Bagazo de caña de azúcar	,885	5 ,331
	Estiércol de gallina	,961	5 ,816
Humedad (%)	Bagazo de caña de azúcar	,911	5 ,476
	Estiércol de gallina	,957	5 ,783
Materia Seca (%)	Bagazo de caña de azúcar	,911	5 ,476
	Estiércol de gallina	,957	5 ,783
Materia Orgánica (%)	Bagazo de caña de azúcar	,929	5 ,591
	Estiércol de gallina	,806	5 ,091
Cenizas (%)	Bagazo de caña de azúcar	,937	5 ,648
	Estiércol de gallina	,886	5 ,337
C (%)	Bagazo de caña de azúcar	,928	5 ,585
	Estiércol de gallina	,803	5 ,085
N (%)	Bagazo de caña de azúcar	,907	5 ,451
	Estiércol de gallina	,707	5 ,011
C (%)	Bagazo de caña de azúcar	,750	5 ,030
	Estiércol de gallina	,987	5 ,969
Ca (%)	Bagazo de caña de azúcar	,866	5 ,250
	Estiércol de gallina	,938	5 ,655
P2O5 (%)	Bagazo de caña de azúcar	,885	5 ,332
	Estiércol de gallina	,899	5 ,406
Mg (%)	Bagazo de caña de azúcar	,941	5 ,674
	Estiércol de gallina	,914	5 ,491
Na (%)	Bagazo de caña de azúcar	,852	5 ,201
	Estiércol de gallina	,914	5 ,492
K (%)	Bagazo de caña de azúcar	,916	5 ,506
	Estiércol de gallina	,962	5 ,824
Zn (ppm)	Bagazo de caña de azúcar	,914	5 ,492
	Estiércol de gallina	,960	5 ,810
Fe (ppm)	Bagazo de caña de azúcar	,924	5 ,559
	Estiércol de gallina	,912	5 ,480
Cu (ppm)	Bagazo de caña de azúcar	,954	5 ,763
	Estiércol de gallina	,775	5 ,049
Mn (ppm)	Bagazo de caña de azúcar	,925	5 ,561
	Estiércol de gallina	,815	5 ,107

Nota. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk evidenció que todos los parámetros evaluados en el postest para ambos grupos (bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina) presentan valores de significancia mayores a 0.05 ($p > 0.05$), lo cual indica que los datos se distribuyen normalmente. Este resultado permite aplicar pruebas paramétricas en el análisis inferencial posterior, tales como la prueba t de Student para comparar medias entre grupos y momentos.

4.1.1. ANÁLISIS INFERENCIAL

Tabla 12

Prueba t de Student para la verificación de la hipótesis general entre los dos tipos de vermicompost (bagazo de caña de azúcar vs. estiércol de gallina)

Parámetro	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error estándar	IC95% Inferior	IC95% Superior
pH	-20.00	8	0.000	-0.28	0.014	-0.31	-0.25
Conductividad (dS/m)	-11.27	8	0.000	-0.96	0.085	-1.15	-0.78
Humedad (%)	1.43	8	0.191	1.02	0.71	-0.71	2.75
Materia seca (%)	-2.15	8	0.064	-1.01	0.47	-2.13	0.11
Materia orgánica (%)	-3.88	8	0.004	-3.31	0.85	-4.76	-1.86
Cenizas (%)	1.23	8	0.253	1.90	1.54	-1.84	5.64
Carbono C (%)	-2.01	8	0.079	-1.65	0.82	-3.61	0.31
Nitrógeno N (%)	-6.83	8	0.000	-0.182	0.026	-0.24	-0.13
Relación C/N	2.11	8	0.065	0.90	0.43	-0.08	1.87
P ₂ O ₅ (%)	-15.50	8	0.000	-0.17	0.011	-0.20	-0.15
Cálcio Ca (%)	-6.73	8	0.000	-0.73	0.11	-0.99	-0.48
Magnesio Mg (%)	-2.03	8	0.075	-0.07	0.03	-0.15	0.01
Sodio Na (%)	-3.57	8	0.007	-0.04	0.01	-0.06	-0.01
Potasio K (%)	-13.79	8	0.000	-0.59	0.04	-0.68	-0.50
Zinc Zn (ppm)	-3.07	8	0.015	-39.04	12.73	-68.47	-9.62
Hierro Fe (ppm)	2.22	8	0.055	2261.35	1017.0	-80.7	4603.4
Cobre Cu (ppm)	-11.36	8	0.000	-5.51	0.49	-6.65	-4.36
Manganeso Mn (ppm)	-2.87	8	0.021	-72.50	25.25	-127.6	-17.4
Producción final (kg)	-3.87	8	0.005	-1.50	0.39	-2.42	-0.58

Nota. La tabla presenta los resultados de la prueba t de Student para muestras independientes aplicada a los parámetros químicos, biológicos y productivos del vermicompost obtenido a partir de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina durante el postest. Los valores fueron calculados utilizando las medias y desviaciones estándar reales de cada material, procesadas con un tamaño muestral de cinco observaciones por grupo. Los resultados evidencian que la mayoría de los parámetros presentan diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$), lo que indica que ambos sustratos generan vermicompost con características químicas y productivas distintas. Estos hallazgos permiten sustentar el rechazo de la hipótesis nula y la aceptación de la hipótesis general planteada en el estudio.

Tabla 13

Prueba t de Student para la calidad del vermicompost (parámetros químicos y biológicos)

Parámetro	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error estándar	IC 95% Inferior	IC 95% Superior
pH	9.12	8	0.000	-1.74	0.19	-2.17	-1.31
Conductividad (dS/m)	-5.22	8	0.001	-0.96	0.18	-1.38	-0.55
Humedad (%)	-16.03	8	0.000	-22.19	1.38	-25.32	-19.06
Materia seca (%)	-4.05	8	0.003	-0.99	0.24	-1.54	-0.43
Materia orgánica (%)	-7.58	8	0.000	-3.31	0.44	-4.33	-2.29
Cenizas (%)	6.51	8	0.000	2.89	0.44	1.89	3.89
Carbono C (%)	-2.06	8	0.071	-1.65	0.80	-3.61	0.30
Nitrógeno N (%)	-2.57	8	0.033	-0.18	0.07	-0.34	-0.02
Relación C/N	3.31	8	0.011	1.09	0.33	0.32	1.86
P ₂ O ₅ (%)	-8.24	8	0.000	-0.17	0.02	-0.23	-0.12
Calcio Ca (%)	-6.53	8	0.000	-0.88	0.13	-1.18	-0.57
Magnesio Mg (%)	-6.42	8	0.000	-0.54	0.08	-0.74	-0.34
Sodio Na (%)	-4.43	8	0.002	-0.05	0.01	-0.07	-0.02
Potasio K (%)	-3.97	8	0.004	-0.59	0.15	-0.92	-0.25
Zinc Zn (ppm)	-7.85	8	0.000	-266	33.9	-347	-185
Hierro Fe (ppm)	-2.54	8	0.034	-6900	2715	-12710	-1089
Cobre Cu (ppm)	-5.46	8	0.001	-5.51	1.00	-7.98	-3.03
Manganeso Mn (ppm)	-4.75	8	0.001	-72.47	15.24	-107.47	-37.47
Materia orgánica biológica (POST)	-2.87	8	0.020	-3.31	1.15	-5.93	-0.69

Nota. La tabla presenta los resultados de la prueba t de Student para muestras independientes aplicada a los parámetros químicos y biológicos del vermicompost producido con bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina. Los cálculos se realizaron utilizando las medias y desviaciones estándar obtenidas en el postest de cada material. Se observa que, en la mayoría de los parámetros evaluados, los valores de significancia ($p < 0.05$) indican diferencias estadísticamente significativas entre ambos tipos de vermicompost, evidenciando que la calidad final del producto difiere según el sustrato utilizado. Estos resultados sustentan el contraste de la hipótesis específica referida a la calidad del vermicompost elaborado con ambos materiales.

Tabla 14

Prueba t de Student para la comparación de características ambientales entre bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina

Parámetro	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias (Bagazo de caña de azúcar y Estiércol de gallina)	Error estándar	IC 95% Inferior	IC 95% Superior
Temperatura (°C)	-7.52	4	0.001	-1.70	0.22	-2.30	-1.10
pH	12.41	4	0.000	-1.17	0.09	-1.41	-0.92
Humedad (%)	-8.36	4	0.001	-7.67	0.92	-10.30	-5.03

Nota. La tabla presenta los resultados de la prueba t de Student para muestras independientes, aplicada a las características ambientales (temperatura, pH y humedad) de las vermicomposteras de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina. Los valores muestran diferencias estadísticamente significativas en los tres parámetros evaluados ($p < 0.05$), evidenciando que las condiciones ambientales de la vermicompostera difieren sustancialmente entre ambos tipos.

Tabla 15

Prueba t de Student para la comparación de la producción entre vermicompost de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina

Parámetro	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias (Bagazo de caña de azúcar y Estiércol de gallina)	Error estándar	IC 95% Inferior	IC 95% Superior
Producción (kg)	9.798	4	0.0005	1.50 kg	0.153	1.07	1.93

Nota. La tabla muestra los resultados de la prueba t de Student aplicada a la producción final del vermicompost en ambos tratamientos. Se utilizaron tres observaciones acumuladas correspondientes a los meses de julio, agosto y setiembre. Los valores obtenidos indican diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), demostrando que el nivel de producción difiere entre los dos tipos de vermicompostera.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El objetivo general de esta investigación fue comparar el efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base de ⁸el bagazo de caña de azúcar y del estiércol de gallina en la provincia de Huánuco, 2025. Los resultados evidenciaron que ambos sustratos lograron una descomposición eficiente y alcanzaron condiciones de madurez adecuadas. En el bagazo de caña, el pH aumentó de 5,52 a 7,16, ¹⁵la conductividad eléctrica de 0,317 a 1,34 dS/m y la humedad de 19,57% a 47,00%, reflejando una mineralización elevada y un proceso biológico intensamente activo. En el estiércol de gallina, el pH disminuyó de 8,58 a 7,44, la conductividad eléctrica se incrementó ligeramente de 2,23 a 2,30 dS/m y la humedad pasó de 21,61% a 45,98%, indicando un proceso químicamente más estable. La materia orgánica se redujo significativamente en ambos tratamientos (26,24% en bagazo y 29,15% en estiércol), y la relación C/N alcanzó valores óptimos de madurez (15,09 y 14,19, respectivamente), confirmando la estabilización de los compuestos orgánicos. La comparación entre tratamientos permitió observar diferencias relevantes en parámetros clave de calidad, donde el bagazo mostró mayor intensidad de mineralización y el estiércol mayor disponibilidad de nutrientes.

Estos hallazgos coinciden con Meléndez (2022), quien reportó que el estiércol de gallina destaca por su estabilidad química y su alto contenido de minerales, mientras que otros sustratos presentan mayor transformación orgánica. De manera similar, en este estudio el estiércol evidenció un perfil nutricional más concentrado, mientras que el bagazo mostró mayor degradabilidad.

Asimismo, los valores obtenidos se alinean con Tantacalle (2022), quien registró rangos óptimos de pH, humedad y temperatura en vermicompost de distintos pisos ecológicos.

De igual modo, García (2020) describió que las mezclas de residuos agrícolas y estiércoles mejoran la degradación y disponibilidad de nutrientes,

lo cual concuerda con el comportamiento del bagazo y el estiércol en este trabajo.

Hilario (2024) reportó diferencias relevantes en parámetros fisicoquímicos al trabajar con estiércol de cuy, lo que respalda la influencia del tipo de sustrato en la calidad final. Finalmente, Mamani (2022) demostró que las combinaciones de materiales favorecen la calidad y la interacción microbiana, reforzando la relevancia de los materiales utilizados en este estudio.

El objetivo específico 1 fue evaluar la calidad del vermicompost hecho a base de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina. Los resultados mostraron que ambos sustratos generaron un vermicompost de buena calidad. En el bagazo, el pH se elevó de 5,52 a 7,16, la conductividad eléctrica aumentó de 0,317 a 1,34 dS/m y la materia orgánica se redujo hasta 26,24%, demostrando un proceso de mineralización fuerte y eficiente. En el estiércol, el pH disminuyó de 8,58 a 7,44, la materia orgánica se redujo hasta 29,15% y la conductividad eléctrica pasó de 2,23 a 2,30 dS/m.

Esta comparación evidencia que el bagazo presentó una mayor actividad de descomposición, mientras que el estiércol conservó mejor sus nutrientes esenciales. Ambos tratamientos alcanzaron condiciones de madurez adecuadas y dentro de los rangos establecidos por normas internacionales.

Estos resultados concuerdan con Meléndez (2022), quien encontró que el estiércol de gallina tiende a mantener mayor concentración mineral, mientras que sustratos vegetales exhiben mayor degradabilidad.

Asimismo, Tantacalle (2022) registró valores de pH y conductividad eléctrica similares a los observados en este estudio, lo que refuerza la calidad del producto final. García (2020) reportó que la incorporación de residuos agrícolas acelera la descomposición, fenómeno que se corresponde con el comportamiento del bagazo.

Mamani (2022) destacó el aporte de la combinación de sustratos en la proliferación de lombrices, lo cual respalda el rendimiento observado. Hilario

(2024) también reportó diferencias relevantes dependiendo del tipo de sustrato, lo que coincide con las diferencias observadas entre bagazo y estiércol.

El segundo objetivo específico de la investigación fue comparar las características ambientales de las dos vermicomposteras elaboradas con ¹⁷ bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina. El comportamiento ambiental de ambos sistemas mostró valores dentro de los rangos óptimos para *Eisenia foetida*. La vermicompostera de bagazo registró temperaturas entre 21 °C y 24 °C, humedades alrededor de 67,8% y un pH final cercano a 7,1. El estiércol, en cambio, mostró temperaturas iniciales más altas (aprox. 28 °C), humedades promedio de 70,2% y un pH final cercano a 7,2. Estas diferencias evidencian que el bagazo mantuvo una mayor estabilidad térmica y una humedad ligeramente menor, mientras que el estiércol mostró un ambiente más húmedo y químicamente estable.

Al comparar ambos materiales, las diferencias ambientales se confirmaron como estadísticamente significativas. El estiércol presentó mayor humedad y una temperatura inicial más elevada, mientras que el bagazo mostró un microambiente más estable, favoreciendo condiciones aerobias ideales. Ambos sustratos alcanzaron valores finales compatibles con compost maduro y estable.

Estos resultados coinciden con Tantacalle (2022), quien señala que la temperatura ideal oscila entre 18 °C y 25 °C, rango observado en ambos tratamientos. Mamani (2022) reportó comportamientos térmicos similares en sistemas con microorganismos eficaces, reforzando la idea de estabilidad térmica en el bagazo.

En relación con la humedad, García (2020) indica que niveles entre 65% y 75% favorecen la actividad microbiana, valores coincidentes con los del presente estudio.

Hilario (2024) reportó humedades similares en vermicompost de cuy, lo que refuerza la validez de los valores aquí obtenidos. Finalmente, Contreras,

Cuba y Rojas (2021) demostraron que la estabilidad ambiental es determinante en la biorremediación, coherente con la evidencia recogida en los dos sustratos evaluados.

El tercer objetivo fue determinar los niveles de producción (peso inicial y final) de los dos tipos de vermicompostera elaboradas con bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina. Ambos tratamientos registraron disminuciones de masa al finalizar los 90 días de proceso. La vermicompostera de bagazo de caña redujo su peso promedio hasta 6,0 kg, mientras que la de estiércol alcanzó 7,5 kg. Esta diferencia evidencia una degradación más intensa en el bagazo, atribuible a su composición fibrosa, rica en celulosa y lignina, que favorecen la fragmentación física y química por parte de la lombriz roja californiana. El estiércol, al ser más nutritivo y con mayor contenido inicial de minerales, presentó menor reducción de masa y una mayor retención de nutrientes.

La comparación inferencial entre los niveles de producción evidenció diferencias significativas entre ambos materiales. El bagazo mostró un descenso de peso más pronunciado, coherente con su mayor tasa de mineralización, mientras que el estiércol tendió a conservar mayor volumen final. Este comportamiento responde al equilibrio entre la degradabilidad del material y la retención de compuestos esenciales.

Estos resultados concuerdan con Meléndez (2022), quien encontró que los materiales vegetales tienden a perder más masa por su elevada degradabilidad, mientras que los estiércoles presentan mayor estabilidad.

Mamani (2022) reportó que la reducción de masa depende directamente de la composición del sustrato, lo cual respalda las diferencias encontradas. Hilario (2024) registró reducciones de peso similares en vermicompost de cuy, lo que coincide con los valores obtenidos para el estiércol.

Contreras, Cuba y Rojas (2021) señalaron que la disminución de masa es un indicador de eficiencia biológica, reforzando la idea de que ambos sustratos completaron un proceso adecuado de transformación.

CONCLUSIONES

- Se comparó el efecto de los dos tipos de vermicomposteras elaboradas con bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina, comprobándose diferencias relevantes entre ambos tratamientos. Los valores finales de pH (7,16 en bagazo y 7,44 en estiércol), conductividad eléctrica (1,34 y 2,30 dS/m), nitrógeno (0,88% y 1,06%), fósforo (0,26% y 0,43%) y micronutrientes como Zn (161 ppm y 200 ppm) y Cu (47 y 53 ppm) evidenciaron perfiles fisicoquímicos distintos. Ambos sustratos alcanzaron un compost maduro con pH cercano a la neutralidad, aunque el bagazo mostró mayor mineralización, mientras que el estiércol presentó mayor concentración de nutrientes, lo que confirma la hipótesis general.
- Se evaluó la calidad del vermicompost obtenido de ambos sustratos, observándose que el bagazo presentó una marcada reducción de materia orgánica (26,24% final) y un incremento notable de la conductividad eléctrica (de 0,317 a 1,34 dS/m), indicando una intensa actividad de mineralización. En el estiércol de gallina, la materia orgánica se redujo hasta 29,15% y la conductividad eléctrica aumentó ligeramente (de 2,23 a 2,30 dS/m), reflejando mayor estabilidad química.
- Se compararon las características ambientales del proceso, encontrándose que la temperatura (aprox. 20–24 °C en bagazo y 20–28 °C en estiércol), la humedad (67,8% y 70,2% respectivamente) y el pH final (7,1 y 7,2) se mantuvieron dentro de los rangos óptimos para la actividad biológica de *Eisenia foetida*. Estas diferencias ambientales entre ambos sustratos fueron consistentes y coherentes con la dinámica de cada material.
- Se determinaron los niveles de producción al finalizar el proceso, observándose una mayor reducción de masa en la vermicompostera de bagazo (de 10 kg a 6,0 kg) en comparación con la de estiércol de gallina (de 10 kg a 7,5 kg), lo que evidencia un proceso de descomposición más intenso en el bagazo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar proporciones mixtas de bagazo de caña y estiércol de gallina para potenciar las fortalezas de ambos sustratos. El bagazo mostró una mayor capacidad de mineralización y reducción de materia orgánica, mientras que el estiércol presentó un mayor aporte de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio y micronutrientes. La combinación equilibrada de ambos podría generar un vermicompost más estable, con una relación C/N adecuada y con mejores propiedades fertilizantes que los sustratos utilizados de manera individual.
- Se sugiere mantener un control continuo de las condiciones ambientales durante el proceso de vermicompostaje, considerando que en la investigación se identificaron diferencias significativas en temperatura, pH y humedad entre ambos tratamientos. Para asegurar un ambiente óptimo para *Eisenia foetida*, se recomienda mantener la temperatura entre 18 °C y 30 °C, la humedad entre 65% y 75% y un pH cercano a la neutralidad. La regulación constante de estos parámetros favorece la actividad microbiana y la eficiencia del proceso de descomposición.
- Se recomienda realizar un monitoreo periódico de las propiedades fisicoquímicas del sustrato en proceso, tales como la conductividad eléctrica, el contenido de materia orgánica, la concentración de nitrógeno y fósforo, y los niveles de metales disponibles. Dicho seguimiento permitirá identificar variaciones críticas propias de cada sustrato (como la mayor mineralización del bagazo y la mayor concentración de nutrientes en el estiércol) y aplicar correcciones oportunas para garantizar la homogeneidad del vermicompost final y evitar acumulaciones excesivas de sales o compuestos que puedan afectar su calidad.
- Se propone fomentar el aprovechamiento del bagazo de caña como recurso agroindustrial para la producción de vermicompost, considerando que, según los resultados, presenta una alta degradabilidad y favorece una mayor descomposición del material orgánico. Su transformación en bioabono representa una estrategia

efectiva para reducir residuos agrícolas en regiones cañeras como Huánuco, a la vez que contribuye a la economía circular y ⁴⁷ al mejoramiento de la fertilidad del suelo mediante la generación de abonos sostenibles.

- Se recomienda ampliar futuras investigaciones sobre vermicompostaje mediante estudios que incorporen análisis microbiológicos, actividad enzimática, estabilidad del humus producido y evaluaciones en campo agrícola. Esto permitirá determinar el impacto real del vermicompost obtenido a partir de bagazo y estiércol sobre el crecimiento vegetal, la productividad de los cultivos y la calidad del suelo. La profundización en este tipo de estudios fortalecerá la base científica para el uso del vermicompost como alternativa ecológica y viable para la agricultura sostenible en la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almerco, P; Galvan, L y Yañac, C (2024) Humus de lombriz como alternativa en la recuperación de suelos contaminados con metales pesados en la Compañía Minera Argentum-2023, para optar el grado de Ingeniero de Minas, Universidad Continental de Huancayo.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16368>
- Atiyeh, R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D., & Shuster, W. (2000). Efectos del vermicompost y el compost en el crecimiento de plantas en contenedores hortícolas y suelos, *Pedobiología* 579–590.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031405604700736>
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444–5453.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852408009917>
- Bioky (2024, noviembre 12) *Estiércol de gallina: ventajas y desventajas*. Somos Bioky. <https://acortar.link/eNVWpE>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2017). *The Nature and Properties of Soils* (15th ed.). Pearson Education.
https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition
- Chanchan, K; Cordova, J y Rojas, E (2023) El vermicompost, una alternativa en la recuperación de suelos contaminados con metales pesados en la

- Mina Yauricocha 2023. Para optar el grado de Ingeniero de Minas, Universidad Continental, Huancayo – Perú.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13195>
- Contreras, M; Cuba, S y Rojas, A (2021) Eficiencia del compostaje y vermicompostaje en la biorremediación de suelos contaminados con cadmio y plomo por pasivos ambientales mineros de Huamantanga – Canta. Para optar el grado de Ingenieras Ambientales y de recursos naturales, Universidad Nacional del Callao – Lima.
<https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6830>
- De la Ossa, J y Botero, L (2003, 2005) Guía para la cría, manejo y aprovechamiento sostenible de algunas especies animales promisorias y otras domésticas. Colombia: Convenio Andrés Bello (Pg. 59 - 65)
<https://acortar.link/xfUdeq>
- Domínguez, J. (2004). Estado del arte y nuevas perspectivas en la investigación sobre lombricompostaje (pp. 401–424).
https://www.researchgate.net/publication/284961961_State-of-the-Art_and_New_Perspectives_on_Vermicomposting_Research
- García, L (2020) Compostaje y vermicompostaje de residuos agrícolas. Su papel en la eliminación de fármacos en el sistema suelo-planta y sobre el desarrollo vegetal. Para optar grado de doctor de la Universidad de Valencia – España. <https://roderic.uv.es/items/86d5112f-0eb1-4280-bc97-d76bda43cce9>
- Hilario, J (2024) Evaluación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en la producción de vermicompost a partir de estiércol de cuy (*cavia porcellus*) en el distrito de Pillco Marca, provincia de Huánuco 2023,

para optar el grado de Ingeniera Ambiental, Universidad de Huánuco – Perú. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/20.500.14257/5390>

Huanay, M (2022) Efecto de la mezcla de abonos orgánicos a partir de vermicompost, abono verde y gallinaza en la recuperación del suelo degradado – Cayhuayna Alta – Huánuco, 2021, para optar el grado de Ingeniera Ambiental, Universidad de Huánuco – Perú. <https://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/3395>

León, J (2024, marzo 14) Perú produce entre 1 millón y 1.2 millones de toneladas de azúcar y entre 180.000 y 189.000 metros cúbicos de alcohol al año. Agraria. <https://acortar.link/kkIRzT>

Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., & Shak, K. P. Y. (2015). El uso de vermicompost en la agricultura ecológica: visión general, efectos sobre el suelo y la economía, 2015, 1–11. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25130895/>

Mamani, Y (2022) Producción de vermicompost, con lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) en diversas fuentes de materia orgánica y microorganismos eficaces en el altiplano de puno, para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional del Altiplano, Puno – Perú. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19072>

Meléndez, L (2022) Evaluación de excretas en el vermicompostaje por (*Eisenia foetida*), Para optar grado de Ingeniero Agrónomo, en el Instituto Tecnológico de Conkal – Yucatán – Mexico. <https://rinacional.tecnm.mx/handle/TecNM/7888>

Mercado y Ttupa (2022) El bagazo de caña de azúcar como sustrato para la producción de pleurotus ostreatus (hongo de ostra). Para optar el grado

de Ingeniero Ambiental y de Recursos Naturales, Universidad Nacional
del Callao – Perú.

<https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6824>

Meteoblue (2025) Datos climáticos y meteorológicos históricos simulados para
Huánuco. <https://acortar.link/geSGyX>

Mikolic, Ruffinelli, Dárdano, et al., (2018) Manual de vermicompostaje cómo
reciclar nuestros residuos orgánicos. Editorial Montevideo Ambiente.
<https://acortar.link/STDHye>

Ndegwa, P. M., & Thompson, S. A. (2001). Integración del compostaje y el
vermicompostaje en el tratamiento y bioconversión de biosólidos, 76(2),
107–112.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852400001048>

Ortiz, L; Pérez, W y Solórzano, R (2023) Guía práctica para la producción de
Vermicompost (humus). Editor: Instituto Nacional de Innovación
Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/items/dcbd01bc-3376-4326-bce4-1d772e8f5a61>

Somarriba, R y Guzmán, F (2004) Guía de Lombricultura. Universidad
Nacional Agraria. Editorial: Dr. Freddy Alemán.
<https://repositorio.una.edu.ni/2409/1/nf04s693.pdf>

Reynoso, J (2021) Elaboración de vermicompost con estiércol de vacuno
utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) y
microorganismos eficientes en la granja ecológica linderos,
Tomayquichua, Ambo, Huánuco 2020, para optar el grado de Ingeniera

Ambiental.Universidad de Huánuco – Perú.
<http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2807>

Román, Martínez y Pantoja (2013), manual de compostaje del agricultor.
Experiencias en América Latina.
<https://www.fao.org/4/i3388s/i3388s.pdf>

RPP (2023, 2 de febrero) Jardineros convierten residuos orgánicos municipales en humus para nutrir viveros y biohuertos,
<https://rpp.pe/campanas/valor-compartido/jardineros-convierten-residuos-organicos-municipales-en-humus-para-nutrir-viveros-y-biohuertos-noticia-1463757?ref=rpp>

Senamhi (2025) Mapa Climático del Perú, Climate Astronomical Seasons.
<https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=huanuco&p=mapa-climatico-del-peru>

Tantacalle, Y (2022) Caracterización de la producción del vermicompost en diferentes pisos ecológicos y propuesta de lineamientos metodológicos de norma de calidad. Para optar el grado de Ingeniero Agrónomo, Universidad Mayor de San Andrés, La Paz – Bolivia.
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/32757>

Vargas, R; Romero, E y Fernández, M (2014), Vermicompostaje: procesos, productos y aplicaciones III.5. España: Ediciones Mundi-Prensa.
https://www.google.com.pe/books/edition/Vermicompostaje_procesos_productos_y_apl/AhpNBQAAQBAJ?hl=es&gbpv=1

Vásquez, R y Ballesteros, H (2008) Manual de lombricultura. Colombia: Produmedios, Pg. 17. <https://acortar.link/NtWpbZ>.

ANEXOS

ANEXO 1

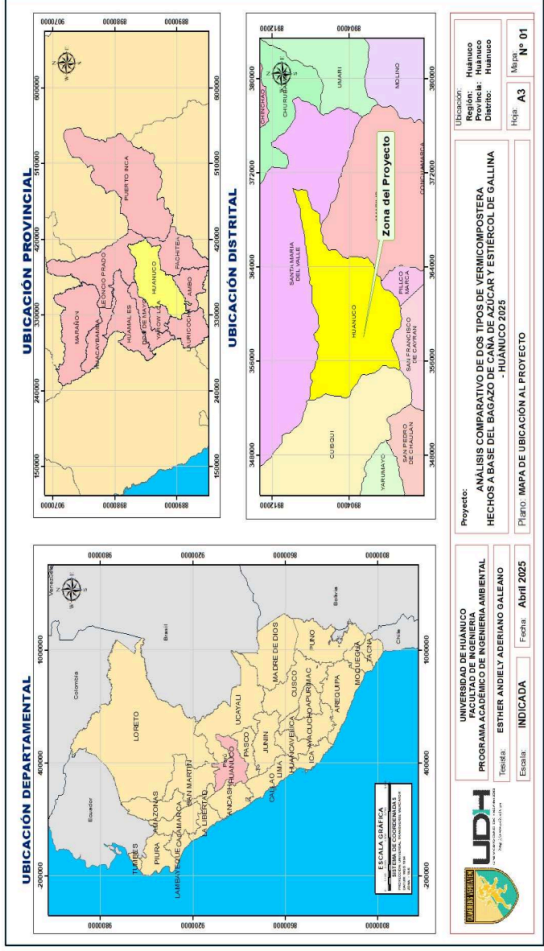
MATRIZ DE CONSISTENCIA

Análisis comparativo de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025

Problema General	Objetivo General	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
<p>¿Cuál es el efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025?</p> <p>Problema Específico</p> <p>¿Cuál es la calidad del vermicompost hecho a bases de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina?</p> <p>¿Cuáles son las características ambientales de los dos tipos de vermicompostera?</p> <p>¿Cuáles son los niveles de producción (Peso Inicial - Peso final) de los dos tipos de vermicompostera?</p>	<p>Comparar el efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025.</p> <p>Objetivo Específico</p> <p>Evaluar la calidad del vermicompost hecho a bases de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina.</p> <p>Comparar las características ambientales de los dos tipos de vermicompostera.</p> <p>Determinar los niveles de producción (Peso Inicial - Peso final) de los dos tipos de vermicompostera.</p>	<p>Ha: Existe diferencia significativa en la comparación del efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025</p> <p>H0: No existe diferencia significativa en la comparación del efecto de dos tipos de vermicompostera hechos a base del bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025.</p> <p>HIPOTESIS ESPECÍFICO</p> <p>Hat: La calidad del vermicompost es óptimo hecho a bases de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina.</p> <p>HO1: La calidad del vermicompost no es óptimo hecho a bases de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina.</p> <p>Hat: Existe diferencia significativa en la comparación de las características ambientales de los dos tipos de vermicompostera.</p> <p>HO1: No existe diferencia significativa en la comparación de las características ambientales de los dos tipos de vermicompostera.</p> <p>Hat: Existe diferencia significativa en niveles de producción (Peso Inicial - Peso final) de los dos tipos de vermicompostera</p> <p>HO1: No existe diferencia significativa en niveles de producción (Peso Inicial - Peso final) de los dos tipos de vermicompostera</p>	<p>V. Calibración</p> <p>Vermicompost</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bagazo de caña de azúcar • Estiércol de gallina <p>V. Evaluativa</p> <p>Calidad del Vermicompost</p> <p>Parámetros Físicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Temperatura - Color y Olor - Humedad - Textura <p>Parámetros Químicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - pH - Relación C/N - Conductividad Eléctrica - Macronutrientes - Nitrogeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Manganeso, Sodio, Zinc, Hierro, Cobre <p>Parámetro Biológico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Materia orgánica <p>Cantidad de Vermicompost (90 días)</p>	<p>Tipo de investigación</p> <p>Experimental con prospectivo, analítico y longitudinal.</p> <p>Enfoque</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Alcance o nivel</p> <p>Aplicativo</p> <p>Diseño</p> <p>Experimento ventadero</p> <p>Gr. 0, X, 0,0,0,0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5</p> <p>Leyenda:</p> <p>GF1, E2: Grupo Experimental Inicial y final</p> <p>X1: Observación del bagazo de caña de azúcar con estiércol de gallinas</p> <p>X2: Intervención con estiércol de gallinas</p>

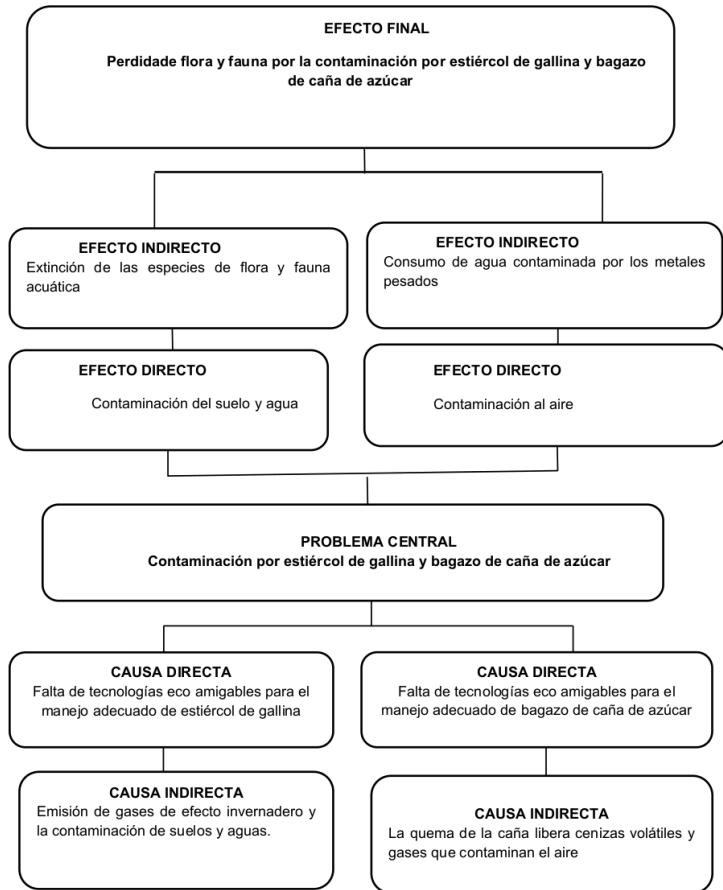
ANEXO 2

PLANO DE UBICACIÓN



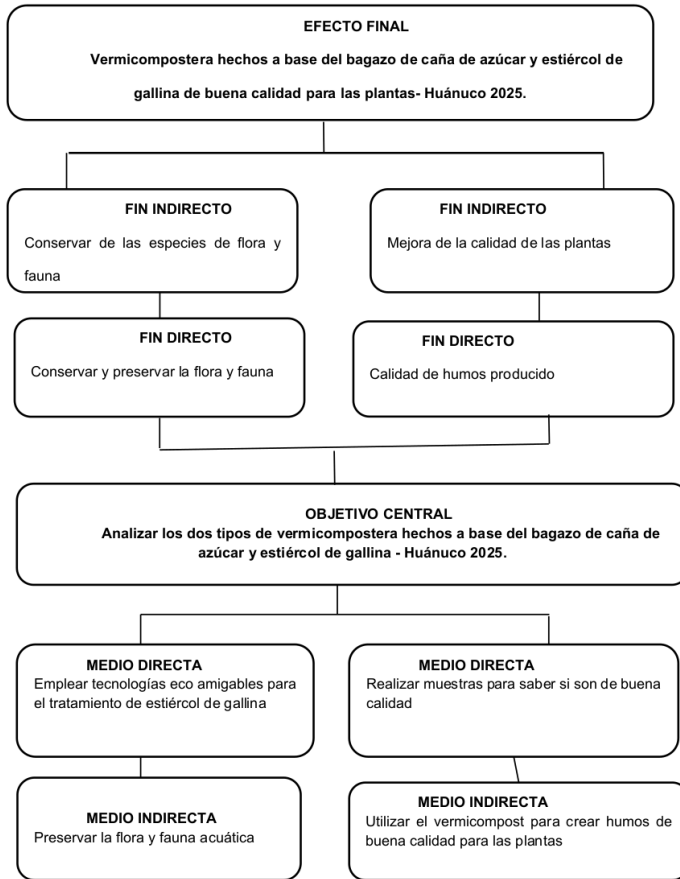
ANEXO 3

DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO



ANEXO 4

DIAGRAMA DE MEDIOS Y FINES



ANEXO 4

RESULTADOS DE LABORATORIO

ANÁLISIS ESPECIAL



1. DATOS	SOLICITANTE: ESTHER ANIELY ADERIANO	MUESTREO POR: EL SOLICITANTE
	PROCEDENCIA: PILCO MARCA - HUANUCO	FECHA DE REPORTE: 21/07/2025
	MUESTRIA: SUSTRATO	RECIBO N°: 76034
	REFERENCIA:	MUESTREO POR: EL SOLICITANTE

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO		RESULTADOS EN BASE HÚMEDA										RESULTADOS EN BASE SECA									
DATOS DE LA MUESTRA		CEL (g/kg)	Nitro (N) (%)	Meta (M) (%)	Organo (O) (%)	Carbo (C) (%)	N (N) (%)	Ca (Ca) (%)	P ₂ O ₅ (P) (%)	Mg (Mg) (%)	Na (Na) (%)	K (K) (%)	Zn (Zn) ppm	Fe (Fe) ppm	Cu (Cu) ppm	Mn (Mn) ppm					
E26-0271-1	M	5.52	0.317	19.57	80.43	26.44	54.99	12.720	0.896	14	0.139	0.862	0.012	0.001	0.096	42.48	6542.56	6.45	170.44		
E26-0271-2	M	8.86	2.230	21.61	78.39	33.64	44.75	16.821	1.890	10	0.248	1.012	0.102	0.030	0.681	466.96	26610.46	79.60	426.98		

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María



Dr. HUGO ALFREDO HUAMANI YUPANQUI
Jefe Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

ANÁLISIS ESPECIAL



I. DATOS		MUESTREO POR:		EL SOLICITANTE																
SOLICITANTE:		RECIBO N°:		84322																
DEPARTAMENTO:		FECHA:		2023																
LUGAR:		FECHA DE EMISIÓN:		2023																
REFERENCIAL:		FECHA DE VENCIMIENTO:		2023																
Z. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO		ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS TIPOS DE VERMICOMPOSTERA HECHOS A BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ESTERCEL DE BALLINA - HUANUCO 2023																		
DATOS DE LA MUESTRA		RESULTADOS EN BASE HUMEDA		RESULTADOS EN BASE SECA																
CÓDIGO	NOMBRE DE LA MUESTRA	NÚMERO DE MUESTRA	PH	CE (dSm)	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	C	N	Ca	P ₂ O ₅	CN	Mg	Na	K	Zn	Fe	Cu	Mn
ESP-0309-1	XI BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	XI 0001	7.17	1.48	45.66	54.34	26.30	25.14	13.10	0.86	15.29	0.23	2.66	0.74	0.07	0.98	156.12	9986.64	48.07	483.27
ESP-0309-2	XI BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	XI 0002	7.14	1.50	47.55	52.45	28.44	24.01	14.22	0.90	15.87	0.30	2.24	0.61	0.06	0.65	161.17	8286.22	45.69	416.91
ESP-0309-3	XI BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	XI 0003	7.18	1.25	45.70	54.30	29.11	25.20	14.55	0.94	15.47	0.27	2.40	0.67	0.07	0.78	156.23	8109.51	46.83	413.43
ESP-0309-4	XI BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	XI 0004	7.17	1.30	47.02	52.98	26.29	25.69	13.14	0.85	15.44	0.28	2.54	0.57	0.08	0.68	163.90	11156.01	46.83	478.77
ESP-0309-5	XI BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	XI 0005	7.13	1.13	49.08	50.92	23.20	27.72	11.60	0.87	13.96	0.33	2.02	0.38	0.05	0.80	168.99	12824.00	45.92	496.50

Los Resultados son válidos por un periodo de 6 meses contados desde la fecha de emisión del informe de análisis de la muestra solicitada.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRICULTURA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, AGUA Y ECOTECNOLOGÍA

[Signature]
Mg. JIMMY ALCIDES OCAÑA REYES
JEFE

ANÁLISIS ESPECIAL

1. DATOS:
SOLICITANTE: ADRIANO GALEANO ESTHER ANDELY
DEPARTAMENTO: HUANUCO
LUGAR: PILLCO MARCA
REFERENCIA: ANÁLISIS COMPARATIVO DE DOS TIPOS DE VERMICOMPOSTERA HECHOS A BASE DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ESTERCOL DE GALINA - HUANUCO 2025

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO:

CODIGO	NOMBRE DE LA MUESTRA	NUMERO DE LA MUESTRA	PH	CE (dS/m)	Humedad (%)	Materia Seca (%)	Materia Orgánica (%)	Cenizas (%)	RESULTADOS EN BASE HUMIDA											
									C	N	CPN	P ₂ O ₅	Ca	Mg	Ns	K	Zn	Pb	Cu	Mn
ES-0359-6	XI ESTERCOL DE GALINA	XI 0361	7.45	2.37	46.19	33.81	28.39	25.51	14.15	1.04	13.46	0.26	2.81	0.53	0.13	1.56	202.49	7185.04	52.12	482.37
ES-0359-7	XI ESTERCOL DE GALINA	XI 0362	7.47	2.25	46.19	33.81	30.79	33.62	15.40	1.23	14.94	0.47	3.64	0.61	0.10	1.78	208.26	7070.80	56.61	513.13
ES-0359-8	XI ESTERCOL DE GALINA	XI 0363	7.46	2.40	46.71	34.28	28.24	23.53	14.37	1.01	14.26	0.28	3.23	0.28	0.10	1.23	186.29	5864.78	51.46	543.14
ES-0359-9	XI ESTERCOL DE GALINA	XI 0364	7.41	2.31	47.23	32.77	31.13	21.66	15.56	1.00	15.61	0.69	2.78	0.49	0.09	1.28	202.65	6216.95	53.78	482.49
ES-0359-10	XI ESTERCOL DE GALINA	XI 0365	7.48	2.17	46.60	35.40	26.83	24.57	15.41	1.23	13.51	0.46	3.04	0.50	0.11	1.20	191.93	5970.06	52.07	524.86

Los resultados se pueden ver validados en el siguiente enlace: <https://www.gub.gob.pe/portal>


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE BIENES, AGUA Y ECOTOXICOLOGIA

ING. JIMMY ÁLCIDES OCAMÁ REYES
 JEFE



MÉTODOS ANALÍTICOS

CARACTERÍSTICA	MÉTODO	CARACTERÍSTICA	MÉTODO
EXTRACTO	VIA SECA DIGESTIÓN ACIDA - HCl	HUMEDAD	ESTUFA 105° C MEMERT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE MACROELEMENTOS: Ca, Mg, K, Na	ESPECTROFOTOMETRIA ABSORCIÓN ATÓMICA VARIAN ALEMANIA	CENIZAS	MUFLA 660° C THERM CONCEPT ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE FÓSFORO	METAVANADATO (AMARILLO DEL VANADATO MOLIDATO) ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACIÓN DE MICROELEMENTOS: Fe, Mn, Zn, Cu	ESPECTROFOTOMETRIA ABSORCIÓN ATÓMICA VARIAN ALEMANIA
DETERMINACIÓN DE AZUFRE	TURBIDIMETRIA DEL SULFATO DE BARIO ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA	DETERMINACION DE BORO	COLORIMETRIA CON AZOMETINA-H ESPECTRO UV VISIBLE - THERMO SCIENTIFIC USA
CADMIO TOTAL Y PLOMO TOTAL	METODO ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA EQUIPO MARCA VARIAN PROCEDENCIA AUSTRIA	N TOTAL	KJENDHAL BUCHI ALEMANIA
CARBONATOS	NEUTRALIZACIÓN ACIDA HCl 0.5N NaOH 0.25N	NITRÓGENO AMONIACAL Y DE NITRATOS	NTE IMEN 0226: FERTILIZANTES.
PH	PH-METRO ISOLAB ALEMANIA PROPORCIÓN AGUA : MUESTRA 5 : 1	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA dS/m	PROPORCIÓN AGUA : MUESTRA 5 : 1

ANEXO 5

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES

Analizar, comparar los datos de las etapas de ventilación, inclusive a base del tiempo de la sala de estar y verificar de forma individual y colectiva los datos. Realizar un análisis de los datos de las etapas de ventilación, para la temperatura en caso de tener un tipo de ventilación de flujo, para el tipo de flujo de aire y para la humedad en caso de flujo de aire.

ESTRUCTURA	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15
TEMPERATURA	48g	0	34g	0	31g	0	8g	0
TEMPERATURA	15.2°	15.3°	15.3°	15.3°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°
HUMEDAD	65%	65%	75%	75%	75%	75%	75%	75%

ESTRUCTURA	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15
TEMPERATURA	48g	0	34g	0	31g	0	8g	0
TEMPERATURA	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°
HUMEDAD	65%	65%	75%	75%	75%	75%	75%	75%

ESTRUCTURA	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15
TEMPERATURA	48g	0	34g	0	31g	0	8g	0
TEMPERATURA	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°
HUMEDAD	65%	65%	75%	75%	75%	75%	75%	75%

ESTRUCTURA	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15
TEMPERATURA	48g	0	34g	0	31g	0	8g	0
TEMPERATURA	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°
HUMEDAD	65%	65%	75%	75%	75%	75%	75%	75%

ESTRUCTURA	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15
TEMPERATURA	48g	0	34g	0	31g	0	8g	0
TEMPERATURA	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°	15.2°
HUMEDAD	65%	65%	75%	75%	75%	75%	75%	75%

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LAS ETAPAS DE VENTILACIÓN
 COLOR: 1.0000000000000000
 TEMPERATURA: 15.2°
 HUMEDAD: 75%

ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LAS ETAPAS DE VENTILACIÓN
 COLOR: 1.0000000000000000
 TEMPERATURA: 15.2°
 HUMEDAD: 75%

PESO INICIAL: 15.0g
 PESO FINAL: 8.7g

PESO INICIAL: 15.0g
 PESO FINAL: 8.7g

Análisis comparativo de los tipos de vermicompostera hechos a base de bagazo de caña de azúcar y estiércol de gallina - Huánuco 2025

Se llegó a tomar los datos cada 5 días durante los 30 días, para la temperatura se usó el termómetro de contacto, para el pH se usó el pH-metro digital y para la humedad el método del papel. Para medir la humedad se hizo el papel 2, como se ilustra.

	VERMICOMPOSTERA XI - OBS 01									
	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15	21	27
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	1 kg	460 g	0	360 g	0	360 g	0	460 g	0	0
TEMPERATURA	24 °C	16 °C	17 °C	18 °C	20 °C	20 °C	19 °C	19 °C	20 °C	21 °C
pH	5.34	5.38	5.44	5.54	5.68	6.30	6.89	6.54	6.24	6.25
HUMEDAD	59%	69%	69%	69%	69%	70%	70%	70%	70%	70%

	VERMICOMPOSTERA XI - OBS 02									
	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15	21	27
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	1 kg	460 g	0	360 g	0	360 g	0	460 g	0	0
TEMPERATURA	24 °C	17 °C	18 °C	19 °C	20 °C	20 °C	19 °C	19 °C	20 °C	21 °C
pH	5.34	5.69	6.15	6.24	6.18	6.30	6.89	6.45	6.24	6.25
HUMEDAD	59%	69%	69%	69%	69%	70%	70%	70%	70%	70%

	VERMICOMPOSTERA XI - OBS 03									
	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15	21	27
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	1 kg	460 g	0	360 g	0	360 g	0	460 g	0	0
TEMPERATURA	24 °C	18 °C	17 °C	18 °C	18 °C	20 °C	19 °C	19 °C	19 °C	19 °C
pH	5.34	6.10	6.24	5.57	5.89	5.18	5.08	6.24	6.48	6.48
HUMEDAD	59%	69%	69%	69%	69%	70%	70%	70%	70%	70%

	VERMICOMPOSTERA XI - OBS 04									
	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15	21	27
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	1 kg	460 g	0	360 g	0	360 g	0	460 g	0	0
TEMPERATURA	24 °C	19 °C	17 °C	18 °C	18 °C	20 °C	19 °C	19 °C	20 °C	21 °C
pH	5.34	5.20	5.12	5.15	5.34	5.10	5.37	6.58	6.47	6.48
HUMEDAD	59%	69%	69%	69%	69%	70%	70%	70%	70%	70%

	VERMICOMPOSTERA XI - OBS 05									
	JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE	
	4	10	16	22	28	3	9	15	21	27
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	1 kg	460 g	0	360 g	0	360 g	0	460 g	0	0
TEMPERATURA	24 °C	19 °C	20 °C	17 °C	17 °C	20 °C	19 °C	19 °C	20 °C	21 °C
pH	5.34	5.24	5.78	5.98	6.15	6.06	6.75	6.35	6.48	6.48
HUMEDAD	59%	69%	69%	69%	69%	70%	70%	70%	70%	70%

PARÁMETROS FÍSICO INICIALES (DE TODO OBSERVACIONAL)
 COLOR: Verde oscuro
 OLORES: Olor agradable
 TEXTURA: Firmeza, esponjosa y homogénea

PESO INICIAL	15 KG
pH INICIAL	24 °C
pH FINAL	5.34

PARÁMETROS FÍSICO FINALES (DE TODO OBSERVACIONAL)
 COLOR: Verde oscuro
 OLORES: Olor agradable
 TEXTURA: Firmeza, esponjosa y homogénea

PESO FINAL	8 KG
pH FINAL	21 °C
pH FINAL	7.07

ANEXO 6

PANEL FOTOGRAFICO

1. ELECCION DE LA VERMICOMPOSTERA

La compostera es echo a base de madera ya que favorece el proceso de compostaje mediante la regulación de calor, ventilación y la húmedas. Se elaboró 10 vermicompost de 60 cm de largo, 40 cm de ancho y 40 cm de largo.



2. LUGAR Y ETIQUETADO DE LAS VERMICOMPOSTERAS

La vermicompostera se instaló en un área protegida del sol directo, la lluvia y el viento fuerte.



3. RECOLECCIÓN DE ESTIÉRCOL DE GALLINA

El estiércol de gallina fue recolectado de vecinos y granjas locales, este residuo contiene nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, los cuales contribuyen a la obtención de un abono orgánico. La cantidad recogida por una vermicompostera es de 13 kg de estiércol de gallina, siendo en total de 65 kg.



4. BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

En cuanto al bagazo de la caña de azúcar se recolectó de las ferias de Pillco Marca, debido a su contenido de fibra vegetal y carbono, la cantidad recogida en la totalidad es de 65 kg.



El bagazo de la caña de azúcar se procede a picar en pequeños trozos de 5 cm, con la finalidad de aumentar la superficie de contacto con las lombrices, acelerando el proceso de degradación. Se dejó 5 días a la intemperie para reducir su humedad y evitar malos olores.



5. PREPARACIÓN DE PRECOMPOST Y LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA

5.1. Recolección de hojas de eucalipto, tierra de jardinería y cartón.

Para cada caja se recolecto 1 kg de hojas de eucalipto, siendo en total 10 kg. Solo se recolecta hojas secas, la cual se procede a amollarlo para dejar en calor 10 días.



La tierra de jardinería se recolectó 500 g, siendo en total 5 kg. Esta tierra tiene que ser netamente sin ningún uso de pesticidas o plaguicidas, ya que puede afectar a las lombrices rojas californianas.



Y por último se recolecto cartón 500g, siendo total por las 10 vermicompostera 5 kg. El cartón es un material rico en carbono, esencial para mantener el equilibrio carbono-nitrógeno (C/N), se usó solo cartón marrón o reciclado sin impresión, ya que las tintas o ceras pueden ser tóxicas para las lombrices.



5.2. Preparación del precompost

5.2.1. Preparación del precompost GE2 (estiércol de gallina).

Antes de ser utilizado, el estiércol fue sometido a un periodo de reposo y secado parcial, con el fin de disminuir la humedad y la concentración de amoníaco, evitando así posibles efectos tóxicos para las lombrices durante la etapa inicial del proceso. Para la preparación del precompost se utilizó 13 kg de estiércol de gallina, 1 kg de hojas de eucalipto, 500 gr de tierra de jardinería y 500 gr de cartón; siendo un total de 15 kg de precompost por cada caja.



5.2.2. Preparación del precompost GE1 (Bagazo de caña de azúcar).

Antes de ser utilizado el bagazo se deja al calor unos días, realizar el precompost. Para la preparación del precompost se utilizó 13 kg de bagazo de caña de azúcar, 1 kg de hojas de eucalipto, 500 gr de tierra de jardinería y 500 gr de cartón; siendo un total de 15 kg de precompost por cada caja.



5.3. Uso de Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*)

En total se va necesitó 5 kg de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). Por cada caja se utilizó 500 gr.



6. VISITA DEL ASESOR MG. SIMEON EDMUNDO CALIXTO VARGAS

La visitar del asesor fue al inicio de la ejecución del proyecto de investigación, para observar y asesorar la investigación.



7. TEMPERATURA Y PH DEL PRECOMPOST

Se tomó la temperatura y pH inicial del precompost de estiércol de gallina y bagazo de caña de azúcar. De la misma manera se evaluó la humedad siendo esta la materia seca por debajo de 60%.



8. DE LA VERMICOMPOSTERA

8.1. Para la primera capa se usó 1kg del precompost y 500 gramos de lombriz roja californiana.



- 8.2. Después de 5 días de adaptabilidad se agrega la segunda capa de 4 kg a todas las cajas. Según se va descomponiendo le vamos agregando capas por capas.



- 8.3. Durante el proceso se llega a tomar la temperatura, pH y húmedas del grupo experimental estiércol de gallina.

8.3.1. Temperatura de la vermicompostera de estiércol de gallina.

Se utilizó el termómetro para el compost, cada 5 días se realizó la toma de la temperatura.



8.3.2. pH de la vermicompostera de estiércol de gallina

Se utilizó el pH-metro digital la cual se evaluó el pH de cada vermicompostera, la evaluación es cada 5 días.



8.3.3. Humedad de la vermicompostera de estiércol de gallina. La húmeda se llegó a medir de manera emperica con el método del puño, quiere decir que cae unas gotas está dentro del rango optimo de 70% a 90%.



8.4. Durante el proceso se llegó a tomar la temperatura, pH y húmedas del grupo experimental bagazo de caña de azúcar.

8.4.1. Temperatura de la vermicompostera de bagazo de caña de azúcar. Se utilizó el termómetro para el compost, cada 5 días se realizó la toma de la temperatura.



8.4.2. pH de la vermicompostera de bagazo de caña de azúcar. Se utilizó el pH-metro digital la cual se evaluó el pH de cada vermicompostera, la evaluación es cada 5 días



8.4.3. Humedad de la vermicompostera de bagazo de caña de azúcar.

La húmeda se llegó a medir de manera emperica con el método del puño, quiere decir que cae unas gotas está dentro del rango optimo de 70% a 90%.



9. RIEGO

El riego es fundamental para mantener la humedad óptima del sustrato, por ellos se hizo el riego dos veces a la semana.



10. COSECHA DE HUMUS

Después de los 3 meses las lombrices rojas californianas ya descompusieron los sustratos, es por ello que se empieza cosechar.

- 10.1. La separación de las lombrices se realizó dividiendo las capas, las cuales se dejaron durante una semana para poder separar la mayor cantidad de lombrices.



- 10.2. Una vez separado a las lombrices se procede a zarandera el humus.



10.3. Una vez zarandeado y quitado algunas impurezas, se procede a dejarlos almacenado durante 10 días. Después se envió al laboratorio las muestras.



11. VISITA DEL ASESOR MG. SIMEON EDMUNDO CALIXTO VARGAS

Al final de la ejecución de proyecto de investigación, se tuvo la visita del asesor.



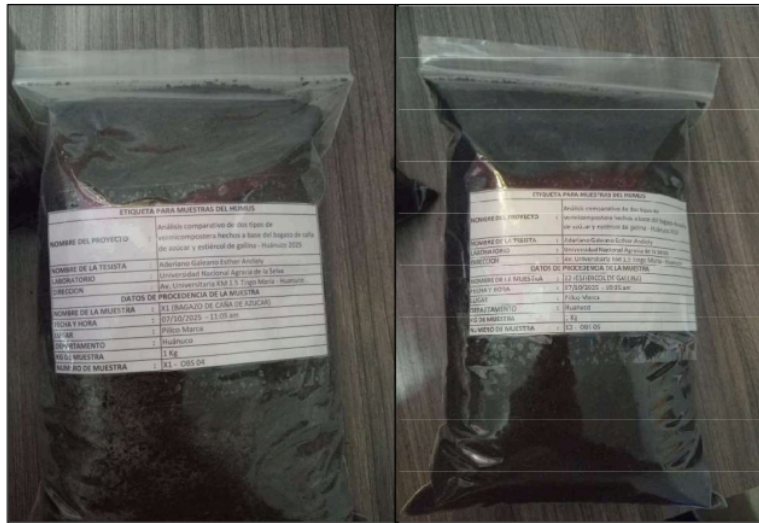
12. Análisis de Laboratorio

Después de 10 días, el periodo de secado y la maduración del humus se envía al laboratorio.

Recojo de muestra para el laboratorio

12.1. Materiales y etiquetado

La etiqueta debe ser colocada en un lugar visible y no sobrepasar el tamaño del recipiente y adherida adecuadamente para evitar su pérdida.



12.2. Envío al laboratorio de Análisis de suelos, agua y ecotoxicología.



25. Aderiano Galeano, Esther Andiely.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

8%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1%
3	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	www.fagro.edu.uy Fuente de Internet	1%
6	bioky.es Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to ULACIT Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.upsc.edu.pe	

Fuente de Internet

<1 %

10

dspace.unach.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

11

www.coursehero.com

Fuente de Internet

<1 %

12

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

13

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

14

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

15

produccioncientificaluz.org

Fuente de Internet

<1 %

16

Becerra Quiroz, Ana Paola. "Evaluación de la Sustentabilidad del Aprovechamiento del Bagazo de Caña de Azúcar en el Valle del Cauca – Colombia a Partir del Análisis de Ciclo Vida", Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia), 2024

Publicación

<1 %

17

www.compostandociencia.com

Fuente de Internet

<1 %

18

www.agrocalidad.gob.ec

Fuente de Internet

<1 %

19	roderic.uv.es Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1 %
22	www.mardelplata.gob.ar Fuente de Internet	<1 %
23	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
24	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
25	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
26	files.core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
27	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.cepal.org Fuente de Internet	<1 %
29	repositorio.iestpffaa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

30	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	Rommel Arturo Ramos-Remache, Juan José Reyes-Pérez, Ana Noemí Moreno-Vera, Luis Tarquino Llerena-Ramos et al. "Biological Performance of Eisenia foetida and Quality of Vermicompost Generated from Different Organic Sources", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2025 Publicación	<1 %
32	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
33	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
34	agraria.pe Fuente de Internet	<1 %
35	www.meteoblue.com Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
37	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
38	repositorio.umariana.edu.co Fuente de Internet	<1 %

www.ride.org.mx

39

Fuente de Internet

<1 %

40

www.ine.es

Fuente de Internet

<1 %

41

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

42

Hernández, Katherine Mabel Pévez | Cayo, Wilbert Pascal Ascencio | Requejo, Segundo German Diaz. "Modelo Prolab Eva, Una Solución Innovadora Para Mejorar la Calidad de Vida de la Población, A Través de Una Óptima Gestión de Residuos Sólidos Peligrosos Y no Peligrosos en el Sector Agroexportador del País", Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru), 2023

Publicación

<1 %

43

Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

44

revistas.uvigo.es

Fuente de Internet

<1 %

45

worldwidescience.org

Fuente de Internet

<1 %

46

CESEL S A. "PAP del Proyecto Líneas de Transmisión Chilca - Zapallal a 500 kV y Chilca -Planicie - Zapallal a 220 kV y Subestaciones

<1 %

Asociadas.-IGA0013594", R.D. N° 0132-2021-MINEM/DGAAE, 2021

Publicación

47

Carlos Ernesto Aguilar-Jiménez, Isidro Zapata-Hernández, Mariela Beatriz Reyes-Sosa, José Roberto Aguilar-Jiménez et al. "Efecto de enmiendas orgánicas en la producción de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en climas cálidos húmedos", Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 2025

Publicación

<1 %

48

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Trabajo del estudiante

<1 %

49

Submitted to Universidad Politécnica del Perú

Trabajo del estudiante

<1 %

50

repositorio.ucundinamarca.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

51

Submitted to INACAP

Trabajo del estudiante

<1 %

52

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Plan de Abandono por Término de Actividades en el Lote 108-IGA0019135", R.D. N° 303-2021-MINEM/DGAAH, 2022

Publicación

<1 %

53

reunionescientificas.inifap.gob.mx

Fuente de Internet

<1 %

54

Laricano Flores, Ernesto. "Análisis comparativo de la biorremediación de suelos contaminados con mercurio por actividad minera, aplicando la tecnología de vermicomposta", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)

Publicación

<1 %

55

Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Trabajo del estudiante

<1 %

56

bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

57

www.slideshare.net

Fuente de Internet

<1 %

58

Marín Paucara, Esteban. "Tecnología del vermicompost en la reducción de plomo y cobre de suelos con pasivos mineros en Silluta Cabanillas – Puno, Perú", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru)

Publicación

<1 %

59

Submitted to Universidad Nacional de Piura

Trabajo del estudiante

<1 %

60

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

61	natlaw.com Fuente de Internet	<1 %
62	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.usil.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
64	www.sochipa.cl Fuente de Internet	<1 %
65	Delgadillo Ayala, Rick Milton. "Evaluacion de la influencia de los factores ambientales en las propiedades dinamicas de sistemas estructurales de tierra", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021 Publicación	<1 %
66	George A. Gescheider, John H. Wright, Ronald T. Verrillo. "Information-Processing Channels in the Tactile Sensory System - A Psychophysical and Physiological Analysis", Psychology Press, 2019 Publicación	<1 %
67	Submitted to UNIV DE LAS AMERICAS Trabajo del estudiante	<1 %
68	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

69

www.pcm.gob.pe

Fuente de Internet

<1 %

70

www.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

71

Luis Carlos González-Márquez, Rubén Félix-Gastélum, Jorge Antonio Sandoval-Romero, Diana Cecilia Escobedo-Urías et al.

"Caracterización de biofertilizantes utilizados en el valle agrícola de Guasave, Sinaloa, México", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2021

Publicación

<1 %

72

scielosp.org

Fuente de Internet

<1 %

73

www.ecolex.org

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Exclude assignment
template

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words