



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA
CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) EN DIFERENTES
SISTRATOS Y DENSIDADES DE CRIANZA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Eder Alexander Flores Pincay

LA LIBERTAD, NOVIEMBRE 2024



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA
CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) EN DIFERENTES
SUSTRATOS Y DENSIDADES DE CRIANZA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor/a: Eder Alexander Flores Pincay

Tutor/a: Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D

LA LIBERTAD, 2024

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Eder Alexander Flores Pincay** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/12/2024 (Día, mes, año)



Firmado electrónicamente por:
**VÍCTOR HUGO
GONZÁLEZ RIVERA**

Ing. Verónica Cristina Andrade
Yucailla, Ph.D.
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Blgo. Víctor González, MSc.

**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.
**PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**NADIA ROSAURA
QUEVEDO PINOS**

Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:
**WASHINGTON VIDAL
PERERO VERA**

Ing. Washington Perero Vera,
Mgtr.
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a Dios por darme vida y salud para ejercer esta etapa y profesión, le agradezco a él por la sabiduría y la fuerza que me brinda día tras día, agradezco a la UPSE por brindar apoyos indispensables para llevar a cabo este proyecto. A mi tutora, la ingeniera Nadia Quevedo, le expreso mi más sincero agradecimiento por ser una guía excepcional, pese a sus múltiples ocupaciones académicas, me ofreció su respaldo y consejos, que resultaron fundamentales para llevar a cabo esta investigación.

También quiero agradecer a cada miembro de mi familia ya que ellos siempre me apoyaron desde el día 1 de clases. Agradezco a mis padres, Eder Flores y Beatriz Pincay por darme ese apoyo económico, anímico, y por darme todo su amor y comprensión durante todos estos años de estudio, agradezco a mi hermana por darme ese cariño y ánimos para seguir día a día y también agradezco a mi novia, por estar presente y darme su apoyo durante todo este proceso académico. También agradezco a mis compañeros por apoyarnos mutuamente en toda esta etapa académica, a todos ustedes, mis más sinceros agradecimientos.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, ya que sin el nada de esto sería posible, dedico esto a cada miembro de mi familia, a mi hermana, a mi novia y a mis padres en especial ya que este logro es el resultado de su esfuerzo, su apoyo constante ha sido fundamental para poder alcanzar esta meta, este logro es de todos ustedes.

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo general evaluar la producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) mediante el análisis de distintos sustratos y densidades de crianza. En la metodología, se emplearon tres tipos de sustrato (estiércol bovino, borra de café y residuos vegetales) en diversas proporciones y dos densidades de lombrices (25 g y 32 g por cada kg de sustrato) para estudiar su impacto en la producción de humus y en la salud de las lombrices. Se realizó pruebas de aceptación de sustratos antes de iniciar con el experimento para ver si las lombrices aceptaban o rechazaban los sustratos, una vez finalizada la prueba se obtuvo una buena asimilación de las lombrices hacia los sustratos y se inició el experimento. Los resultados mostraron que la combinación de sustratos con una mayor densidad de lombrices incrementó la producción de humus; Sin embargo, esta mayor densidad también redujo el peso promedio de lombrices debido a la competencia por los recursos. La mezcla más eficiente para maximizar la producción de humus fue la de 75% estiércol bovino con 25% de borra de café y residuos vegetales, junto con una densidad de 32 g/kg de sustrato. En conclusión, el estudio sugiere que el uso de mezclas de sustratos locales y una densidad óptima de lombrices puede aumentar significativamente la eficiencia en la producción de humus, beneficiando las prácticas de lombricultura y promoviendo la agricultura sostenible.

PALABRAS CLAVES: Vermicompostaje, Agricultura Sostenible, Humus.

ABSTRACT

The general objective of the study was to evaluate the production of Californian red worm (*Eisenia foetida*) humus by analyzing different substrates and rearing densities. In the methodology, three types of substrates (bovine manure, coffee grounds and plant residues) were used in various proportions and two worm densities (25 g and 32 g for each kg of substrate) to study their impact on the production of humus and on the health of the worms. Substrate acceptance tests were carried out before starting the experiment to see if the worms accepted or rejected the substrates. Once the test was completed and good assimilation of the worms towards the substrates was obtained, the experiment began. The results showed that the combination of substrates with a higher density of worms increased humus production; However, this higher density also reduced the average weight of worms due to competition for resources. The most efficient mixture to maximize humus production was 75% bovine manure with 25% coffee grounds and plant residues, together with a density of 32 g/kg of substrate. In conclusion, the study suggests that the use of local substrate mixtures and optimal worm density can significantly increase the efficiency of humus production, benefiting vermiculture practices and promoting sustainable agriculture.

KEYWORDS: Vermicomposting, Sustainable Agriculture, Humus.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (*Eisenia foetida*) EN DIFERENTES SUSTRATOS Y DENSIDADES DE CRIANZA” y elaborado por Eder Alexander Flores Pincay, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Firma del estudiante

índice

INTRODUCCIÓN	1
PROBLEMA CIENTÍFICO	1
JUSTIFICACIÓN	1
OBJETIVOS	2
<i>Objetivo General</i>	2
<i>Objetivos Específicos</i>	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
1.1 Lombricultura	2
1.2 Característica	3
1.2.1 <i>Descripción</i>	3
1.2.2 <i>Crecimiento</i>	3
1.2.3 <i>Reproducción</i>	3
1.2.4 <i>Alimento</i>	4
1.3 Importancia del humus de lombriz	4
1.4 Factores que afectan la producción de humus	5
1.4.1 <i>Precompostaje</i>	5
1.4.2 <i>Sustrato</i>	5
1.4.3 <i>Factor ambiente</i>	5
1.4.4 <i>Densidades de crianza en la producción de humus de lombriz</i>	6
1.5 Propiedades nutricionales de humus de lombriz	6
1.6 Microbiología en el humus de lombriz	6
1.7 Características del compost	7
1.8 Vermicompost	7
1.9 Soluciones orgánicas de bajo costo para suelos en Ecuador	8
1.10 Transformación de Residuos Orgánicos en Abono Mediante Lombricultura	8
1.11 Sustratos orgánicos en la lombricultura	8
1.12 Aporte de humus al suelo	9
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	15
2.1 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA	15
2.2 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	15
2.2.1 <i>Material biológico</i>	15
2.2.2 <i>Material de campo para colecta de muestras</i>	16
2.2.3 <i>Sustrato</i>	16
2.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN	18
2.4 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	18
2.4.1 <i>Diseño experimental bifactorial</i>	18
2.5 Precompostaje de sustratos	19
2.6 PARÁMETROS EVALUADOS	20
2.6.1 <i>Prueba de aceptación del sustrato</i>	20
2.6.2 <i>Evaluación de la reproducción de las lombrices rojas californianas</i>	21
2.6.3 <i>Producción de humus de lombriz roja californiana</i>	21
2.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS RESULTADOS	22
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
3.1 PRUEBA DE ACEPTACIÓN DEL SUSTRATO	23
3.2 Biomasa	25
3.2.1 <i>Comparación de medias en biomasa de lombriz</i>	25
3.3 PRODUCCIÓN DE HUMUS	26
3.3.1 <i>Comparación de media en producción humus de lombriz</i>	27
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN	29
<i>Conclusiones</i>	29
<i>Recomendaciones</i>	29

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30
ANEXOS	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estudios relacionados con sustratos y densidades de lombrices	10
Tabla 2. Tabla de tratamientos.....	19
Tabla 3. Resumen de variables evaluadas en la prueba de sustratos.....	24
Tabla 4. <i>análisis de la varianza en la biomasa de lombriz con diferentes sustratos y densidad de lombrices durante 4 semanas</i>	25
Tabla 5. Interacción del factor sustrato y densidad de lombrices en la biomasa de lombriz durante 4 semanas	26
Tabla 6. Resumen de análisis de la varianza de la producción de humus de lombriz con diferentes sustratos y densidad de lombrices durante 4 semanas	27
Tabla 7. Interacción del factor sustrato y densidad de lombrices en la producción de humus durante 4 semanas	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del lugar de investigación (Google Maps, 2024).....	15
Figura 2. Lombrices rojas californianas (<i>eisenia foetida</i>).....	16
Figura 3. Estiércol de Bovino usado como sustrato para la producción de humus.....	17
Figura 4. Borra de café utilizado como sustrato para producción de humus	17
Figura 5. Residuos vegetales utilizados como sustratos para la producción de humus	18
Figura 6. Precompostaje de estiércol para ser usado como sustrato de las lombrices.....	19
Figura 7. Contenedores para lombriz usados en el experimento	20
Figura 8. Prueba de aceptación del sustrato	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura A 1. Precompostaje de estiércol	34
Figura A 2. Clima del área	34
Figura A 3. Llegada de lombrices	34
Figura A 4. Sustratos listos para la prueba	34
Figura A 5. Contenedores listos para lombrices	34
Figura A 6. Peso de lombriz	34
Figura A 7. Lombriz roja californiana (<i>eisenia foetida</i>)	35
Figura A 8. Lombrices dentro de su unidad experimental	35
Figura A 9. Malla para tamizar	35
Figura A 10. Muestras de humus de lombriz de cada tratamiento	35

INTRODUCCIÓN

La Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es la más empleada en los procesos de lombricultura, ya que tiene la capacidad de transformar casi cualquier tipo de residuo orgánico en un producto conocido como lombricompost. Este abono orgánico posee propiedades que contribuyen a mejorar la fertilidad y la productividad del suelo (Alcívar, 2023)

La elección de los sustratos es un aspecto fundamental en el proceso de lombricompostaje, ya que influye de manera directa en la velocidad de procesamiento y en la actividad de las lombrices. La elección del sustrato influye en el desarrollo de las lombrices y en la calidad del humus resultante. Optar por materiales orgánicos locales optimiza el proceso, promueve la agricultura sostenible y reduce gastos (Ahmad et al., 2021).

Con el fin de definir el rumbo de esta investigación, se ha realizado una exhaustiva revisión bibliográfica acerca de varios parámetros vinculados con el uso de sustratos y densidades en la lombricultura. Esto permite construir un marco teórico sólido que guía el estudio hacia el análisis de los factores que realmente influyen en el proceso de lombricompostaje, evitando duplicar investigaciones previas y enfocándose en generar nuevos conocimientos sobre un tema que aún presenta áreas poco exploradas.

Problema Científico

¿Cómo afectan los sustratos y densidades de crianza a la producción cuantitativa de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) y que factores influyen en este proceso?

Justificación

El uso de lombrices rojas Californias (*Eisenia foetida*) para producir humus es popular porque proporciona muchos beneficios agrícolas, ya que proporciona fertilizante orgánico que mejora la calidad del suelo y promueve el crecimiento saludable de las plantas. Sin embargo, la eficiencia del proceso depende de factores como el sustrato utilizado y la densidad del recubrimiento. Mejorar el vermicompostaje requiere de comprender cómo estas variables afectan en la producción de humus. Esta investigación es importante porque, a pesar del creciente uso de humus en lombricultura, todavía falta información clara sobre la mejor combinación de sustrato y densidad para maximizar la producción de humus sin perjudicar a las lombrices. Los sustratos tienen diferentes propiedades que pueden cambiar

la velocidad de descomposición de la materia orgánica y así afectar directamente la cantidad y calidad del humus producido. Además, la densidad de población afecta la competencia entre las lombrices por los recursos, lo que a su vez afecta su reproducción y transformación del sustrato. Esta investigación proporcionará datos importantes para que los productores y agricultores de humus tomen decisiones más precisas sobre qué sustratos utilizar y la densidad de población más adecuada. Esto ayudará a aumentar la eficiencia y sostenibilidad de la producción de humus. Además, al aprovechar los residuos orgánicos de manera eficiente, el estudio también ayudará a reducir su impacto ambiental, favoreciendo el desarrollo de prácticas agrícolas más sostenibles.

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Evaluar la producción de humus de lombriz roja californiana mediante el estudio de diferentes sustratos y densidades de crianza

Objetivos Específicos:

1. Evaluar sustratos que promueven la descomposición eficiente de residuos orgánicos por parte de las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*).
2. Determinar cómo diferentes densidades de crianza influyen en la reproducción y rendimiento de las lombrices en la producción de humus.
3. Elaborar recomendaciones prácticas para brindar una orientación concreta para la producción eficiente y sustentable del humus de lombriz roja en California.

La variación en los sustratos y densidades de crianza influirá significativamente en la producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), afectando la eficiencia en la descomposición de residuos orgánicos y la reproducción de las lombrices.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Lombricultura

Diversos autores consideran la lombricultura como una técnica cuyo propósito principal es la producción de humus de lombriz, con el objetivo de mejorar la fertilidad del suelo. Se trata de una biotecnología simple y factible para la producción intensiva de abono

orgánico. Además, debido a la alta calidad del producto obtenido, se posiciona como una opción viable para su comercialización.

Este abono orgánico presenta características que ayudan a reducir significativamente los niveles de contaminación derivados de los desechos sólidos provenientes de actividades agrícolas y de excretos (Del Carmen and Joyo, 2017).

1.2 Característica

1.2.1 Descripción

La lombriz roja californiana presenta una coloración que varía entre tonos rojo, morado o marrón, con una parte abdominal que tiende a ser amarillenta. Poseen entre 80 y 110 segmentos corporales, y su longitud oscila entre 23 y 130 mm. En la fase de madurez sexual, el clíteo (cinturón genital) se desarrolla entre los segmentos 24 y 32. (Gunya et al. 2022).

1.2.2 Crecimiento

El desarrollo de las lombrices californianas está influenciado por la densidad de población como por la cantidad de alimento que ingiere. A medida que disminuye la densidad poblacional, el peso de las lombrices tiende a aumentar rápidamente. Además, la tasa de crecimiento está relacionada con la calidad y el tipo de sustrato que se utiliza. Generalmente, las lombrices juveniles tardan entre 40 y 60 días en alcanzar la madurez, con un peso aproximado de 1,5 g los 50 o 55 días. Tras emerger del capullo, pueden comenzar a reproducirse, produciendo un capullo cada tres días en promedio, del cual un tercio de los nuevos individuos eclosionan después de 23 días (Gunya et al. 2022)

Para un crecimiento óptimo, las lombrices requieren condiciones ambientales específicas: temperaturas entre 15 y 20 °C, humedad del 89 al 90%, un contenido de oxígeno adecuado, menos de 0,5 mg/g de amoníaco en los desechos, salinidad por debajo del 0,5% y un pH que varía entre >5 y <9.

1.2.3 Reproducción

A la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) se la considera hermafrodita, lo que significa que cada lombriz posee órganos reproductores masculinos y femeninos. En cuanto

a la capacidad reproductiva es alta debido a esta condición, permitiendo que cada lombriz genere alrededor de 9 capullos, cada uno pose alrededor de 20 huevos, aproximadamente cada 14 días. Aunque la reproducción ocurre por fecundación cruzada, algunas especies lo hacen de forma asexual mediante partenogénesis del capullo. Durante la reproducción sexual, dos lombrices se alinean en direcciones opuestas y unen sus citoplasmas (Gunya et al. 2022)

Tras la cópula, cada lombriz secreta tres huevos o capullos desde su citoplasma, un proceso que tarda unos cuatro días. La incubación de estos capullos dura unos 23 días, y cada uno da lugar a unas tres crías. Las lombrices maduras desarrollan el clitelo entre los 20 y 40 días posteriores a la eclosión.

1.2.4 Alimento

Las lombrices rojas californianas se alimentan de una variedad de materia orgánica, incluyendo desechos animales, vegetales y urbanos. La principal fuente de alimento es el estiércol animal siendo adecuado el estiércol de ganado vacuno, equino, conejo, cerdo, etc. No obstante, no se recomienda el estiércol de aves de corral debido a su alto contenido en proteínas y minerales, lo que puede afectar perjudicialmente a las lombrices.

Diversos estudios han demostrado que las lombrices crecen más rápidamente cuando se alimentan de estiércol bovino, ya que contiene bajos niveles de amoníaco y es rico en nitrógeno, favoreciendo un crecimiento óptimo. Estas lombrices suelen habitar en zonas ricas en materia orgánica, como la capa superficial del suelo, en bosques bajo hojas o troncos en descomposición, o en montones de estiércol (Gunya et al. 2022)

1.3 Importancia del humus de lombriz

Tomalá and Gabriel (2021), manifiestan que además de ser un producto rentable, el humus de lombriz es esencial para la salud del suelo, ya que mejora sus propiedades físicas y químicas, lo que favorece el crecimiento de los cultivos. En los próximos años, debido al aumento de la población, se prevé un incremento en la demanda de ciertos productos agrícolas. Esta situación podría llevar a muchos pequeños agricultores a depender más de fertilizantes sintéticos y agroquímicos, los cuales, a corto y mediano plazo, generan un

impacto ambiental negativo. El uso prolongado de estos productos degrada la flora y fauna del suelo, volviéndolo infértil con el tiempo.

El humus de lombriz es un mejorador integral del suelo que no solo proporciona a las plantas los nutrientes esenciales, sino que también mejora las propiedades físicas, mecánicas y biológicas del terreno. Esto resulta en un crecimiento óptimo de las raíces, una mejor circulación de agua y aire en el suelo, y una mayor facilidad para el manejo del terreno durante las labores agrícolas. Su composición incluye todos los nutrientes necesarios para el desarrollo saludable de las plantas, como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio, manganeso, hierro, cobre, zinc y carbono, entre otros.

Además, contiene una alta cantidad de materia orgánica, lo que enriquece el suelo, haciéndolo más resistente a la sequía y facilitando la rápida absorción de los nutrientes fertilizantes. También tiene la capacidad de neutralizar suelos con ligeras variaciones de acidez o alcalinidad y, gracias a su contenido bacteriano, descompone los nutrientes para que sean asimilables por las plantas. Su textura suave, color oscuro, aroma similar al mantillo del bosque y bioestabilidad evitan la fermentación o putrefacción del producto (Torres, 2017).

1.4 Factores que afectan la producción de humus

1.4.1 Precompostaje

Rincones et al. (2023), declara que, la eficiencia de un buen precompostaje desempeña un papel fundamental en la preparación del sustrato, estableciendo las condiciones óptimas para el desarrollo de la lombriz en la fase de compostaje.

1.4.2 Sustrato

La variabilidad en la composición y proporciones de sustratos pide una gestión precisa para poder garantizar los mejores resultados en la reproducción y crecimiento de lombrices. La conducción de estos materiales debe ser cuidadoso para garantizar un ambiente adecuado para el proceso de compostaje.

1.4.3 Factor ambiente

Es esencial regular de manera estricta la temperatura del lugar, se recomienda mantener el pH dentro de rangos específicos, controlar cuidadosamente los niveles de

humedad, también certificar una ventilación adecuada y gestionar la iluminación del lugar. Estos elementos son fundamentales para extender la tasa de reproducción de las lombrices, mostrando la influencia directa que tienen en su propagación durante el compostaje.

1.4.4 Densidades de crianza en la producción de humus de lombriz

Las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*) suelen reproducirse más eficientemente cuando estas mantienen densidades bajas, es decir, cuando la cantidad de lombrices en una unidad experimental es baja. Las condiciones de una menor densidad permiten una mejor movilidad y un mejor acceso a los nutrientes, esto reduce la competencia entre las lombrices y fomenta el crecimiento y su reproducción. Además, mantener niveles de humedad elevados en el sustrato y ofrecer una alimentación frecuente (Schuldt *et al.* 2007).

1.5 Propiedades nutricionales de humus de lombriz

Según Bravo *et al.* (2017) el humus de lombriz promueve de manera efectiva el crecimiento y la producción en las plantas, gracias a su aporte balanceado de macro y micronutrientes que optimizan su desarrollo. Este tipo de fertilizante orgánico constituye una opción sostenible frente al uso intensivo de fertilizantes químicos, ofreciendo beneficios tanto para el rendimiento vegetal.

1.6 Microbiología en el humus de lombriz

El humus de lombriz, hecho a partir de las transformaciones bioquímicas y microbiológicas que experimentan la materia orgánica al ser atravesadas en el sistema digestivo de las lombrices, se la considera rico en microorganismos y nutrientes esenciales. Esto contribuye significativamente a mejorar la estructura de los suelos, incrementando su actividad biológica y beneficiando la nutrición de las plantas.

Los microorganismos que se utilizan en el proceso deben ser de tipo aeróbico, ya que los microorganismos anaeróbicos liberan compuestos como el metano, ácido sulfúrico y también amoníaco, estos generan olores desagradables. Además, se recomienda remover periódicamente la pila de residuos para facilitar la aireación. LUNA-CANCHARI *et al.* (2020), manifiestan que la adición de humus de lombriz al suelo aporta numerosos beneficios, como la mejora de su estructura, una mayor retención de humedad, un aumento

en la disponibilidad de nutrientes, un impulso en la actividad microbiana y una notable intensificación de la fertilidad del suelo.

1.7 Características del compost

Una de las principales funciones que tiene el compost están relacionadas con la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas al suelo. En cuanto a propiedades físicas, el compost mejora la estructura y estabilidad del suelo, facilitando la circulación del aire y aumentando la porosidad como la capacidad de retención de agua en el suelo. Respecto a las propiedades químicas, el compost incrementa la capacidad del tampón, mejora el intercambio catiónico y enriquece el suelo con macro y micronutrientes esenciales. A nivel biológico, el compost promueve la interacción entre microorganismos, y favorece el crecimiento de la microflora y la meso fauna (Alay, 2021).

Según Guamán. (2021) el uso y la elaboración de abonos orgánicos, como el compost, representan una opción altamente efectiva y accesible para mejorar la salud del suelo sin incurrir en altos costos de producción. Estos abonos permiten restaurar los nutrientes esenciales que se han perdido, promoviendo así una fertilidad sostenida del suelo y ayudando a prevenir su degradación. Además, el compostaje contribuye a un ciclo natural de nutrientes, disminuyendo la dependencia de fertilizantes químicos y beneficiando tanto a los cultivos como al medio ambiente.

1.8 Vermicompost

Villegas-Cornelio et al. (2017) indican que el vermicompost es un proceso de biooxidación, revisión y estabilización de la materia orgánica, siendo facilitado por la acción de lombrices y microorganismos en condiciones aeróbicas y mesófilas. En este proceso, los microorganismos juegan un papel fundamental en la degradación bioquímica de la materia orgánica, mientras que las lombrices operan como facilitadoras mediante la fragmentación y acondicionamiento del sustrato en la actividad microbiológica.

La finalidad del vermicompostaje es convertir residuos orgánicos en vermicomposta, un producto orgánico de alto valor en la agricultura. La aplicación de la tecnología de vermicompostaje en la gestión de los residuos orgánicos, ya sean convencionales o no, ha

experimentado un valioso crecimiento gracias a los adelantos científicos significativos en diversas partes del mundo. Esta táctica busca aprovechar y reducir los volúmenes de residuos orgánicos que causan problemas ambientales (Villegas-Cornelio et al., 2017).

1.9 Soluciones orgánicas de bajo costo para suelos en Ecuador

Según, Ramírez (2021), en la provincia de Santa Elena se enfrenta problemas de erosión y baja fertilidad de suelos, principalmente porque los productores escasean de los recursos necesarios para adquirir fertilizantes inorgánicos. Sin embargo, existen prácticas orgánicas eficaces y viables, como el uso de lombricomposteras, que se pueden implementar sin una gran inversión. Estas lombricomposteras pueden ser abastecidas con desechos de cocina que son generados por los mismos productores, promoviendo así el reciclaje ya que es beneficioso para el medio ambiente. Con capacitaciones y visitas de campo, es posible mejorar la producción en los huertos familiares de la zona.

1.10 Transformación de Residuos Orgánicos en Abono Mediante Lombricultura

El humus de lombriz es un fertilizante orgánico generado por la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a partir de residuos orgánicos domésticos. La lombricultura, consiste en un método de transformación de desechos sólidos orgánicos mediante la actividad de lombrices y diversos microorganismos. Los residuos empleados incluyen restos de alimentos del hogar, como frutas y verduras, así como papel, cartón, posos de café, entre otros. Estos materiales son procesados por la digestión de las lombrices, produciendo humus de lombriz, también conocido como vermicompost o lombricompost (Sogorb Rico, 2022).

1.11 Sustratos orgánicos en la lombricultura

En la lombricultura, una variedad de materiales orgánicos puede emplearse como sustratos para el cultivo de distintas especies de lombrices, como (*Eisenia foetida*). Durante el proceso de alimentación, las lombrices realizan la descomposición de los residuos orgánicos, creciendo la actividad microbiana y apresurando los índices de descomposición y mineralización de estos residuos. Esto modifica las propiedades físicas y químicas de los materiales, creando un efecto de compostaje o humificación, mediante el cual la materia orgánica inestable se oxida y estabiliza. El producto final, es decir lombricomposta, es la consecuencia del paso de estos residuos a través del sistema digestivo de la lombriz californiana, transformándose en un material significativamente desigual al original.

Romero et al. (2018) plantean que la conducta de (*Eisenia foetida*) está vinculado al tipo de sustrato en el que crece. La mezcla de estiércol de ganado bovino con cáscara de cacahuate ha demostrado ser una mezcla efectiva para la producción de lombrices californianas.

1.12 Aporte de humus al suelo

La aplicación de humus de lombriz brinda al suelo beneficios que influyen positivamente en las propiedades físicas, químicas y biológicas, promoviendo su restauración como su fertilidad. El humus, rico en sustancias húmicas, opera como un aglutinante que provoca la formación de agregados estables en el suelo, de los cuales estos mejoran la porosidad, la aireación y la infiltración de agua, estableciendo condiciones óptimas. Además, las sustancias húmicas y la materia orgánica concurrentes en el humus de lombriz retienen agua en el suelo, haciendo una función parecida a la de esponjas. Esto reduce la evaporación, especialmente en climas áridos y semiáridos, aumentando así la disponibilidad de agua para las plantas. Por otro lado, su aplicación comprime la compactación del suelo, mejora su estructura y aumenta su porosidad, facilitando la penetración de las raíces, la infiltración de agua y el interior.

también es una fuente de nutrientes básicos para las plantas, como lo es el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes, en formas fácilmente absorbibles. Las sustancias húmicas presentes aumentan la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, aprobando una retención y liberación más eficaz de nutrientes, lo que perfecciona la fertilidad del suelo. Además, ayuda a estabilizar el pH del suelo, equilibrando la acidez o alcalinidad para crear un ambiente idóneo para el crecimiento vegetal y la actividad microbiana. Tomando en cuenta el punto de vista biológico, el humus contiene una alta concentración de microorganismos benéficos que, al integrarse en el suelo, favorecen la materia orgánica, la libertad de nutrientes y la supresión de patógenos. También incluye sustancias bioestimulantes, como hormonas y enzimas, que causan el crecimiento y desarrollo de las plantas (Mendoza Intriago, et al. 2024).

1.13 Estudios relacionados con sustratos y densidades de lombrices

Tabla 1. Estudios relacionados con sustratos y densidades de lombrices

Autor/es Año	Título del estudio	Objetivo de la investigación	Tipo de sustrato	Especie de lombriz	Condiciones de humedad	Conclusiones
Romano et al. (2018)	Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (<i>Eisenia foetida</i>)	Estimar las deyecciones de bovino y ovino, y la cáscara de cacahuete como sustrato para la producción de lombriz	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deyecciones ovinas ➤ "bovinas ➤ Cáscara de cacahuete 	Lombriz roja rayada (<i>Eisenia foetida</i>)	75 – 80%	El comportamiento de <i>Eisenia foetida</i> , está relacionado con el tipo de sustrato en el cual es desarrollada. Las deyecciones de ganado bovino junto a la combinación con cáscara de cacahuete resulto ser sustratos idóneos para la lombriz.
(Rincones <i>et al.</i> , 2023)	Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	caracterizar sustratos de residuos orgánicos en el cultivo de la lombriz californiana.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pollinaza ➤ bovinaza ➤ material vegetal 	Lombriz roja californiana (<i>Eisenia Foetida</i>)	70 – 80%	Esta investigación concluye que los productos del proceso tienen características adecuadas para ser aplicados como sustratos.
(Katherine, Antonio and David, 2020)	Aplicación de sustratos orgánicos en la cría de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) para la producción	evaluar tres tipos diferentes de sustratos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cáscara de Papa ➤ 50% de cáscara de papa y 50% de estiércol de cuy ➤ Estiércol de cuy 	Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	88.07%	Se concluyó que el sustrato cáscara de papa es el más adecuado para la producción de lombriz.

	de alimento animal					
Canales Gutiérrez et al. (2020)	Crianza de <i>Eisenia foetida</i> (Lombriz Roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico	Determinar la influencia del tipo de sustrato en el incremento de cocones y biomasa de la lombriz roja	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estiércol de vaca ➤ Estiércol de oveja ➤ Estiércol de caballo ➤ Cáscara de sandía ➤ Cáscara de tuna ➤ Cáscara de plátano 	Lombriz roja rayada (<i>Eisenia foetida</i>)	70 – 80%	El tratamiento que posee 20% de estiércol de vaca, 15% estiércol de oveja, 15% estiércol de caballo, 20% de cáscara de sandía, 15% cáscara de tuna y 15% cáscara de plátano, fue el más adecuado para el incremento de cocones y biomasa.
(Salinas and Chavera, 2014)	Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica	El objetivo fue evaluar las principales características químicas del humus producido por la lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>) elaborado a partir de diferentes desechos orgánicos en el valle de Azapa.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ suelo agrícola del valle de Azapa 100 % ➤ compost elaborado con rastrojos de tomate y pimentón ➤ mezcla de suelo y rastrojos de tomate ➤ compost elaborado con rastrojos ornamentales ➤ compost elaborado con rastrojos de olivo y tomate 	Lombriz roja rayada (<i>Eisenia foetida</i>)	80%	El humus obtenido en T4 presentó los mejores indicadores químicos.

(Sarmiento <i>et al.</i> , 2021)	Evaluación de tres sustratos sobre el desempeño productivo y reproductivo de lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	Evaluar la influencia de diferentes tipos de sustrato en la reproducción y crecimiento de la lombriz roja, identificando el sustrato que optimiza tanto el peso como la tasa de reproducción, con especial atención al estiércol bovino como alternativa eficaz en producciones ganaderas.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sustrato estiércol ovino ➤ Sustrato estiércol bovino ➤ Sustrato restos de cocina 	Lombriz roja rayada (<i>Eisenia foetida</i>)	70 – 80%	el estiércol bovino fue el mas efectivo en cuanto a crecimiento y reproducción,
Huaccha C. <i>et al.</i> (2019)	Uso de la <i>Eisenia hortensis</i> (lombriz de tierra) en el vermicompostaje de residuos orgánicos	Evaluar la capacidad que tiene la lombriz (<i>Eisenia hortensis</i>) para digerir restos de frutas y verduras, y estiércol de caballo pre-compostado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estiércol de caballo (incluye paja) ➤ Restos de frutas y verduras 	<i>Eisenia hortensis</i> (o <i>Dendrobaena veneta</i>)	60 – 70%	En todas las evaluaciones <i>E. hortensis</i> tiene la capacidad de generar modificaciones fisicoquímicas en los residuos iniciales
(Rojas Peña, 2015)	PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ ROJA CALIFORNIANA (<i>Eisenia foetida</i>) ELABORADO CON DIFERENTES SUSTRATOS VEGETALES EN LA COMUNIDAD	Evaluar en forma participativa la producción de humus de lombriz roja californiana con diferentes sustratos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hojas de plátano ➤ Pulpa de café ➤ Hojas de Siquili 	Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foetida</i>)	70 -80%	Es posible producir humus de lombriz con sustratos vegetales

	DE TRINIDAD PAMPA CORIPATA					
(Giunta <i>et al.</i> , 2019)	Evaluación de sustratos orgánicos para la producción de lombriz de tierra (<i>Eisenia andrei</i>)	Evaluar el comportamiento poblacional de la lombriz de tierra en residuos sólidos orgánicos provenientes de la preparación de alimentos y estiércol de ovino	<ul style="list-style-type: none"> ➤ estiércol ovino-aserrín ➤ stiórcol ovino-pasto ➤ Residuos sólidos orgánicos ➤ Residuos sólidos orgánicos - pasto 	Lombriz roja común (<i>Eisenia andrei</i>)	75 – 80%	El comportamiento de <i>Eisenia andrei</i> , está directamente relacionado con el tipo de sustrato en el cual se cría la especie. La combinación de residuos sólidos orgánicos y aserrín resulto fue la mas adecuada para producir humus de lombriz
Alcívar. (2023)	Comportamiento de la Lombriz Roja Californiana (<i>Eisenia foetida</i>) en diferentes sustratos orgánicos	evaluarla influencia de los diferentes sustratos procedentes de residuos sólidos orgánicos sobre el crecimiento y reproducción de las poblaciones de lombriz	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sustrato de residuos vegetales + estiércol bovino ➤ Sustrato de residuos vegetales + gallinaza ➤ Sustrato de residuos vegetales + residuos agroindustriales ➤ Sustrato combinado 	Lombriz roja californiana (<i>Eisenia foétida</i>)	50 – 65%	Los mejores tratamientos con diferencia significativa fueron los sustratos de residuos vegetales + estiércol bovino y Sustrato de residuos vegetales + residuos agroindustriales.

Se presenta diversos estudios de investigación que buscan hallar los efectos de distintos sustratos en la producción y la reproducción de lombrices, se investigaron en diferentes especies de lombrices, pero especialmente estudian la especie (*Eisenia foetida*), los resultados muestran que las lombrices tienen interacción con el tipo de sustrato que se emplea en cada investigación, en las investigaciones usan estiércol de bovino y ovino, restos de vegetales, cascaras de cacahuates o residuos de frutas. Romano et al. (2018) indican que la combinación de deyecciones bovinas y adicional cascara de cacahuates es favorable para una buena producción de lombriz roja californiana, según Rincones et al. (2023) el humus procedente de sustratos como pollinaza, bovinaza y restos vegetales posee propiedades adecuadas para el uso como fertilizante. Gutiérrez et al. (2020) también indican que una mezcla de estiércol y cascaras de frutas facilita el incremento de biomasa de lombriz.

El estiércol de bovino destaca como un sustrato que es eficaz para la reproducción y crecimiento de las lombrices independientemente de la especie de lombriz, siendo una opción favorable. La gran mayoría de los estudios mantienen niveles de humedad entre el 70% y 80% maximizando el rendimiento de las lombrices dándonos a entender el por que la importancia de este factor en la producción de humus. Estos estudios indican que la elección del sustrato y su combinación con otros residuos son determinantes para optimizar la eficiencia de la producción de humus de lombriz tal y como se presenta en la **Tabla 1**.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

El estudio se llevó a cabo en la parroquia de Anconcito, cantón Salinas provincia de Santa Elena, durante los meses de mayo a junio del 2024, el clima de esta región esta caracterizado por precipitaciones muy bajas durante todo el año. Según la clasificación climática de Köppen-Geiger, este tipo de clima corresponde a la categoría BSh. La temperatura promedio en la zona es de alrededor de 23.1 °C, según un análisis estadístico, la precipitación anual en este lugar es aproximadamente de 487 mm (Date, 2024).

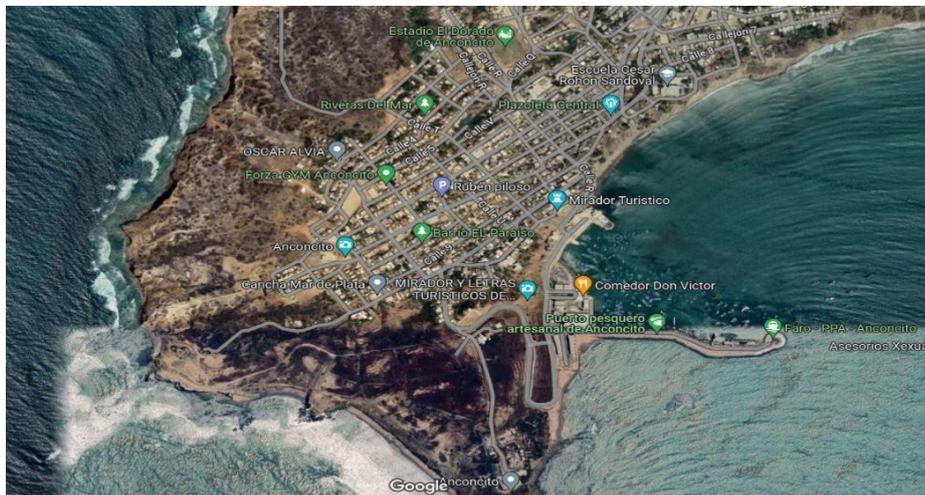


Figura 1. Ubicación del lugar de investigación (Google Maps, 2024)

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 Material biológico

Se trabajo con lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*), obtenidas de criaderos en la provincia del Guayas. En media se utilizó (2052 g) lombrices distribuidas entre los tratamientos según corresponde.



Figura 2. Lombrices rojas californianas (eisenia foetida)

2.2.2 Material de campo para colecta de muestras

Para el material de campo se utilizó instrumentos como:

- plástico
- baldes
- sogas
- pala
- tarrinas
- tela
- termómetro
- pesa digital
- cuaderno
- pluma
- fundas plásticas de simplón
- malla.

2.2.3 Sustrato

- **Estiércol de bovino**

Como sustrato base se utilizó el estiércol de bovino, proveniente de la finca Don Teo, ubicada en Punta Carnero, Salinas, Ecuador. Producido por ganado vacuno criollo.



Figura 3. Estiércol de Bovino usado como sustrato para la producción de humus.

- **Residuos de prensado de café**

Se utilizo borra de café generada en cafeterías del sector y que muchas veces son desechadas como residuos comunes.



Figura 4. Borra de café utilizado como sustrato para producción de humus

- **Residuos vegetales**

Se utilizaron residuos orgánicos provenientes del mercado del cantón la Libertad y Santa Elena los cuales fueron principalmente vegetales en descomposición.



Figura 5. Residuos vegetales utilizados como sustratos para la producción de humus

2.3 Tipo de investigación

Este estudio es de tipo experimental aplicado y cuantitativo ya que implica la manipulación de variables y está orientada a mejorar una práctica agrícola,

2.4 Diseño de investigación

2.4.1 Diseño experimental bifactorial

Se estableció un delineamiento experimental bifactorial completamente al azar, el primer factor estuvo constituido por cuatro combinaciones de sustrato y el segundo factor por dos densidades de lombrices con 3 repeticiones, para un total de 24 unidades experimentales constituidas por contenedores con capacidad para 10 kg de sustrato, en el cual se colocaron 4 kg de los sustratos en cada unidad experimental.

A continuación, se detallan los tratamientos:

Tabla 2. *Tabla de tratamientos*

	Sustrato	Densidad de lombrices	Código
T1	100% estiércol bovino	100	T-100EB-D25
T2	75% estiércol bovino + 25% residuos	100	T-75EB-D25
T3	50% estiércol bovino + 50% residuos	100	T-50EB-D25
T4	25% estiércol bovino + 75% residuos	100	T-25EB-D25
T5	100% estiércol bovino	128	T-100EB-D32
T6	75% estiércol bovino + 25% residuos	128	T-75EB-D32
T7	50% estiércol bovino + 50% residuos	128	T-50EB-D32
T8	25% estiércol bovino + 75% residuos	128	T-25EB-D32

2.5 *Precompostaje de sustratos*

Considerando que las lombrices tienen la capacidad de consumir diversos tipos de materia orgánica, se empleó el estiércol como base de alimento, el estiércol fue precompostado durante 20 días con la finalidad de reducir la temperatura el compostaje. Se realizó una pila con el estiércol y se cubrió con hojas secas para evitar la presencia de insectos indeseables, se revolvió la pila manualmente cada 48 horas hasta temperatura constante. Una vez culminado el proceso se procedió a tamizar el estiércol con una malla de 6 mm para su uso en el vermicompostaje.



Figura 6. *Precompostaje de estiércol para ser usado como sustrato de las lombrices*

El mismo procedimiento fue llevado a cabo con los residuos vegetales, realizando un precompostaje de dos semanas en pilas. Estos residuos fueron cortados en trozos pequeños

de aproximadamente 5 centímetros o menos, y luego se les agregó borra de café. Una vez que los sustratos estaban precompostandose procedió a realizar una prueba de aceptación del sustrato que se describe a seguir. Una vez pasada la prueba de aceptación se procedió a conformar los tratamientos con las diferentes proporciones de sustratos y luego se sembraron las lombrices

Los contenedores fueron colocados en un área sombreada y al aire libre, y contaban con un orificio para drenar el lixiviado que pudiera generarse. Las revisiones se realizaron cada 6 o 7 días desde el inicio de la siembra para controlar la humedad, el pH y la temperatura como se puede observar en la **Figura 7**.

La recolección del humus de lombriz se llevó a cabo cada 20 días. Este proceso se realizó manualmente usando un colador de hierro con aberturas cuadradas de 6 mm para separar el humus de las lombrices.



Figura 7. Contenedores para lombriz usados en el experimento

2.6 Parámetros evaluados

2.6.1 Prueba de aceptación del sustrato

Se usó tres recipientes plásticos para realizar esta prueba de aceptación de sustratos, de acuerdo con la metodología propuesta por Rincones et al. (2023), la finalidad de esta prueba es comprobar que al menos el 90 % de las lombrices sobreviven, lo que indicaría que las condiciones del alimento son adecuadas para su desarrollo óptimo.

Se utilizaron tres recipientes con cada uno de los sustratos a los cuales se agregaron 10 lombrices en cada vaso y se procedió a observar su comportamiento durante 24 horas. En

un recipiente se agregó estiércol de bovino, en los otros residuos vegetales y en la última borra de café, en tal caso de que uno de estos sustratos fuera rechazado por las lombrices, se buscó un nuevo sustrato, por ende, se observó el comportamiento de las lombrices después de 24h después del inicio de la prueba de aceptación del sustrato, considerando los siguientes parámetros:

- Fuga
- Muerte de lombrices al interior y en la superficie del sustrato
- Color de las lombrices
- Regiones del cuerpo hinchadas o con aspecto sanguinolento
- Cuerpo blando
- Olor desagradable en los sustratos o en las lombrices

2.6.2 Evaluación de la reproducción de las lombrices rojas californianas

- **Número de lombrices por tratamiento**

Cada 20 días, se recolectó datos de cada tratamiento. Una vez separadas las lombrices del humus producido se pesaron las lombrices de cada tratamiento para determinar el peso total de lombrices en gramos. Luego, se seleccionó una submuestra aleatoria de lombrices, que fueron contadas y pesadas individualmente para calcular el peso promedio por lombriz, dando un peso estimado de 0.5 gramos por lombriz, este valor promedio sirvió como base para las estimaciones, al dividir el peso total de las lombrices por el peso promedio de una lombriz individual, se calculó el número estimado de lombrices en cada tratamiento. Este método de estimación es ampliamente utilizado en investigaciones de vermicultura debido a su eficacia y precisión, (Tambo Chambi, 2024) emplea la estimación de la población de lombrices mediante el peso. La determinación del peso de las lombrices se hizo a través de la formula:

$$\text{Numero de Lombriz} = \frac{\text{peso total de lombriz}}{\text{peso promedio de una lombriz}}$$

2.6.3 Producción de humus de lombriz roja californiana

- **Cosecha de humus**

La producción de humus se determinó en cada tratamiento mediante el tamizado manual cada 20 días, esto consiste en separar el humus de las lombrices y resto de sustrato no consumido por las lombrices tamizándolas por la malla de 6 mm y así solo quedarnos con el humus obtenido durante los 20 días, obteniendo así el peso en kilogramos del humus obtenido.

2.7 Análisis estadístico de los resultados

Los datos obtenidos fueron procesados con un análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey al 95% de confianza utilizando el programa estadístico SISVAR (Ferreira, 2019). Si el ANOVA muestra significancia en las interacciones entre sustrato y densidad, se priorizo el análisis de la interacción; si no hay interacción significativa, se enfocará en los efectos principales de cada factor.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Prueba de aceptación del sustrato

Después de 24 horas, se realizó una revisión y se obtuvieron los siguientes datos:



Figura 8. Prueba de aceptación del sustrato

Los resultados indicaron que solo en el vaso con estiércol bovino existió fuga de lombrices (1 intento escapar), mientras que en los vasos con borra de café y residuos vegetales no hubo intentos de fuga, sugiriendo una mayor aceptación de estos sustratos. El estiércol bovino mostró un 10 % de mortalidad de lombrices, mientras que no se registró mortalidad en la borra de café y los residuos vegetales. Además, no se observaron problemas de coloración, aumento o ablandamiento en las lombrices en ninguno de los sustratos, lo que indica que no generarán efectos adversos. Tampoco se produjeron olores desagradables, lo cual refuerza la idoneidad de estos sustratos para la lombricultura (**Tabla 3**).

Tabla 3. Resumen de variables evaluadas en la prueba de sustratos

Parámetro evaluado	Estiércol bovino	Borra de café	Residuos vegetales
Fugas (%)	10%	0%	0%
Mortalidad (%)	10%	0%	0%
Coloración	Buena	Buena	Buena
Cuerpo blando	No	No	No
Olor desagradable	No	No	No

Los resultados obtenidos en cada una de las variables evaluadas indicaron que los sustratos utilizados no generaron ningún tipo de inconveniente para las lombrices rojas californianas (*Eisenia foetida*). Tal como señaló Rincones et al. (2023), el objetivo de esta prueba es comprobar que el 90 % de las lombrices sobrevivan, esto nos indicaría que las condiciones del alimento son las adecuadas para el desarrollo óptimo de la misma. Esta conclusión se fortifica con la prueba de aceptación de sustrato, la cual dio resultados positivos confirmando que estos sustratos son los adecuados para el desarrollo del proyecto. La ausencia de rechazo o afectación en las lombrices rojas californianas sugiere que los sustratos son confiables acorde con sus necesidades. Con esta aprobación favorable de las lombrices, se dio inicio al trabajo de investigación, confiando en que estos sustratos proporcionarán un entorno ideal para el proceso de lombricultura.

3.2 Biomasa

En la **Tabla 4** el resumen del análisis de varianza de la biomasa de lombrices bajo diferentes sustratos y densidades evaluados a lo largo de cuatro semanas. Se observó que existió diferencias estadísticamente significativas en el factor densidad durante el periodo de evaluación, mientras que el sustrato no presentó un efecto significativo en la variable biomasa de lombrices, por otro lado, solo se presentó una interacción entre los factores en la semana cuatro a $p \geq 5\%$.

Tabla 4. análisis de la varianza en la biomasa de lombriz con diferentes sustratos y densidad de lombrices durante 4 semanas.

FV	GL	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
		SC	Pr>Fc	SC	Pr>Fc	SC	Pr>Fc	SC	Pr>Fc
Sustrato	3	1.79	0.54 ^{ns}	1.50	0.65 ^{ns}	2.34	0.32 ^{ns}	2.79	0.22 ^{ns}
Densidad	1	2501.04	0.00*	2562.67	0.00*	2521	0.00*	2460.38	0.00*
Sustrato x Densidad	3	2.46	0.40 ^{ns}	3	0.38 ^{ns}	3.50	0.17 ^{ns}	10.12	0.00*
Error	16	12.67		14.67		10		9.33	
CV (%)		0.93		1.01		0.84		0.81	
Media		95.46		94.91		94.33		93.87	

ns = No significativa

* = Significativa

3.2.1 Comparación de medias en biomasa de lombriz

En la **Tabla 5** se presentó las medias del efecto de los sustratos y las densidades sobre la biomasa de lombrices y su interacción evaluadas durante cuatro semanas. Se constató que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos a lo largo de las cuatro semanas evaluadas. Por otro lado en el factor densidad de lombrices se observó que altas densidades (32 g/kg de sustrato) incrementan significativamente la biomasa total de las lombrices independientemente del sustrato con valores de (24.71% más que la densidad D25 durante la semana 1.), únicamente en la semana cuatro se registra una interacción positiva entre el sustrato conformado por 25% de estiércol vacuno 75% residuos vegetal y borra café

a la densidad de 25 g/kg de lombrices y por 50% de estiércol vacuno 50% residuos vegetal 32 g/kg de lombrices.

La proporción de 50% / 50% ha sido reportada por Dejene. (2024), que combino sustrato de hongos usados como sustituto de residuos vegetales y en este estudio se utilizó estiércol de vaca, del cual se obtuvo buenos resultados mostrando un potencial de crecimiento y reproducción de lombrices.

Tabla 5. Interacción del factor sustrato y densidad de lombrices en la biomasa de lombriz durante 4 semanas

Comparación de medias en la biomasa de lombriz																
	Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4			
Sustrato	D25		D32		D25		D32		D25		D32		D25		D32	
100-E	85,33	aB	106	aA	84,6 7	aB	105,3 3	aA	83,6 7	aB	104,6 7	aA	83,3 3	aB	104,3 3	aA
75E- 25BC	85,67	aB	105,3 3	aA	84,6 7	aB	105,3 3	aA	84,6 7	aB	105	aA	83,6 7	aB	104,6 7	aA
50E- 50BC	85	aB	106,3 3	aA	84,3 3	aB	106	aA	83,6 7	aB	105	aA	83,6 7	aB	104,6 7	aA
25E- 755BC	85	aB	105	aA	84,6 7	aB	104,3 3	aA	84,3 3	aB	103,6 7	aA	84,3 3	aB	102,3 3	aA

Los valores medios seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí. Las letras minúsculas se utilizan para comparar las medias entre filas, por otro lado, las letras mayúsculas se usan para comparar las medias entre las columnas, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

3.3 Producción de Humus

Como se observa en la **Tabla 6** los resultados del análisis de varianza del parámetro producción de humus de lombriz. Se observó que el factor densidad tuvo un efecto significativo durante las cuatro semanas evaluadas lo cual sugiere que la densidad de crianza es un factor determinante en la producción de humus, a densidades más altas, las lombrices convierten los residuos más rápidamente. Por otro lado, el tipo de sustrato presento significancia únicamente en la semana 1 y 2 al igual que la interacción sustrato x densidad, es decir su influencia inicial fue significativa, posiblemente debido a una etapa de adaptación o un aprovechamiento óptimo de nutrientes específicos en cada uno de los sustratos. Sin embargo, esta influencia disminuyó en las semanas posteriores, deduciendo que, a medida que avanzaba el tiempo, el impacto del sustrato en la producción de humus fue menos determinante, probablemente por la estabilización del ambiente de crianza. De manera similar, la interacción entre sustrato y densidad también resultó significativa únicamente en las primeras dos semanas, lo que indica que en las primeras semanas existe la densidad varía

según el sustrato acorde a la producción de humus, el coeficiente de variación se mantuvo dentro de los límites aceptables para este tipo de experimentos dando confiabilidad en los resultados.

Tabla 6. Resumen de análisis de la varianza de la producción de humus de lombriz con diferentes sustratos y densidad de lombrices durante 4 semanas.

FV	GL	Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
		SC	Pr>Fc	SC	Pr>Fc	SC	Pr>Fc	SC	Pr>Fc
Sustrato	3	0.335	0.0294*	0.525	0.0015*	0.1212	0.1093 ^{ns}	0.1093 ^{ns}	0.1093 ^{ns}
Densidad	1	0.12	0.0516 ^{ns}	0.135	0.0227*	0.120	0.0173*	0.0173*	0.0173*
Sustrato x Densidad	3	0.26	0.0586 ^{ns}	0.218	0.0427*	0.054	0.3916 ^{ns}	0.3916 ^{ns}	0.3916 ^{ns}
Error	16	0.46		0.34		0.27		0.25	
CV (%)		6.36		5.48		4.89		4.66	
Media		2.67		2.66		2.67		2.70	

Ns = No Significativa

* = Significativa

3.3.1 Comparación de media en producción humus de lombriz

En los resultados de la **Tabla 7**, se observó que la producción de humus de lombriz muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en las distintas semanas, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$). Las letras minúsculas comparan las medias dentro de cada fila (entre los diferentes tratamientos sustratos), mientras que las letras mayúsculas comparan las medias entre las columnas (densidades). En general, los valores de producción de humus no presentan diferencias significativas entre los diferentes sustratos sin embargo se observó una interacción entre el sustrato y la densidad de lombrices en las semanas 1 y 2. En las semanas 3 y 4 no se registró interacción, pero si diferencias significativas en el factor densidad donde indica que mayores densidades lombrices produjeron mayor cantidad de humus en el sustrato compuesto por 75E-25BC, siendo así Crespo Heredia; Romero Fernández y González Mena. (2012) manifiestan que el aumento en la población de lombrices dentro de las áreas estudiadas contribuye significativamente a la mayor producción de humus. A medida que la cantidad de lombrices crece, su actividad metabólica intensifica el proceso de procesamiento de la materia orgánica, lo que resulta en un mayor volumen de humus producido.

Tabla 7. Interacción del factor sustrato y densidad de lombrices en la producción de humus durante 4 semanas

Comparación de medias en producción de humus																
	Semana 1				Semana 2				Semana 3				Semana 4			
Sustrato	D25		D32		D25		D32		D25		D32		D25		D32	
100-E	2,66	abA	2,93	aA	2,63	aA	2,83	aA	2,60	aA	2,76	aA	2,66	aA	2,80	aA
75E-25BC	2,48	abB	2,83	aA	2,43	aB	2,83	aA	2,53	aB	2,80	aA	2,50	aB	2,83	aA
50E-50BC	2,83	aA	2,63	aA	2,76	aA	2,90	aA	2,76	aA	2,76	aA	2,70	aA	2,76	aA
25E-755BC	2,40	bA	2,56	aA	2,36	aA	2,50	aA	2,50	aA	2,63	aA	2,66	aA	2,66	aA

Los valores medios seguidos por la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí. Las letras minúsculas se utilizan para comparar las medias entre filas, por otro lado, las letras mayúsculas se usan para comparar las medias entre las columnas, de acuerdo con la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

Conclusiones

- Los sustratos (estiércol bovino, borra de café y residuos vegetales) son aceptados por las lombrices sin causar problemas de salud en ellas, haciéndolos idóneos para la producción de humus.
- La mezcla de sustratos y la densidad de lombrices influyeron significativamente en la cantidad de humus producido. Los sustratos que implementaron una mezcla de estiércol bovino con borra de café + residuos vegetales, mezclados con una mayor densidad de lombrices (32 g/kg), produjeron mayores cantidades de humus en comparación con otros tratamientos.
- Densidades más altas de lombrices aumentaron la producción de humus, aunque redujeron el peso promedio de las lombrices debido a la competencia por recursos.
- El tratamiento que mostró mejores resultados en cuanto a la producción de humus fue la mezcla de 75% estiércol bovino y 25% borra de café y residuos vegetales, lo que sugiere que esta combinación de sustratos es la más eficiente para maximizar la producción de humus.

Recomendaciones

- Se recomienda usar una densidad de lombrices de 32 g/kg para una buena producción de humus. Sin embargo, hay que tomar en cuenta el balance entre la producción de humus y el peso de las lombrices, monitoreando cualquier efecto negativo que pueda manifestarse a lo largo del tiempo.
- Se recomienda usar una mezcla de estiércol de bovino con borra de café y residuos vegetales en proporciones de 75% y 25%, para mejorar la eficiencia del proceso y aumentar la cantidad de humus producido.
- Es importante realizar estudios adicionales para evaluar el impacto a largo plazo de la densidad de lombrices en su reproducción y salud, así como para explorar otras combinaciones de sustratos que puedan mejorar aún más la producción de humus y la calidad del producto final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmad, A. *et al.* (2021) 'Earth Worms and Vermicomposting: A Review on the Story of Black Gold', *Journal of Innovative Sciences*, 7(1). Available at: <https://doi.org/10.17582/JOURNAL.JIS/2021/7.1.167.173>.

Alcívar Llivicura, M.F. (2023a) '3_74_84_Comportamiento+de+la+Lombriz+Roja+Californiana+(Eisenia+foetida)+en+diferentes+sustratos+orgánicos'. Available at: <https://zenodo.org/records/10002029> (Accessed: 7 October 2024).

Alcívar Llivicura, M.F. (2023b) 'Comportamiento de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en diferentes sustratos orgánicos', *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, ISSN 2528-8083, Vol. 8, Nº. 4, 2023, págs. 74-84, 8(4), pp. 74–84. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9143399&info=resumen&idioma=ENG> (Accessed: 12 November 2024).

Balseca Guamán, G.A. (2021) 'Desertificación de los suelos de Manglaralto. Uso de compost como alternativa nutricional para la extensión de UPSE en Manglaralto - Santa Elena'. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6317> (Accessed: 12 November 2024).

Bravo, D.A.C. *et al.* (2017) 'USO DEL HUMUS DE LOMBRIZ Y JACINTO DE AGUA SOBRE EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL PEPINO (*Cucumis sativus*, L)', *Biotechnia*, 19(2), pp. 30–35. Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=672971091005> (Accessed: 3 November 2024).

C., A.E.H. *et al.* (2019) 'Uso de la *Eisenia hortensis* (lombriz de tierra) en el vermicompostaje de residuos orgánicos', *Revista Científica Pakamuros*, 7(2). Available at: <https://doi.org/10.37787/RRAAG977>.

Canales Gutiérrez, A. *et al.* (2020) 'Crianza de *Eisenia foetida* (Lombriz Roja) en diferentes sustratos de desarrollo biológico', *Ecología Aplicada*, 19(2), pp. 87–92. Available at: <https://doi.org/10.21704/REA.V19I2.1559>.

Del Carmen, N. and Joyo, R. (2017) 'Lombricultivo en la Producción de Abono Orgánico para Fomento de Valores Ambientales', *Revista Científica*, 2(3), pp. 276–288. Available at: <https://doi.org/10.29394/SCIENTIFIC.ISSN.2542-2987.2017.2.3.15.276-288>.

- Crespo Heredia; Romero Fernández y González Mena (2012) *PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EN CUBA*. Available at: <https://www.eumed.net/cursecon/ecolat/cu/2012/hfm.html> (Accessed: 12 November 2024).
- Dejene, W., Natarajan, P. and Ayele, S. (2024) ‘Evaluation of Substrates for Optimizing Vermicomposting Products’, *BioResources*, 19(4), pp. 7183–7194. Available at: <https://doi.org/10.15376/BIORES.19.4.7183-7194>.
- Ferreira, D.F. (2019) ‘SISVAR: A COMPUTER ANALYSIS SYSTEM TO FIXED EFFECTS SPLIT PLOT TYPE DESIGNS’, *Brazilian Journal of Biometrics*, 37(4), pp. 529–535. Available at: <https://doi.org/10.28951/RBB.V37I4.450>.
- Giunta, S.A. *et al.* (2019) ‘Difusiones’, *Difusiones*, 17(17), pp. 6–13. Available at: <http://ediciones.ucse.edu.ar/ojsucse/index.php/difusiones/article/view/93> (Accessed: 12 November 2024).
- Google Maps* (2024). Available at: https://www.google.com.ec/maps/@-0.1081339,-78.4699519,18z?hl=es&entry=tту&g_ep=EgoyMDI0MTEwNi4wIKXMDSoASAFQAww%3D%3D (Accessed: 9 November 2024).
- Gunya, B. and Masika, P.J. (2022) ‘Eisenia fetida worm as an alternative source of protein for poultry: a review’, *International Journal of Tropical Insect Science*, 42(1), pp. 1–8. Available at: <https://doi.org/10.1007/S42690-021-00531-6/METRICS>.
- Holguin Alay, B.J. (2021) ‘Respuesta agronómica del cultivo de rábano *Raphanus sativus* con diferentes sustratos orgánicos, en el centro de apoyo Manglaralto, UPSE de la provincia de Santa Elena’. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6392> (Accessed: 7 November 2024).
- Katherine, C.S.D., Antonio, V.M.L. and David, A.M.W. (2020) ‘Aplicación de sustratos orgánicos en la cría de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) para la producción de alimento animal’, *ConcienciaDigital*, 3(3.1), pp. 22–35. Available at: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1.1354>.
- LUNA-CANCHARI, G. and MENDOZA-SOTO, N. (2020) ‘Condiciones ambientales y microorganismos adecuados para la obtención de humus de calidad y su efecto en el suelo agrícola’, *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6(1). Available at: <https://doi.org/10.17162/RICTD.V6I1.1405>.
- Mendoza Intriago, D.A., Mero Rosado, V.F. and Alcívar Arteaga, B.R. (2024) ‘Influencia del humus de lombriz en la calidad de los suelos agrícolas: un estudio de caso’, *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, ISSN-e 2224-2643, Vol. 15, Nº. 3, 2024, págs. 388-404, 15(3), pp.

- 388–404. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9692644&info=resumen&idioma=ENG> (Accessed: 10 November 2024).
- Ramírez Tomalá, R.G. (2021) ‘Proyecto microempresario de producción de Humus de Lombriz en la parroquia Ancón’. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6300> (Accessed: 7 November 2024).
- Rincones, P.A. *et al.* (2023a) ‘Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*)’, *Información tecnológica*, 34(2), pp. 11–20. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642023000200011>.
- Rincones, P.A. *et al.* (2023b) ‘Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*)’, *Información tecnológica*, 34(2), pp. 11–20. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642023000200011>.
- Rincones, P.A. *et al.* (2023c) ‘Evaluation of substrates on the productive parameters of the red California earthworm (*Eisenia fetida*)’, *Información tecnológica*, 34(2), pp. 11–20. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642023000200011>.
- Rojas Peña, M. (2015) ‘Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetia*) elaborado con diferentes sustratos vegetales en la comunidad de Trinidad Pampa - Coripata’. Available at: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/6004> (Accessed: 12 November 2024).
- Romero Romano, C.O. *et al.* (2018a) ‘Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*)’, *Centro Agrícola*, 45(4), pp. 68–74. Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000400068&lng=es&nrm=iso&tlng=en (Accessed: 10 November 2024).
- Romero Romano, C.O. *et al.* (2018b) ‘Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*)’, *Centro Agrícola*, 45(4), pp. 68–74. Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852018000400068&lng=es&nrm=iso&tlng=en (Accessed: 12 November 2024).
- Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L. and Sepúlveda-Chavera, G. (2014) ‘Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica’, *Idesia (Arica)*, 32(2), pp. 95–99. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292014000200013>.
- Sarmiento, C. *et al.* (2021) ‘Evaluación de tres sustratos sobre el desempeño productivo y reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)’, *REVISTA COLOMBIANA DE*

ZOOTECNIA, 7(Num.12), pp. 18–23. Available at: <https://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/99> (Accessed: 12 November 2024).

Schuldt, M. *et al.* (2007) ‘Lombricultura. Desarrollo y adaptación a diferentes condiciones de temperie’, *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, VIII(8), pp. 1–10. Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612734015> (Accessed: 3 November 2024).

Sogorb Rico, A. (2022) ‘Aprendizaje basado en proyectos y lombricultura para aumentar el interés por el estudio del bloque de contenidos “Los cambios” de la asignatura Física y Química en 3º de ESO’. Available at: <https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/5396> (Accessed: 10 November 2024).

Tambo Chambi, F. (2024) ‘Evaluación de la producción de vermicompost en dos densidades poblacionales de lombriz roja californiana (*Eisenia Foétida*) en tres tipos de sustratos en el municipio de El Alto – La Paz’. Available at: <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/36489> (Accessed: 11 November 2024).

Terán torres, A.O. (2017) ‘Producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetica*) mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos’. Available at: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3310> (Accessed: 13 October 2024).

Tomalá, R. and Gabriel, R. (2021) ‘Proyecto microempresario de producción de Humus de Lombriz en la parroquia Ancón’. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6300> (Accessed: 13 October 2024).

Villegas-Cornelio, V.M. *et al.* (2017) ‘Vermicompostaje: I avances y estrategias en el tratamiento de residuos sólidos orgánicos’, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(2), pp. 393–406. Available at: <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V8I2.59>.

ANEXOS



Figura A 1. Precompostaje de estiércol



Figura A 2. Clima del área



Figura A 3. Llegada de lombrices



Figura A 4. Sustratos listos para la prueba



Figura A 5. Contenedores listos para lombrices



Figura A 6. Peso de lombriz



Figura A 7. Lombriz roja californiana (*Eisenia Fetida*)



Figura A 8. Lombrices dentro de su unidad experimental



Figura A 9. Malla para tamizar



Figura A 10. Muestras de humus de lombriz de cada tratamiento