



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EN EL CARMEN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de Noviembre 13 de 1985



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

**“Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja
Experimental Río Suma”**

AUTOR: Lizeth Katherine Cantos Alcívar

TUTOR: Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio MSc.

El Carmen, febrero del 2026

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A)	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página I de I

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Lizeth Katherine Cantos Alcívar**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma”**

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 29 de enero del 2026.

Lo certifico,



Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio, MSc

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



**UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE
MANABÍ EXTENSIÓN EL CARMEN**

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado **“Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Rio Suma”**, cuya autora **Lizeth Katherine Cantos Alcívar**, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria y como Tutor de Trabajo de Titulación el Ing. De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio, MSc.

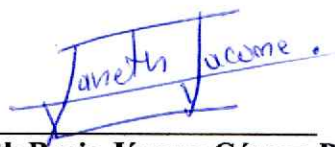
El Carmen, febrero de 2026



Ing. Elizabeth Telli Tacuri Troya, Mg.
Presidente del tribunal de titulación



Ing. Jorge Sifredo Vivas Cedeño, Mg.
Miembro del tribunal de titulación



Ing. Janeth Rocio Jácome Gómez, PhD.
Miembro del tribunal de titulación



Uleam



DECLARACIÓN DE AUTORIA

La responsabilidad de este proyecto de Titulación: **“Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma”** corresponde exclusivamente a **Lizeth Katherine Cantos Alcívar** con C.I. 1724747197 y los derechos patrimoniales del mismo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El Carmen – Manabí

Autora

Lizeth Katherine Cantos Alcívar
C.I 1724747197



Uleam

DEDICATORIA

“Pies, ¿para qué los quiero, si tengo alas para volar?” — **Frida Kahlo**

A mis padres, Bolívar Cantos y Rosa Alcívar, por ser el pilar fundamental de mi vida y mi principal apoyo en cada etapa de mi formación personal y académica. Su esfuerzo, orientación y amor incondicional han sido determinantes para alcanzar este logro.

A Leonel Bryce Párraga y a Stian Alcívar, mi persona azul, por ser la inspiración más pura de este camino. Su ternura, fortaleza y presencia dieron sentido a cada sacrificio y motivaron mi perseverancia hasta la culminación de esta meta académica.

Lizeth Katherine Cantos Alcívar

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a Eduardo Párraga, por su apoyo constante, comprensión y acompañamiento a lo largo de este proceso académico, siendo un pilar fundamental para la culminación de esta etapa.

A Norma Pelaiz, quien, aunque ya no se encuentra físicamente, permanece presente en mi recuerdo y en las enseñanzas que dejó en mi vida, las cuales fueron una fuente de fortaleza durante este camino.

A mis hermanos, por su respaldo, apoyo y palabras de aliento en cada etapa de este proceso. Finalmente, agradezco a todas las personas que, de una u otra manera, estuvieron presentes y contribuyeron durante el desarrollo de este trabajo, brindando apoyo moral y motivación para alcanzar este objetivo académico.

Lizeth Katherine Cantos Alcívar

ÍNDICE

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXO.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT	XV
TÍTULO.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
HIPÓTESIS	6
I. CAPITULO.....	6
METODOLOGÍA.....	6
1.1. Ubicación del ensayo	6
1.2. Caracterización climatológica de la zona.....	6
1.3. Materiales e insumos	7
1.4. Métodos.....	8
1.5. Variables de estudio	9
1.6. Diseño de la investigación.....	9
1.7. Descripción de los tratamientos	10
1.8. Análisis estadístico.....	10
1.9. Manejo del ensayo.....	10

1.9.1.	Selección del sitio.....	10
1.9.2.	Materiales para el lombricario.....	11
1.9.3.	Construcción del lombricario	11
1.9.4.	Inoculación de lombrices	11
1.9.5.	Preparación del sustrato y aplicación	12
1.9.6.	Alimentación de las lombrices	12
1.9.7.	Riego de las lombrices	12
1.9.8.	Toma de datos	12
1.9.9.	Análisis e interpretación de resultados	13
1.9.10.	Cosecha de humus	13
CAPÍTULO II		1
MARCO TEÓRICO.....		1
2.1.	Antecedentes e importancia la lombricultura.....	1
2.2.	Fundamentos de la lombricultura.....	1
2.3.	El lombricario	2
2.4.	La lombricultura en el contexto ecuatoriano.....	3
2.5.	Criterios de diseño del lombricario tecnificado	3
2.6.	Especies epígeas clave en la producción de humus y lixiviado	4
2.7.	Características generales de <i>Eisenia fetida</i>	5
2.8.	Sustratos orgánicos utilizados en lombricultura.....	7
2.8.1.	Sustratos de origen vegetal.....	7
2.8.2.	Sustratos de origen animal	7
2.8.3.	Subproductos de mataderos.....	8
2.9.	Lixiviado de vermicompost.....	8
2.9.1.	Composición fisicoquímica.....	10
2.9.2.	Componente microbiológico y bioactivo	10
2.9.3.	Funciones agronómicas	10

2.9.4. Manejo y limitaciones	10
2.10. Gestión de residuos	10
Importancia agroambiental del proceso.....	11
TRABAJOS RELACIONADOS.....	1
CAPITULO III	3
3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	3
3.1. Descripción del sistema o proceso	3
3.1.1. Antecedentes	3
3.2. Diseño y selección de tecnologías, herramientas o equipos a implementar.....	4
3.2.1. Ubicación de la propuesta	5
3.2.2. Metodología de la propuesta	5
3.2.3. Descripción funcional de los componentes	8
3.2.4. Cronograma.....	11
3.3. Descripción del sistema.....	12
3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
3.4.1. Abundancia poblacional de <i>Eisenia fetida</i> bajo diferentes sustratos orgánicos.....	14
3.4.2. Peso (g) de <i>Eisenia fetida</i> bajo diferentes sustratos orgánicos.....	14
3.4.3. Longitud (cm) de las lombrices (<i>Eisenia fetida</i>)	15
3.4.4. Diámetro (mm) de las lombrices (<i>Eisenia fetida</i>)	16
3.4.5. Producción semanal de lixiviado de lombriz (<i>Eisenia fetida</i>) bajo diferentes sustratos orgánicos	17
3.4.6. Producción acumulada de lixiviado de lombriz (<i>Eisenia fetida</i>) bajo diferentes sustratos orgánicos	18
3.4.7. Producción de biomasa sólida (kg) del sustrato en el proceso de lixiviado de lombriz (<i>Eisenia fetida</i>) con sustratos orgánicos	19
3.4.8. Caracterización química integral del lixiviado de lombriz (T3: 50 % pollinaza + 50 % estiércol)	20
CAPÍTULO IV	22

CONCLUSIONES	22
RECOMENDACIONES	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	XXXV
ANEXOS.....	XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climatológicas de la localidad.....	7
Tabla 2. Descripción de los tratamientos	10
Tabla 3. Análisis de varianza del experimento.....	10
Tabla 4. Tipos de lombricario	2
Tabla 5. Partes anatómicas principales de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>) y sus funciones	5
Tabla 6. Macroelementos de algunos estiércoles para la alimentación de lombriz	8
Tabla 7. Principales funciones del lixiviado de lombriz en la agricultura	9
Tabla 8. Cronograma de la Primera Fase	11
Tabla 9. Cronograma de la segunda Fase.....	11
Tabla 10. Desglose de costos de adquisición e implementación de las camas de lombricultura con <i>Eisenia fetida</i>	13
Tabla 11. <i>Producción semanal de lixiviado de lombriz según tratamientos: T1 (estiércol bovino 100 %), T2 (50 % residuos de mercado + 50 % estiércol), T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) y T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos de mercado).....</i>	18
Tabla 12. <i>Peso de la biomasa sólida, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma</i>	19
Tabla 13. Caracterización química integral, de la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma	20

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio	6
Figura 2. Vista general del lombricario bajo cubierta	2
Figura 3. Anatomía de la lombriz roja californiana	6
Figura 4. Preparación del área y montaje de la base estructural del sistema de lombricultura. 6	
Figura 5. <i>Instalación de la cubierta metálica sobre la estructura del módulo de lombricultura</i>	6
Figura 6. <i>Construcción de las camas del lombricario y distribución de compartimientos para</i> <i>cada tratamiento</i>	7
Figura 7. <i>Procedimiento de pesaje de lombrices para asignar 1 kg a cada tratamiento</i> <i>experimental</i>	7
Figura 8. <i>Aplicación de la capa de sustrato orgánico en los tratamientos</i>	7
Figura 9. <i>Aplicación de humedad previa en las camas del sistema de vermicompostaje</i>	8
Figura 10. Aplicación de la capa de sustrato orgánico en los tratamientos	8
Figura 11. Esquema de la implementación del lombricario	12
Figura 12. Abundancia poblacional, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma	14
Figura 13. <i>Variación del peso (g), en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos</i> <i>orgánicos de la Granja Experimental Río Suma</i>	15
Figura 14. <i>Longitud promedio, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos</i> <i>orgánicos de la Granja Experimental Río Suma</i>	15
Figura 15. <i>Diámetro (mm) promedio, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos</i> orgánicos de la Granja Experimental Río Suma	16
Figura 16. <i>Producción acumulada total, en la producción de lixiviado de lombriz con</i> <i>sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma</i>	18

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. Análisis en la varianza de la variable Abundancia poblacional, en la Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma	XXXV
Anexo 2. Análisis en la varianza de la variable diámetro Abundancia poblacional, en la Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma.....	XXXV
Anexo 3. Análisis en la varianza de la variable producción de lixiviado en diámetro Abundancia poblacional, en la Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma	XXXV
Anexo 4. <i>Acta de Donación de Bienes</i>	XXXV
Anexo 5. Resultado del análisis químico del tratamiento T3	XXXVI
Anexo 6. <i>Instalación de la cubierta metálica sobre la estructura del lombricario</i>	XXXVI
Anexo 7. <i>Construcción de las camas del lombricario</i>	XXXVI
Anexo 8. <i>Aplicación de la capa de sustrato orgánico en los tratamientos</i>	XXXVII
Anexo 9. Aplicación de la capa de sustrato orgánico en los tratamientos	XXXVII
Anexo 10. Toma de datos	XXXVII

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo general evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos sobre el desempeño productivo de *Eisenia fetida* y la producción de lixiviado de lombriz en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen. La investigación se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar, con cuatro tratamientos: T1 (estiércol bovino al 100 %), T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol), T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) y T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado), con tres repeticiones. En los resultados, el mayor número de lombrices se registró en el tratamiento T4, con 328,25 lombrices. El mayor peso promedio se observó en el tratamiento T2, con 0,45 g, mientras que la mayor longitud corporal se presentó en los tratamientos T2 y T3. El diámetro corporal más alto correspondió al tratamiento T2, con 2,33 mm. En cuanto a la producción total de lixiviado, el tratamiento T3 registró el valor más alto, con 10,02 l, y de manera concordante, la mayor producción de biomasa sólida del sustrato también se obtuvo en T3, con 63,91 kg. En conclusión, el tratamiento 50 % pollinaza + 50 % estiércol (T3) fue el más eficiente para optimizar la producción de lixiviado de lombriz y la transformación del sustrato bajo las condiciones evaluadas.

Palabras claves: Lixiviado, lombrices, residuos, sustratos, biofertilizante

ABSTRACT

The general objective of this study was to evaluate the effect of different organic substrates on the productive performance of *Eisenia fetida* and vermicompost leachate production at the Río Suma Experimental Farm of the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, El Carmen Extension. The experiment was conducted under a Completely Randomized Design, with four treatments: T1 (100% cattle manure), T2 (50% market residues + 50% manure), T3 (50% poultry manure + 50% manure), and T4 (50% manure + 25% poultry manure + 25% market residues), with three replications. Regarding the results, the highest number of worms was recorded in treatment T4, with 328.25 worms. The highest average body weight was observed in treatment T2, with 0,45 g, while the greatest body length was registered in treatments T2 and T3. The highest body diameter corresponded to treatment T2, with 2.33 mm. In terms of total leachate production, treatment T3 showed the highest value, with 10.02 L, and similarly, the greatest solid substrate biomass production was obtained in T3, with 63.91 kg. In conclusion, the 50% poultry manure + 50% manure treatment (T3) was the most efficient for optimizing vermicompost leachate production and substrate transformation under the evaluated conditions.

Keywords: leachate, earthworms, residues, substrates, biofertilizer.

TÍTULO

Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma.

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos, la agricultura ha incorporado fertilizantes orgánicos sólidos y líquidos, los cuales han desempeñado un papel crucial en la conservación y mejora de la fertilidad de los suelos destinados al cultivo (Sánchez y Fernández, 2009). La agricultura orgánica, más allá de emplear abonos naturales, implica una transformación en la percepción y responsabilidad del productor, quien debe asumir una gestión sostenible basada en cuatro principios esenciales: aprovechar al máximo los recursos locales, minimizar la dependencia de insumos externos, reducir el impacto ambiental y garantizar la salud de los agricultores y consumidores (Abreu-Cruz et al., 2018).

La lombricultura, como práctica organizada, tuvo sus primeras investigaciones formales en la década de 1940 en Estados Unidos, donde se exploró el uso de lombrices para la bioconversión de residuos orgánicos en abonos útiles para la agricultura (Morales et al., 2010). Esta tecnología se difundió posteriormente en Europa y América Latina, adaptándose a una amplia gama de contextos agrícolas y urbanos (Ahmad et al., 2021). Actualmente, países como México, Colombia y Brasil han integrado la lombricultura como una herramienta fundamental para la gestión de residuos y la producción de fertilizantes orgánicos (Jiménez-Roa y Morales-Jiménez, 2021).

La lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) se ha consolidado como una especie de alto valor en la producción de abonos orgánicos debido a su capacidad para transformar residuos orgánicos en fertilizantes de excelente calidad, esta lombriz destaca por su elevada tasa reproductiva y su adaptabilidad a diversas condiciones ambientales, características que han facilitado su empleo en sistemas de vermicompostaje a nivel mundial (Domínguez, 2018; Rincones et al., 2023).

Numerosos trabajos de investigación han explorado la utilización de vermicomposta, producto derivado de la descomposición de residuos orgánicos procesados por lombrices, que se transforma en abono orgánico y constituye una alternativa para la producción agrícola sin el uso de insumos químicos (Jaramillo, 2018).

Su actividad biológica contribuye a mejorar la estructura física de los suelos, incrementar los niveles de materia orgánica y promover la actividad de microorganismos beneficiosos potasio (Ahmad et al., 2021). La vermicomposta generada por *Eisenia fetida* libera nutrientes esenciales de forma gradual, lo que favorece la fertilidad del suelo y reduce la dependencia de fertilizantes sintéticos (Aira et al., 2007).

La aplicación de vermicomposta en suelos agrícolas ha mostrado efectos positivos significativos en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Nogales et al., 2014). Entre los beneficios reportados se incluyen una mayor capacidad de retención de agua, una mejor aireación y una disponibilidad incrementada de nutrientes clave como nitrógeno, fósforo y potasio (Ahmad et al., 2021).

Estos cambios no solo potencian el desarrollo radicular de los cultivos, sino que también elevan el rendimiento y la calidad de las cosechas (Jiménez-Roa & Morales-Jiménez, 2021). Además, se ha observado que el uso de vermicomposta puede aumentar la resistencia de las plantas frente a enfermedades y plagas, disminuyendo así la necesidad de aplicar productos agroquímicos y promoviendo sistemas de producción agrícola más sostenibles (Nogales et al., 2014).

En la agricultura sostenible, los sustratos orgánicos representan un componente esencial para el desarrollo de sistemas productivos eficientes y ambientalmente responsables (Atzori et al., 2021). Estos materiales, de origen biológico y generalmente renovable, funcionan como medios físicos de crecimiento que proporcionan soporte estructural, retención de humedad, porosidad y aporte de nutrientes a las raíces de las plantas (Čepulienė et al., 2022).

A diferencia de los sustratos inertes, los orgánicos poseen una elevada capacidad de intercambio catiónico, lo cual facilita la absorción de macro y micronutrientes, mejorando la disponibilidad de elementos esenciales en la rizosfera (Martínez & Roca, 2011).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A pesar del alto volumen de residuos generados en actividades agropecuarias, su potencial como recurso valioso sigue siendo escasamente reconocido. La falta de conocimiento técnico y de modelos sostenibles de aprovechamiento limita su transformación en insumos agrícolas útiles.

La descomposición no controlada de estos residuos ocasiona la liberación de agentes patógenos y lixiviados contaminantes que afectan la calidad del suelo y los recursos hídricos (Camarena et al., 2022). Este tipo de contaminación contribuye a la degradación de los ecosistemas y limita el uso agrícola de los suelos (Murillo-Amador et al., 2015). Además, la exposición continua a estos contaminantes incrementa la incidencia de enfermedades respiratorias, gastrointestinales y dérmicas entre los habitantes de las zonas afectadas (Zanor et al., 2018).

Esta situación no solo compromete la sostenibilidad de los sistemas productivos, sino que también expone a los consumidores a compuestos nocivos, con consecuencias potenciales para la salud humana y animal, incluyendo enfermedades respiratorias, gastrointestinales y reacciones alérgicas asociadas a la exposición a agroquímicos y patógenos ambientales (Zanor et al., 2018)

En la actualidad, la inadecuada gestión de residuos agropecuarios representa un problema creciente, tanto a nivel ambiental como sanitario, debido a la acumulación de desechos orgánicos que no son tratados de forma adecuada. Esta situación se agrava por la falta de estrategias sostenibles que permitan su transformación en productos útiles para la agricultura (Milpa-Mejía et al., 2012). A pesar de la existencia de tecnologías como la lombricultura y el uso de sustratos orgánicos estabilizados, su aplicación aún es limitada, lo que impide aprovechar su potencial como alternativa viable para mitigar los efectos negativos de estos residuos (Murillo-Amador et al., 2015).

¿Qué sustratos orgánicos disponibles permitirán optimizar la producción de lixiviado de lombriz, garantizando un manejo sostenible de los desechos y brindando beneficios económicos a los productores?

JUSTIFICACIÓN

El manejo inadecuado de residuos orgánicos provenientes de actividades agropecuarias y domésticas constituye un desafío ambiental y productivo en zonas rurales como el cantón El Carmen, la acumulación indiscriminada de estiércoles, restos vegetales y residuos de mercados representa no solo un riesgo para la salud ambiental y humana, sino también una pérdida significativa de recursos potencialmente valiosos para el sector agrícola, éstos desperdicios, al no gestionarse de forma técnica, provocan la contaminación del suelo y del agua, además de contribuir a la emisión de gases de efecto invernadero (Chávez et al., 2019).

La acumulación y disposición inadecuada de estiércol bovino, gallinaza y residuos orgánicos provenientes de los mercados representan un problema ambiental y productivo creciente en las zonas rurales y periurbanas (Acevedo-Peralta et al., 2017). Estos residuos, al no gestionarse correctamente, se depositan en vertederos o espacios abiertos donde generan focos de contaminación, proliferación de vectores de enfermedades y emisión de gases de efecto invernadero, lo que deteriora la calidad ambiental y pone en riesgo la salud de las comunidades cercanas (Milpa-Mejía et al., 2012).

En este contexto, la lombricultura se perfila como una alternativa eficiente y sostenible para la valorización de residuos orgánicos (Murillo-Amador et al., 2015). A través de la acción biológica de *Eisenia fetida*, es posible transformar estos desechos en un insumo líquido de alto valor agronómico: el lixiviado de lombriz, este biofertilizante líquido contiene microorganismos benéficos, enzimas, ácidos húmicos y nutrientes esenciales que mejoran la estructura del suelo, incrementan la disponibilidad de nutrientes y promueven el desarrollo radicular de los cultivos (Domínguez, 2018).

Estas alternativas, al incorporar procesos de descomposición biológica controlada, no solo reducen la carga contaminante de los residuos, sino que también restauran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, promoviendo sistemas agrícolas más sostenibles y resilientes (Trejo-Escareño et al., 2013). El aprovechamiento integral de residuos orgánicos mediante lombricultura transforma un pasivo ambiental en un activo productivo, promoviendo la reutilización de recursos y generando nuevas oportunidades de ingreso para los productores (Camarena et al., 2022).

La comercialización del lixiviado de lombriz ofrece una alternativa económica viable que permite diversificar las fuentes de ingreso, reducir costos de producción y fomentar la autonomía de las fincas agroecológicas (Salinas-Vásquez et al., 2014). Desde una perspectiva formativa y social, el estudio tiene el potencial de generar conocimiento aplicable a otras experiencias rurales, al identificar los sustratos orgánicos más efectivos para la producción del lixiviado (Rincones et al., 2023).

Paralelamente, la baja disponibilidad de nutrientes en suelos degradados ha llevado a una dependencia excesiva del uso de fertilizantes químicos afectadas (Zanor et al., 2018). Aunque estos insumos incrementan temporalmente la productividad agrícola, su uso continuo ha inducido una serie de efectos negativos, como la acidificación del suelo, la salinización, la

contaminación de cuerpos de agua y la acumulación de residuos tóxicos en los alimentos (Lazcano & Domínguez, 2011).

La implementación de este proceso con sustratos orgánicos disponibles localmente permite reducir la dependencia de fertilizantes químicos y minimizar el impacto ambiental de las actividades agrícolas, alineándose con los principios de la agricultura limpia y la gestión agroecológica del suelo (Bravo et al., 2018). La selección adecuada de los sustratos empleados en la alimentación de las lombrices influye directamente en la calidad del lixiviado producido, por lo que resulta necesario identificar cuáles aportan mayores beneficios en términos de rendimiento agronómico y eficiencia biológica (Rincones et al., 2023).

Por lo tanto, la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos provenientes de la Granja Experimental Río Suma no solo ofrece una solución técnica a la gestión de residuos, sino que también constituye una herramienta estratégica para mejorar la productividad agrícola, restaurar la salud del suelo y fomentar prácticas ambientalmente responsables. Para lograrlos se presenta el presente trabajo de investigación titulado: Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma.

Este esfuerzo se enmarca en la transición hacia un modelo de desarrollo rural sostenible que articule la rentabilidad económica con la conservación de los recursos naturales y el bienestar de las comunidades rurales (Abreu-Cruz et al., 2018).

OBJETIVOS

i) Objetivo general

Evaluar la producción de lixiviado de lombriz utilizando diferentes sustratos orgánicos disponibles en la Granja Experimental Río Suma El Carmen – Manabí.

ii) Objetivos específicos

Implementar un lombricario con sustratos orgánicos disponibles en la Granja Experimental Río Suma en la producción de lixiviado de lombriz.

Identificar el sustrato orgánico que permitan obtener el mayor volumen de lixiviado de lombriz bajo condiciones controladas.

Analizar las propiedades fisicoquímicas del lixiviado de lombriz producidos con cada sustrato orgánico.

HIPÓTESIS

Ha: La producción de humus de lombriz obtenida, mediante proceso de lombricultura, mejorarán la utilización de los residuos orgánicos en la Granja Experimental Río Suma.

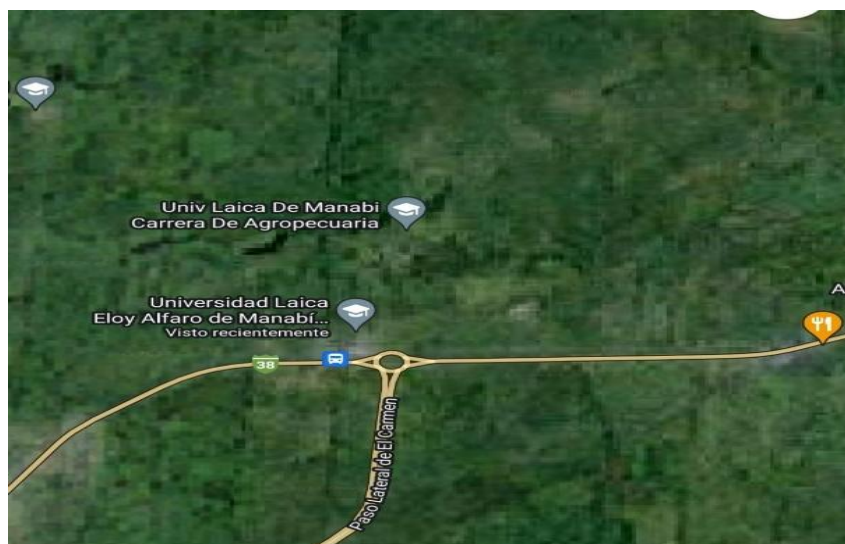
I. CAPITULO

METODOLOGÍA

1.1. Ubicación del ensayo

El experimento se ejecutó en la Granja Experimental Río Suma, ubicada en el margen derecho del redondel de la virgen del Carmen Madre, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. El sitio de estudio se localiza en las coordenadas UTM: X = -0.262156; Y = -79.428218 m; a una altitud de 258 metros sobre el nivel del mar. La zona se caracteriza por presentar condiciones climáticas propias del trópico húmedo

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio



Fuente: Google Maps (2025).

1.2. Caracterización climatológica de la zona

Parámetros agroclimáticos representativos del cantón El Carmen (Tabla 1):

Tabla 1. *Características climatológicas de la localidad*

Características	El Carmen
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022)

1.3. Materiales e insumos

a) Materiales para la construcción del lombricario

- Bloques
- cemento
- Malla metálica (tipo mosquitera o galvanizada)
- Clavos y tornillos
- Martillo
- Sierra manual o eléctrica
- Taladro
- Plástico negro (para base o protección contra la humedad)
- Recipientes plásticos o tinas (opcional, para sistemas reducidos)

b) Materiales para la instalación y manejo del lombricario

- Pala
- Machete
- Carretilla (opcional)
- Regadera
- Bomba mochila

c) Materiales para el registro y monitoreo de la producción

- Computadora
- Teléfono celular
- Impresora
- Cuaderno

- Esferográficos

Insumos biológicos y orgánicos:

- Lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*)
- Sustratos orgánicos (Estiércol bovino, Gallinaza y residuos vegetales)

1.4. Métodos

a. Método experimental

Este estudio se basó en el método experimental, al considerarse esencial para establecer relaciones causales entre las variables controladas y los resultados obtenidos (Hidalgo, 2005). La manipulación deliberada de factores específicos dentro de un entorno regulado permitió garantizar la validez interna del análisis estadístico y evaluar con precisión el efecto de cada tratamiento sobre la producción y calidad del lixiviado (Llivicura et al., 2021).

b. Método observacional

El método observacional permitió recopilar información directa sobre la actividad biológica de las lombrices y los cambios fisicoquímicos del sustrato a lo largo de un ciclo de 90 días (Jaramillo, 2018). Las evaluaciones semanales incluyeron la medición de la temperatura interna del lecho, así como del pH y la humedad del sustrato (Rincones et al., 2023). Estos registros se realizaron sin alterar el entorno experimental, lo que garantizó la obtención de datos confiables bajo las condiciones constantes de la cámara térmica. Este enfoque contribuyó a una comprensión detallada del comportamiento del sistema de vermicompostaje en tiempo real (Salinas-Vásquez et al., 2014).

c. Método descriptivo

Se adoptó un enfoque descriptivo porque el objetivo principal fue caracterizar la calidad físico-química y microbiológica del humus y del lixiviado sin modificar el proceso de vermicompostaje. Este método permitió registrar, de forma sistemática y objetiva, variables intrínsecas del producto final humedad, pH, materia orgánica, macronutrientes, micronutrientes y densidad aparente junto con la densidad de microorganismos benéficos (*Azotobacter*, *Rhizobium*, bacterias solubilizadoras de fosfato).

d. Análisis experimental

Se empleó un análisis experimental porque la finalidad del estudio fue establecer relaciones de causa-efecto entre factores manipulables tipo de sustrato, y dosis de lixiviado y las variables de respuesta asociadas a la producción y calidad del humus.

1.5. Variables de estudio

Variable independiente: Tipos de Sustratos

Variables dependientes:

Las variables evaluadas en el estudio fueron las siguientes:

- Peso de la lombriz (g kg^{-1}): se determinó el peso fresco promedio de los ejemplares adultos seleccionados al azar en cada unidad experimental, empleándose como indicador del crecimiento y desarrollo biológico de *Eisenia fetida*.
- Longitud de la lombriz (cm): se midió la longitud corporal promedio de cinco individuos representativos por tratamiento, considerando este parámetro como un reflejo del estado fisiológico y de la eficiencia del sustrato.
- Número de lombrices (ind kg^{-1}): se cuantificó la población total de lombrices adultas y juveniles por kilogramo de sustrato húmedo, lo que permitió evaluar la capacidad de reproducción y supervivencia bajo cada condición experimental.
- Volumen de lixiviado (mL kg^{-1}): se registró el volumen total de lixiviado recolectado en cada tratamiento, utilizándolo como indicador de la actividad biológica del sistema y del grado de descomposición de la materia orgánica.

1.6. Diseño de la investigación

El ensayo se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos sobre la producción y calidad del lixiviado generado por *Eisenia fetida*. Se establecieron cuatro tratamientos conformados por distintas combinaciones de materiales orgánicos: T1 (estiércol bovino 100 %), T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol), T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) y T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado).

Cada tratamiento contó con tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales, representadas por camas de lombricultura de 1 m^2 cada una. Todas las unidades se mantuvieron bajo condiciones homogéneas de humedad, carga inicial de lombrices, manejo y exposición

ambiental, a fin de garantizar la comparabilidad de los resultados. La distribución aleatoria de los tratamientos redujo la influencia de factores externos no controlados y permitió obtener una base estadística confiable.

Este diseño metodológico posibilitó realizar comparaciones precisas entre los tratamientos, determinando la influencia de los distintos sustratos sobre la producción de lixiviado y el rendimiento final del vermicompost, asegurando la validez experimental y la reproducibilidad de los resultados.

1.7. Descripción de los tratamientos

Tabla 2. *Descripción de los tratamientos*

Tratamiento	Descripción del sustrato	Repeticiones
T1	Estiércol 100 %	3
T2	50 % residuos del mercado + 50 % estiércol	3
T3	50 % pollinaza + 50 % estiércol	3
T4	50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado	3

1.8. Análisis estadístico

Se aplicó un ANOVA de un factor ($\alpha = 0,05$) para identificar diferencias entre los tratamientos. En caso de significancia, se utilizó la prueba de Tukey para comparar medias. El análisis se realizó en InfoStat 2022 y los resultados se graficaron en Microsoft Excel para facilitar su interpretación en relación con la producción y calidad del lixiviado.

Tabla 3. *Análisis de varianza del experimento*

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	3
Error	8
Total	11

1.9. Manejo del ensayo

1.9.1. Selección del sitio

El experimento se realizó en la Granja Experimental Río Suma, utilizando un área de 300 m² con sombra natural, suelo nivelado, buen drenaje y protección contra lluvias intensas y radiación solar directa, condiciones idóneas para el desarrollo de las lombrices.

1.9.2. Materiales para el lombricario

Para la implementación del lombricario se utilizaron tubos galvanizados, madera para estructuras laterales, malla de sombra y agua no clorada. Además, se emplearon sustratos orgánicos como estiércol bovino, gallinaza y residuos vegetales provenientes de la misma granja. Se utilizó también una población inicial de lombrices rojas californianas (*Eisenia fetida*), instrumentos como termómetro, como bioinoculante para favorecer la descomposición del sustrato y prevenir enfermedades.

1.9.3. Construcción del lombricario

Para la fase de construcción del lombricario, se optó por estructuras de madera en lugar de tubos galvanizados, debido a su disponibilidad local y a la facilidad de manejo durante el ensamblaje. Cada armazón se trató previamente con un sellador ecológico a base de linaza para prolongar su vida útil y prevenir el ataque de hongos e insectos.

Una vez preparado el material, se levantaron doce camas destinadas al ensayo (cuatro tratamientos con tres repeticiones) con dimensiones estándar de 1 m² de superficie y 0,40 m de profundidad. Los bordes se reforzaron con escuadras metálicas para garantizar la estabilidad estructural y evitar deformaciones a lo largo del ciclo productivo.

Posteriormente, se instaló un sistema de protección superior consistente en paneles de duratecho combinados con malla sombra de 50 %. Está cubierta mitigó la radiación solar directa y desvió el exceso de lluvia, lo que permitió mantener niveles de temperatura y humedad favorables para la actividad de las lombrices.

Finalmente, las camas se ubicaron bajo un área de sombra natural, orientadas de norte a sur para favorecer la circulación del aire y con pasillos de 0,90 m que facilitaron las labores de riego, monitoreo y cosecha. Esta disposición contribuyó a un control ambiental eficaz, reduciendo variaciones térmicas y mejorando la ventilación del sistema.

1.9.4. Inoculación de lombrices

Cada unidad experimental se inoculó con 1 kg m⁻² de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), densidad que correspondió a un rango aproximado de 600 – 1 000 individuos adultos por metro cuadrado, según el peso promedio registrado en el lote de cría. Las lombrices, previamente aclimatadas a la temperatura y humedad del sustrato, se depositaron de manera

homogénea sobre el material precompostado para asegurar un arranque uniforme del proceso de vermicompostaje.

1.9.5. Preparación del sustrato y aplicación

Los sustratos estiércol bovino procedente del área de ordeño de la Granja Río Suma, gallinaza obtenida de galpones adyacentes y residuos vegetales frescos provenientes de las parcelas hortícolas se recolectaron por separado, se trituraron y se homogenizaron hasta alcanzar una humedad cercana al 60 %. A continuación, se sometieron a precompostaje durante 15 días, con volteos cada 48 horas para favorecer la aireación y estabilizar la temperatura por debajo de 40 °C.

1.9.6. Alimentación de las lombrices

Cada semana se proporcionó a las lombrices el mismo tipo de sustrato asignado a cada tratamiento, respetando proporciones constantes previamente calculadas. Esta rutina, aplicada de forma regular y sin variaciones abruptas, aseguró una oferta homogénea de nutrientes y fibras, evitó cambios bruscos en el microbiota del lecho y permitió que el proceso de descomposición avanzara de manera estable. Al mantener la composición del alimento, se optimizó la eficiencia digestiva de *Eisenia fetida* y se garantizó una producción uniforme de humus y lixiviado durante todo el ciclo.

1.9.7. Riego de las lombrices

El lecho se humedeció cada dos días o antes, si la evaluación táctil indicaba sequedad para sostener la humedad relativa del sustrato entre 70 % y 80 %. Esta franja hídrica resultó crucial para preservar la respiración cutánea de las lombrices y fomentar la actividad microbiana encargada de mineralizar la materia orgánica. Al evitar tanto el exceso de agua (que provoca condiciones anaerobias) como la desecación (que reduce la movilidad de los anélidos), se mantuvo un ambiente favorable que maximizó la velocidad de vermicompostaje y la salud de la población.

1.9.8. Toma de datos

Se registraron semanalmente las condiciones ambientales (temperatura y humedad). Se documentó el desarrollo del vermicompostaje y la generación de lixiviado por unidad experimental.

1.9.9. Análisis e interpretación de resultados

Finalizado el ciclo de 90 días, las muestras de humus fueron enviadas a un laboratorio para evaluar los contenidos de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y materia orgánica (MO). También se analizaron los lixiviados recolectados para conocer su potencial como biofertilizante líquido.

1.9.10. Cosecha de humus

Se separaron manualmente las lombrices del humus, el cual fue secado a la sombra, tamizado y pesado para determinar el rendimiento por tratamiento. Paralelamente se recolectaron los lixiviados generados para su análisis físico-químico.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes e importancia la lombricultura

La vermicultura surgió como estrategia agroecológica para valorizar residuos orgánicos y reducir la dependencia de fertilizantes sintéticos (Dimas et al., 2008). Revisiones recientes confirman que el lixiviado de vermicompost (LV) concentra macro y micronutrientes fácilmente asimilables, ácidos húmicos y microorganismos promotores del crecimiento, con efectos positivos documentados en hortalizas, frutales y cereales. Además, la incorporación de LV disminuye la presión de patógenos y, a escala de sistema, reduce hasta 30 % el balance de carbono asociado a fertilización mineral (Chinsamy et al., 2014)

2.2. Fundamentos de la lombricultura

La lombricultura es una biotecnología agropecuaria basada en el uso intensivo de lombrices epigeas, especialmente *Eisenia fetida* (lombriz roja californiana), para transformar residuos orgánicos en productos útiles como humus, lixiviado, biomasa proteica y harina animal (Durán & Henríquez, 2009). Esta actividad facilita el aprovechamiento sostenible de desechos agrícolas, ganaderos y urbanos mediante su conversión en biofertilizantes de alto valor agronómico (Dimas et al., 2008).

El humus de lombriz constituye el producto más estable de la descomposición orgánica. Posee una elevada concentración de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio en formas fácilmente asimilables por las plantas, además de contener fitohormonas, enzimas, vitaminas y una gran cantidad de microorganismos benéficos animal (Durán & Henríquez, 2009). Su acción sobre el suelo mejora la estructura, estimula la actividad biológica y optimiza la retención de humedad, contribuyendo a la regeneración de suelos degradados (Ruiz et al., 2013).

Además del valor fertilizante, las lombrices presentan un contenido proteico superior al 60 %, lo cual permite su uso como fuente alternativa en la alimentación animal, particularmente en dietas para peces, aves y cerdos (Dimas et al., 2008). De esta manera, la lombricultura se posiciona como una herramienta multifuncional para la sostenibilidad de los sistemas productivos (Abreu-Cruz et al., 2018).

2.3. El lombricario

Un lombricario es una unidad diseñada para el cultivo controlado de lombrices, especialmente *Eisenia fetida*, con el objetivo de transformar residuos orgánicos en vermicompost o humus de lombriz, un biofertilizante de alta calidad (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025). Su eficiencia depende del manejo de parámetros ambientales como temperatura, humedad, aireación y densidad poblacional (Jiménez-Roa & Morales-Jiménez, 2021).

Figura 2. Vista general del lombricario bajo cubierta



Fuente: tomado de Oyege & Balaji Bhaskar, (2025).

Un lombricario eficiente se construye con lechos de 0,3–0,4 m de altura en bandejas o canteros con drenaje hacia depósitos de recolección de lixiviado. Estudios de optimización recomiendan temperaturas de 20–28 °C, humedad de 50–60 % y densidades iniciales de *Eisenia fetida* de 1 kg m⁻² para maximizar la producción de humus y biomasa de lombriz.

El sustrato debe exhibir relación C/N de 25–30:1 y pH cercano a 7. Para Suquilanda, (2003) los parámetros para implementar un lombricarios en unidades productivas (fincas, escuelas agropecuarias, centros de acopio municipal) aporta beneficios ambientales, económicos y agronómicos (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025).

Tabla 4. Tipos de lombricario

Tipo	Descripción
Lombricario en canteros	Construido directamente sobre el suelo, delimitado con bloques, ladrillos o madera; ideal para áreas rurales con espacio disponible.
Lombricario en bandejas	Sistema modular que permite el apilamiento vertical de bandejas con drenaje; facilita la recolección y es útil en espacios reducidos.
Lombricario elevado	Estructura sobre soportes que mejora la ventilación y el manejo; permite mayor control de lixiviados.

Tipo	Descripción
Lombricario móvil	Montado sobre ruedas o estructuras móviles para facilitar el traslado; común en unidades educativas o urbanas.
Lombricario subterráneo	Excavado parcialmente en el suelo; conserva mejor la humedad, aunque requiere mayor cuidado sanitario.

Fuente: tomado de Oyege & Balaji Bhaskar, (2025).

2.4. La lombricultura en el contexto ecuatoriano

En Ecuador, la práctica de la lombricultura comenzó a difundirse desde 1985, gracias a iniciativas privadas y organizaciones como la Fundación Natura y el Centro Nacional 4-F de Conocoto (Chávez et al., 2019). Estas instituciones promovieron su adopción como estrategia de manejo ecológico de residuos y mejoramiento de suelos agrícolas (Abreu-Cruz et al., 2018). La actividad se consolidó especialmente en zonas rurales, donde se implementaron sistemas demostrativos de multiplicación, capacitación y uso de lombrices para fomentar prácticas agroecológicas (Suquilanda, 2003).

El Ministerio de Agricultura ha identificado a la lombricultura como una opción viable para recuperar suelos empobrecidos por monocultivos y prácticas intensivas (Chávez et al., 2019). Esto se debe a que la agricultura convencional tiende a agotar las reservas orgánicas del suelo, mientras que la aplicación sistemática de humus de lombriz ayuda a restituir materia orgánica, aumentar la biodiversidad microbiana y reducir la dependencia de fertilizantes químicos (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

En la actualidad, la lombricultura también se contempla como una solución para la gestión de residuos sólidos urbanos y agroindustriales, los cuales, si no se tratan adecuadamente, pueden causar contaminación de suelos y cuerpos de agua con patógenos, metales pesados, antibióticos y compuestos nitrogenados (Abreu-Cruz et al., 2018; Jaramillo, 2018).

2.5. Criterios de diseño del lombricario tecnificado

a. Estructura y dimensiones

- **Altura de lechos:** 0,30–0,40 m; ancho: 0,80–1,20 m (permite volteo y cosecha manual); **longitud:** según espacio disponible.
- **Pendiente del fondo:** 1–2 % hacia el colector de lixiviado (canal o tubería PVC) para evitar anegamientos.

- **Materiales:** bloques, ladrillo, madera tratada, geomembrana o “camas móviles” (bandejas plásticas).
- **Cobertura:** techo liviano (poli sombra 50–70 %, zinc, policarbonato) para controlar lluvia directa, radiación y temperatura (Rincones et al., 2023).

b. Condiciones ambientales recomendadas

- **Temperatura:** 20–28 °C (tolerancia 15–32 °C).
- **Humedad del sustrato:** 70–80 % (prueba del “puño”: el material debe liberar 1–2 gotas).
- **pH:** 6,5–7,5.
- **Relación C/N del alimento:** 25–30:1.
- **Densidad inicial de *Eisenia fetida*:** 1 kg m⁻² ($\approx$ 2 000–3 000 individuos) (Rincones et al., 2023).

c. Drenaje y recolección de lixiviado

- Piso con grava o malla geotextil + perforaciones para escurrimiento.
- Canaletas conectadas a tanques opacos (evitar fotodegradación) con tapa y válvula de muestreo (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

2.6. Especies epígeas clave en la producción de humus y lixiviado

Las lombrices más utilizadas en vermicompostaje pertenecen a especies epígeas, caracterizadas por su alta tasa de ingestión de residuos y rápida reproducción. *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei* (conocidas como “lombriz roja californiana”) transforman diariamente entre 60 y 90 % de su propio peso en sustrato y prosperan en densidades superiores a 1 kg m⁻², con rangos de humedad óptimos de 65–85 % (Soni & Sharma, 2016). En climas cálidos, *Eudrilus eugeniae* (African nightcrawler) destaca por su mayor tamaño corporal y un humus con elevada concentración de nitrógeno, siempre que la temperatura supere los 22 °C (Birkhofer et al., 2008).

Perionyx excavatus (blue worm) es apreciada en sistemas tropicales por su veloz crecimiento y su capacidad para procesar residuos con alta humedad, tales como lactosuero y pulpas frutales. Finalmente, *Lumbricus rubellus*, aunque menos prolífica, genera un humus con mayor contenido de ácidos húmicos y se adapta bien a materiales fibrosos como rastrojos de cereales (Abreu-Cruz et al., 2018; Jaramillo, 2018). La selección de la especie depende del

clima, la naturaleza de los residuos y los objetivos de producción, pero todas aceleran la estabilización de la materia orgánica y enriquecen el producto con microorganismos beneficiosos y nutrientes fácilmente asimilables (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

2.7. Características generales de *Eisenia fetida*

Según Marnetti & Pérez (2012), esta especie es conocida como lombriz roja californiana debido a que fue en el estado de California (EE.UU.) donde se identificaron sus propiedades ecológicas y se establecieron los primeros criaderos. Se trata de un anélido hermafrodita que posee atributos morfológicos, fisiológicos y conductuales adecuados para su integración en sistemas de producción zootécnica (Romero-Romano et al., 2018).

Tabla 5. Partes anatómicas principales de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) y sus funciones

Parte	Descripción	Función principal
Prostomio	Lóbulo ubicado sobre la boca, en el primer segmento.	Detecta estímulos sensoriales y ayuda a excavar el suelo.
Boca	Orificio ubicado bajo el prostomio.	Permite la ingestión de materia orgánica en descomposición.
Segmentos corporales	Cuerpo dividido en más de 100 anillos o segmentos.	Brindan movilidad y contienen estructuras internas repetidas (metamerismo).
Clitelo	Engrosamiento glandular visible a partir del segmento 32–37.	Secreta moco durante la reproducción y forma el capullo donde se desarrollan los huevos.
Setas	Cerdas cortas ubicadas en cada segmento.	Permiten el desplazamiento en el suelo, actuando como anclajes.
Ano	Orificio terminal del cuerpo.	Expulsa los desechos y el humus generado.
Faringe	Órgano muscular al inicio del sistema digestivo.	Bombea alimento hacia el esófago.
Buche (crop)	Cámara de almacenamiento temporal del alimento.	Acumula alimento antes de la digestión.
Molleja (gizzard)	Órgano muscular posterior al buche.	Tritura el alimento con ayuda de partículas de tierra ingeridas.
Intestino	Tubo largo que recorre la mayor parte del cuerpo.	Absorbe nutrientes del alimento descompuesto.
Corazones (vasos aórticos)	Cinco pares de vasos que rodean el esófago.	Actúan como bombas sanguíneas, impulsando la circulación.
Sistema nervioso	Ganglios y cordones nerviosos ventrales.	Coordina movimientos y respuestas sensoriales.
Órganos reproductores	Presentes en ambos sexos (hermafroditas).	Producen óvulos y espermatozoides.

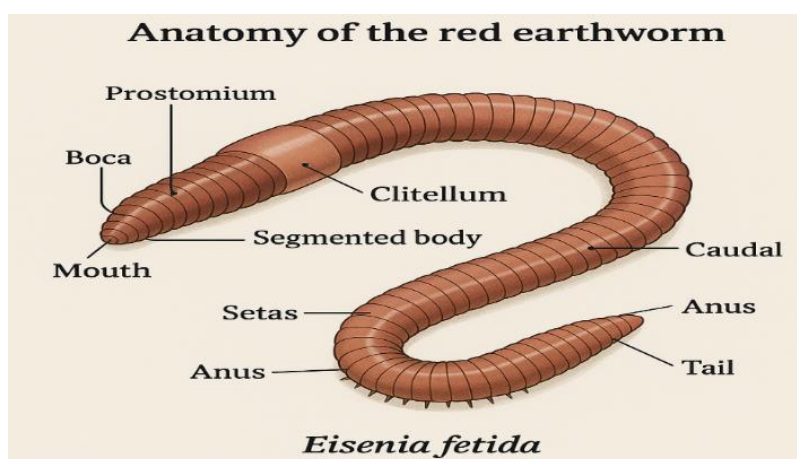
Fuente: adaptado de Alcívar-Cedeño et al., (2016); Chicaiza, (2007); Leyva Rodríguez et al., (2024); Ruiz et al., (2013)

Sánchez & Fernández (2009) explica que *Eisenia fetida* habita naturalmente en zonas de clima templado, mantiene una temperatura corporal entre 19 y 20 °C y requiere niveles de humedad cercanos al 82 %. En su etapa adulta alcanza longitudes de entre 7 y 10 cm, con un diámetro de 3 a 5 mm y un peso promedio de un gramo.

Cada ejemplar consume diariamente residuos orgánicos equivalentes a su peso corporal; aproximadamente el 60 % de esta materia es transformada en humus, mientras que el resto se emplea en su metabolismo y regeneración tisular (Sánchez & Fernández, 2009). Su esperanza de vida puede extenderse hasta 16 años y presenta ciclos reproductivos cada 17 días desde los tres meses de edad, siempre que se mantengan condiciones ambientales óptimas (Liriano et al., 2017).

Suquilanda (1996), resalta que sus características anatómicas y fisiológicas convierten a *Eisenia fetida* en una eficiente biofábrica capaz de procesar gran diversidad de residuos orgánicos. El producto de esta transformación, el lombricompuesto o lombrihumus, contiene altos niveles de microorganismos beneficiosos y elementos químicos esenciales, lo que contribuye significativamente a la recuperación de suelos agrícolas (Romero-Romano et al., 2018). Esta especie ha sido seleccionada por su elevada adaptabilidad, prolificidad y facilidad de crianza en sistemas controlados, lo que la convierte en una de las pocas lombrices explotables comercialmente para la producción de abonos orgánicos (Liriano et al., 2017).

Figura 3. Anatomía de la lombriz roja californiana



Fuente: adaptado de Liriano et al., (2017).

2.8. Sustratos orgánicos utilizados en lombricultura

2.8.1. Sustratos de origen vegetal

Liriano et al. (2017) señala que los desechos vegetales como hojas, pastos, tallos, frutas, residuos agroindustriales y restos de hortalizas pueden emplearse en la alimentación de lombrices, previo un proceso de precompostaje para evitar problemas derivados de su alta humedad y contenido de azúcares, factores que promueven fermentaciones indeseadas. Si se gestionan correctamente, estos materiales se transforman en un sustrato ideal para la producción de humus de alta calidad (Dimas et al., 2008). Entre los residuos vegetales más utilizados destacan:

- Residuos de silos: Contaminantes si provienen de alimentos balanceados (Abreu-Cruz et al., 2018).
- Subproductos madereros: Aserrín o viruta, siempre que se reduzcan a partículas pequeñas (Sánchez & Fernández, 2009).
- Restos de cosechas: Rastrojos, fardos de pasturas degradados y residuos de cocina (cáscaras de tubérculos, frutas) (Dimas et al., 2008).
- Tortas de oleaginosas: Derivados de soja, girasol, algodón o lino, en forma de pellets (Abreu-Cruz et al., 2018).

2.8.2. Sustratos de origen animal

Según Chávez et al. (2019), los estiércoles solos o combinados con desechos vegetales—son el alimento preferido por las lombrices debido a su alta digestibilidad. Su manejo eficiente requiere consideraciones específicas según el tipo:

a. Estiércol bovino

- Ventajas: Textura menos compacta, presencia de enzimas que facilitan la actividad bacteriana y contenido de nitrógeno (1.0–2.0%), vitaminas y antibióticos que estimulan el crecimiento de las lombrices (Milanés et al., 2005).
- Requisitos: Maduración previa de 8 a 15 días, según la temperatura ambiental.
- Puede mezclarse con forrajes, aserrín o residuos vegetales (Alcívar-Cedeño et al., 2016).

b. Estiércol porcino

- Limitaciones: Requiere un prolongado periodo de descomposición antes de su uso (Alcívar-Cedeño et al., 2016).
- Residuos avícolas: Cama de pollo: Rica en fósforo, pero de difícil procesamiento (Abreu-Cruz et al., 2018).
- Residuos de conejos o cuyes: Óptimos por su balance nutricional y capacidad para servir como sustrato vivo (Dimas et al., 2008).

2.8.3. Subproductos de mataderos

- Vísceras, plumas o contenido ruminal (ej. panza ovina), ricos en nutrientes predigeridos pero con alta emisión de olores (Liriano et al., 2017).
- Harinas de sangre, hueso o pescado, y sueros lácteos, que requieren tratamiento previo (Romero-Romano et al., 2018).
- Preprocesamiento: Todos los sustratos, especialmente los de origen animal, deben someterse a descomposición controlada para eliminar patógenos y reducir toxicidad (Romero-Romano et al., 2018).
- Equilibrio nutricional: Las mezclas de residuos vegetales y animales mejoran la calidad del humus al combinar carbono y nitrógeno en proporciones adecuadas (Dimas et al., 2008).

Tabla 6. *Macroelementos de algunos estiércoles para la alimentación de lombriz*

Componentes	Equinos	Bovinos	Ovinos	Porcinos
Nitrógeno (kg/100 kg)	6.7	3.4	8.2	4.5
Fósforo (kg/100 kg)	2.3	1.3	2.1	2.0
Potasio (kg/100 kg)	7.2	3.5	8.4	6.0
Relación C/N	18:1	32:1	32:1	16:1

Fuente: adaptado de Romero-Romano et al., (2018).

2.9. Lixiviado de vermicompost

El lixiviado de lombriz, también conocido como té de humus, es una solución líquida rica en microorganismos benéficos, compuestos orgánicos solubles, macro y micronutrientes, que se obtiene del proceso de vermicompostaje (Llivicura et al., 2021). Su aplicación en la

agricultura ha cobrado relevancia por su efecto bioestimulante sobre el crecimiento vegetal, mejorando la disponibilidad de nutrientes, la salud del suelo y la resistencia a enfermedades (Jaramillo, 2018). Diversos estudios han demostrado que su uso puede incrementar la biomasa radicular, estimular la síntesis de fitohormonas naturales (como auxinas y citoquininas) y favorecer la actividad microbiana en la rizosfera, lo cual es especialmente valioso en cultivos establecidos en condiciones controladas o estresantes, como los sistemas con omisión hídrica o sustratos inoculados con HMA (Andrade et al., 2025).

El lixiviado de vermicompost es el líquido oscuro que se recolecta en los depósitos de drenaje de los lechos donde habitan lombrices epígeas, resultado del paso del agua de riego a través de la mezcla de residuos parcialmente descompuestos y humus recién formado. Este fluido contiene fracciones solubles de la materia orgánica y metabolitos liberados por las lombrices y el microbiota asociado, por lo que se considera un biofertilizante líquido complementario al humus sólido (Edwards y Domínguez 2011).

La cantidad y calidad del lixiviado dependen de la humedad inicial del sustrato, la frecuencia de riego, la relación carbono: nitrógeno del alimento y la eficiencia del sistema de drenaje. Temperaturas templadas (20–28 °C) y humedades cercanas al 70 % favorecen una mayor exudación de compuestos solubles, mientras que relaciones C/N inferiores a 25:1 incrementan su concentración de nitrógeno (Sinha et al. 2009).

Tabla 7. *Principales funciones del lixiviado de lombriz en la agricultura*

Función principal	Descripción
Aporte de nutrientes	Proporciona nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micronutrientes.
Estimulación del crecimiento vegetal	Contiene fitohormonas naturales que promueven el desarrollo radicular y foliar.
Activación del microbiota del suelo	Favorece la proliferación de microorganismos benéficos en la rizosfera.
Mejora de la estructura del sustrato	Incrementa la retención de agua y la porosidad del medio de cultivo.
Aumento de la resistencia a enfermedades	Reduce la incidencia de patógenos mediante competencia y antibiosis.
Recuperación de suelos degradados	Contribuye a la regeneración de la actividad biológica del suelo.
Reducción del estrés abiótico	Mejora la tolerancia de las plantas frente a sequía y salinidad.

Fuente: tomado de Sinha et al (2009).

2.9.1. Composición fisicoquímica

Análisis promedio indican valores de 1.5–3 g L⁻¹ de nitrógeno total, 0.5–1 g L⁻¹ de fósforo, 0.6–1.1 g L⁻¹ de potasio, pH neutro-ligeramente alcalino (7.0–8.0) y conductividad eléctrica de 1–3 dS m⁻¹. Además, aporta calcio, magnesio y micronutrientes esenciales, junto con concentraciones significativas de ácidos húmicos y fúlvicos, los cuales mejoran la capacidad de absorción radicular (Van Staden et al. 2014).

2.9.2. Componente microbiológico y bioactivo

El lixiviado alberga poblaciones superiores a 10⁶ UFC mL⁻¹ de *Bacillus*, *Pseudomonas* y actinomicetos que sintetizan sideróforos y antibióticos naturales. Contiene, asimismo, fitohormonas como ácido indol 3 acético y giberelinas en niveles trazas, responsables de estimular la elongación celular y la proliferación radicular (Arancon et al., 2012)

2.9.3. Funciones agronómicas

Aplicado por fertirriego o aspersión foliar, el lixiviado actúa como fuente inmediata de nutrientes, acelera la fotosíntesis y refuerza los mecanismos de defensa inducida contra patógenos como *Fusarium oxysporum* y *Botrytis cinerea* (Abdel-Haleem et al., 2022). Ensayos en tomate y maíz han mostrado incrementos del 20–30 % en rendimiento y reducciones de hasta 35 % en incidencia de plagas (Edwards et al., 2010). El uso sistemático del lixiviado sustituye parcialmente fertilizantes sintéticos y reduce las emisiones de N₂O asociadas a su producción, al tiempo que convierte residuos pecuarios y vegetales en insumos de alto valor, cerrando ciclos de nutrientes dentro de la finca y generando ahorros de 20–40 % en costos de fertilización (Raimondo et al., 2023).

2.9.4. Manejo y limitaciones

Para conservar su potencial bioactivo, se recomienda filtrar el lixiviado, almacenarlo en recipientes opacos a 25 °C como máximo y aplicarlo antes de 45 días. Las dosis habituales varían entre 50 y 200 mL L⁻¹, con diluciones mayores cuando la conductividad supera 3 dS m⁻¹. Es imprescindible analizar metales pesados cuando los estiércoles provienen de sistemas intensivos, a fin de evitar riesgos de fitotoxicidad (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025).

2.10. Gestión de residuos

La gestión adecuada de residuos orgánicos a través de lombricultura permite transformar entre el 50 % y el 70 % del volumen inicial de estiércoles animales y restos vegetales en

bioinsumos valiosos, como humus sólido y lixiviado (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025). Este proceso contribuye significativamente a la reducción de emisiones de gases contaminantes, controla los olores desagradables y minimiza la presencia de vectores biológicos, mejorando así las condiciones sanitarias en las unidades de producción. Además, representa una estrategia agroecológica sostenible que aporta fertilidad al suelo y mejora la eficiencia del manejo integral de desechos (Sinha et al., 2021).

Sustitución (parcial) de fertilizantes sintéticos: reduce costos de nutrición vegetal entre 20–40 % y mejora la eficiencia en el uso de nutrientes (EUN) por su alto contenido de ácidos húmicos/fúlvicos y microorganismos benéficos (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025).

Mejoramiento de suelos: incrementa la CIC, la estabilidad de agregados y la actividad enzimática, con efectos directos en productividad y resiliencia frente a sequía y salinidad.

Economía circular y trazabilidad: cierra ciclos de nutrientes dentro de la finca, agrega valor a residuos locales y facilita certificaciones orgánicas y de producción responsable (Suquilanda, 2003).

Educación y transferencia tecnológica: es una tecnología de baja inversión, alta replicabilidad y con métricas claras de desempeño, ideal para programas de extensión, escuelas de campo y asociaciones de productores (Sinha et al., 2021).

Importancia agroambiental del proceso

Durante el proceso de vermicompostaje, las lombrices actúan como biofiltros y biotransformadores (Leyva-Rodríguez et al., 2024). A través de su sistema digestivo, fragmentan y mineralizan los residuos orgánicos, promoviendo una rápida humificación sin generación de malos olores ni lixiviados contaminantes (Rincones et al., 2023). Esta acción reduce significativamente los riesgos sanitarios asociados a residuos frescos y transforma la materia orgánica en un recurso valioso (Suquilanda, 2003).

El lixiviado de lombriz, conocido también como té de vermicompost, constituye otro producto relevante (Chávez et al., 2019). Este líquido contiene compuestos bioactivos, micronutrientes y microorganismos beneficiosos que estimulan el crecimiento vegetal y la resistencia a enfermedades (Suquilanda, 2003). Su aplicación como biofertilizante foliar o en

fertirriego ha demostrado ser eficiente en múltiples cultivos hortícolas y frutales (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

TRABAJOS RELACIONADOS

El estudio evaluó la eficacia del estiércol ovino parcialmente meteorizado y la aplicación foliar de lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y la productividad del pimiento (*Capsicum annuum* L.) variedad Verano-1, cultivado de septiembre de 2018 a marzo de 2019 en un huerto intensivo del municipio Palma Soriano, provincia Santiago de Cuba, sobre un suelo pardo sialítico mullido carbonatado. Se utilizó un diseño completamente aleatorizado unifactorial con cuatro tratamientos de estiércol ovino y cuatro réplicas por tratamiento; adicionalmente, cada planta recibió 100 mL de lixiviado de humus de lombriz por vía foliar. Los resultados demostraron que la combinación de estiércol ovino parcialmente meteorizado con lixiviado de humus de lombriz incrementó de forma significativa el desarrollo vegetativo y el rendimiento del cultivo, confirmando su viabilidad como una alternativa orgánica para la producción intensiva de pimiento en condiciones edafoclimáticas similares (Rodríguez-Fernández et al., 2020).

El experimento se desarrolló en dos fases consecutivas durante 2022 con el propósito de evaluar la influencia del biochar combinado con estiércol equino en la producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) y en la calidad agronómica del humus obtenido. En la primera etapa (junio-agosto), se elaboraron tres tratamientos de vermicompostestiércol equino sin biochar (SHB), humus 1 B y humus 2 empleando un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. En la segunda etapa (septiembre-octubre), se caracterizó cada humus mediante propiedades físico-químicas y se empleó maíz como planta indicadora. Se registraron número de hojas, altura de planta, ancho y longitud foliar, grosor del tallo, así como peso fresco y seco de parte aérea y raíz, y volumen radicular. El análisis de varianza y la comparación de medias demostraron que la inclusión de biochar redujo las pérdidas de nutrientes en los lixiviados y mejoró significativamente todas las variables físicas, químicas y morfológicas evaluadas en el maíz. Estos resultados confirman que el humus producido con biochar y estiércol equino posee una calidad superior frente al elaborado únicamente con estiércol (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

En Ecuador se evaluó el efecto de tres bioestimulantes lixiviado de vermicompost bovino (LVCEB), *Trichoderma* spp. y microorganismos eficientes (ME) sobre la germinación, el crecimiento y el contenido relativo de clorofila del tomate en semilleros (suelo y bandejas). Se ensayaron dos dosis por bioestimulante y se empleó agua como testigo, bajo un diseño

completamente al azar con análisis de varianza y prueba de Tukey ($p < 0,05$). Los tratamientos con LVCEB y ME mejoraron significativamente el porcentaje de germinación, mientras que todos los bioestimulantes aumentaron el contenido de clorofila (promedio 27,34 SPAD) y las variables de crecimiento respecto al testigo, destacando su potencial para fortalecer la producción de plántulas de tomate (Venegas-Vera & Pincay-Menéndez, 2024).

Se evaluó la interacción entre dos dosis de lixiviado de lombriz (2 400 y 4 800 L ha⁻¹) y dos métodos de riego goteo al 60 % de evaporación (EV) y superficial por surcos al 80 % de EV sobre el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum*) y las propiedades químicas del suelo en la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la UJED (México) durante 2013-2014. Con un diseño de parcelas divididas y cuatro repeticiones, el riego por goteo incrementó significativamente la producción de fruto en ambos años, aplicando láminas de 60 cm (2013) y 51 cm (2014), frente a 78 cm y 63 cm en riego superficial. En 2014, la dosis de 4 800 L ha⁻¹ de lixiviado elevó el rendimiento ($p < 0,05$), mientras que la materia orgánica disminuyó en superficie (0-30 cm) a 1,69 % con dicha dosis frente a 2,00 % con 2 400 L ha⁻¹ y 1,84 % con fertilizante químico. A 30-60 cm, el riego por goteo redujo la materia orgánica (1,54 %) pero aumentó pH y conductividad eléctrica respecto al riego superficial ($p < 0,05$). En conjunto, el lixiviado aplicado vía goteo ahorró 15,2 % de agua y, gracias a la mayor frecuencia de humidificación en la zona radicular, obtuvo los mejores rendimientos (Maraña-Santacruz et al., 2018).

CAPITULO III

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. Descripción del sistema o proceso

3.1.1. Antecedentes

En la formulación de esta propuesta se consideró indispensable trabajar con tres materiales orgánicos que están disponibles en la Granja Experimental Río Suma: el estiércol bovino, los residuos frescos provenientes del mercado y la pollinaza. Todos ellos han demostrado un alto potencial en procesos de vermicompostaje, especialmente para la producción de lixiviado de lombriz, debido a que aportan nutrientes esenciales, materia orgánica de fácil degradación y una microbiota activa que favorece la transformación biológica (Dimas et al., 2008).

Investigaciones previas han señalado que el estiércol de bovino es un insumo estable y equilibrado, ideal para mezclar con otros materiales debido a su aporte de nitrógeno y su capacidad para mejorar la estructura de los sustratos utilizados en sistemas de lombricultura (Hernández-Blandón, 2021).

Por otro lado, los residuos de mercado principalmente restos de frutas y hortalizas representan una fuente constante de materia orgánica fresca. Estudios recientes demostraron que este tipo de desechos eleva la humedad del sustrato y proporciona carbohidratos simples que facilitan la actividad degradativa de las lombrices (Bhat et al., 2022). Además, su aprovechamiento contribuye a reducir la acumulación de desechos urbanos y permite transformarlos en bioinsumos de valor agronómico, fortaleciendo así los principios de sostenibilidad y economía circular (Sharma & Garg, 2023).

La pollinaza también ha sido ampliamente reconocida como un material orgánico con alto contenido de nutrientes, en especial nitrógeno, fósforo y potasio. Debido a su procedencia, que mezcla excretas de aves con restos de alimento, presenta una microbiota muy activa y una composición que puede enriquecer significativamente los sustratos del vermicompostaje, siempre que sea estabilizada de manera adecuada (Rastegari et al., 2023). La literatura señala que, una vez tratada correctamente, la pollinaza mejora la disponibilidad de nutrientes y contribuye a obtener biofertilizantes más equilibrados (Sharma & Garg, 2023).

El producto final de este proceso, el lixiviado de lombriz, ha sido descrito como un biofertilizante líquido con un alto contenido de compuestos húmicos, nutrientes solubles y

microorganismos beneficiosos (Bhat et al., 2022). Diversos trabajos científicos mostraron que su aplicación mejora el crecimiento de las plantas, incrementa la disponibilidad de nutrientes en el suelo y favorece la salud general de los cultivos (Sharma & Garg, 2023). También se ha demostrado que es un insumo versátil, ya que puede emplearse tanto en aplicaciones al suelo como en aplicaciones foliares e incluso en sistemas de cultivo sin suelo (Venegas-Vera & Pincay-Menéndez, 2024).

Gracias a estos antecedentes, la propuesta desarrollada en la Granja Experimental Río Suma se respaldó de manera sólida, al utilizar materiales orgánicos de acceso local, ambientalmente seguros y de probada eficacia agronómica (Siddiqui et al., 2022). La conversión de estos residuos en lixiviado de lombriz fortaleció un modelo de producción sostenible, orientado a reducir el uso de fertilizantes sintéticos y a aprovechar los recursos disponibles para generar un bioinsumo líquido de alto valor para la agricultura (Bhat et al., 2022).

3.2. Diseño y selección de tecnologías, herramientas o equipos a implementar

La implementación del sistema se realizó mediante la construcción de camas de lombricultura de 1 m², diseñadas con estructuras metálicas galvanizadas y cubiertas tipo Novacero, con el propósito de garantizar durabilidad, estabilidad y condiciones óptimas para el desarrollo de *Eisenia fetida*. Cada cama fue equipada con un sistema de drenaje controlado, destinado a recolectar el lixiviado generado por la actividad biológica de las lombrices, asegurando uniformidad en la obtención de las muestras y en la calidad del bioproducto final.

El estudio se estructuró bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos y tres repeticiones cada uno, conformando un total de doce unidades experimentales. Los sustratos empleados correspondieron a materiales orgánicos de disponibilidad local: estiércol bovino (T1), gallinaza (T2), residuos vegetales procedentes de cosechas (T3) y una mezcla de los tres materiales (T4). Estas combinaciones fueron seleccionadas por su alto contenido de materia orgánica, nitrógeno y microorganismos benéficos, que favorecen la descomposición aeróbica y la obtención de lixiviado con propiedades nutritivas para los cultivos.

La integración de estos elementos permitió establecer un sistema tecnológicamente funcional, sostenible y de bajo costo, orientado a la producción de lixiviado de alta calidad biológica. La aplicación de esta tecnología en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, constituye un avance

significativo en la gestión de residuos orgánicos y en la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Agropecuaria.

3.2.1. Ubicación de la propuesta

Latitud: 0°15' S y Longitud: 79°26' O

3.2.2. Metodología de la propuesta

La metodología se orientó al diseño e instalación de un sistema de producción de lixiviado de lombriz utilizando sustratos orgánicos disponibles en la Granja Experimental Río Suma. Para ello, se construyeron camas de lombricultura de 1 m², elaboradas con estructuras metálicas galvanizadas y cubiertas resistentes a la humedad, con el fin de garantizar la durabilidad del sistema y mantener condiciones óptimas para el desarrollo de *Eisenia fetida*.

Cada cama contó con un drenaje inferior controlado, diseñado para recolectar de forma continua y uniforme el lixiviado generado durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El diseño experimental contempló cuatro tratamientos basados en la combinación de sustratos orgánicos, cada uno con tres repeticiones, para un total de doce unidades.

Los sustratos se prepararon previamente mediante un proceso de homogenización y humectación adecuada, hasta alcanzar un nivel de humedad entre el 60 % y 70 %, condición que favoreció la actividad de las lombrices. Posteriormente, cada cama fue inoculada con *Eisenia fetida* en densidad uniforme, asegurando que todas las unidades experimentales iniciaran el proceso en igualdad de condiciones biológicas.

Para garantizar la estabilidad del sistema, se priorizó el uso de materiales resistentes a la corrosión e impacto ambiental, tales como tubos galvanizados, correas metálicas, láminas protectoras y tornillos de alta durabilidad. Además, se incorporaron instrumentos de monitoreo ambiental como termómetros e higrómetros digitales, lo que permitió registrar de manera continua la temperatura y humedad del sustrato. Estas variables resultaron esenciales para mantener la eficiencia del vermicompostaje, dado que influyeron directamente en la tasa de descomposición y en la calidad del lixiviado producido.

El lixiviado obtenido en cada unidad experimental fue recolectado periódicamente y almacenado en recipientes herméticos previamente desinfectados. Durante el proceso se mantuvo un registro de color, olor, volumen y características físico-químicas, información que

permitió evaluar el comportamiento de cada sustrato y su influencia en la producción del biofertilizante líquido.

La aplicación de esta metodología permitió generar un sistema operativo eficiente, de bajo costo y adaptado a las condiciones locales. Con ello se fortaleció la producción de biofertilizantes líquidos destinados a mejorar la fertilidad de los suelos agrícolas de El Carmen, disminuyendo el uso de insumos químicos y promoviendo prácticas agroecológicas sostenibles.

Figura 4. Preparación del área y montaje de la base estructural del sistema de lombricultura



Fuente: Cantos (2026)

Figura 5. *Instalación de la cubierta metálica sobre la estructura del módulo de lombricultura*



Fuente: Cantos (2026)

Figura 6. *Construcción de las camas del lombricario y distribución de compartimientos para cada tratamiento*



Fuente: Cantos (2026)

Figura 7. *Procedimiento de pesaje de lombrices para asignar 1 kg a cada tratamiento experimental*



Fuente: Cantos (2026)

Figura 8. *Aplicación de la capa de sustrato orgánico en los tratamientos*



Fuente: Cantos (2026)

Figura 9. *Aplicación de humedad previa en las camas del sistema de vermicompostaje*



Fuente: Cantos (2026)

Figura 10. *Aplicación de la capa de sustrato orgánico en los tratamientos*



Fuente: Cantos (2026)

3.2.3. Descripción funcional de los componentes

a. Electrodo ESAB 6011 de 1/8"

Se empleó en los trabajos de soldadura para unir los tubos y correas galvanizadas, formando conexiones firmes y estables. Este electrodo permitió obtener una estructura resistente al peso del sustrato húmedo y a las vibraciones generadas durante las actividades operativas del sistema de vermicompostaje.

b. Spray de aluminio

Fue aplicado como recubrimiento protector sobre las uniones metálicas ya soldadas. Su

función principal fue generar una barrera frente a la humedad y la corrosión, prolongando la vida útil del armazón metálico en un ambiente de trabajo permanentemente húmedo.

c. Disco de corte Norton de 7"

Herramienta destinada al seccionamiento preciso de tubos y correas metálicas durante el armado del sistema. Su uso facilitó la adaptación de cada componente a las dimensiones establecidas en el diseño del lombricario, garantizando uniformidad estructural.

d. Varilla Adelca de 12 mm

Actuó como elemento de refuerzo en puntos críticos de la estructura, ayudando a mantener la rigidez de las uniones y bordes. Además, permitió sostener el plástico impermeable interior, evitando filtraciones y asegurando la estabilidad de los compartimientos donde se alojaron los sustratos orgánicos.

e. Cemento Rocafuerte

Se utilizó para la construcción de la base y plataforma del sistema. Su aplicación generó un soporte firme, nivelado y resistente, evitando hundimientos por el peso del material orgánico y el exceso de humedad propio del proceso de vermicompostaje.

f. Ripio chispo de $\frac{3}{4}$ " (m³)

Funcionó como agregado grueso en la mezcla de hormigón y como capa de drenaje inferior. Su granulometría facilitó el flujo adecuado del lixiviado y evitó la acumulación de agua, favoreciendo un ambiente aireado y estable para la descomposición del sustrato.

g. Arena (m³)

Formó parte de la mezcla del hormigón, aportando cohesión y uniformidad. Además, contribuyó a mejorar la permeabilidad de la base, lo que permitió un drenaje eficiente y evitó niveles excesivos de humedad en las camas del lombricario.

h. Tornillo autoperforante de 2"

Se utilizó para fijar láminas metálicas y asegurar componentes secundarios. Su capacidad autoperforante agilizó el montaje y garantizó un cierre firme que protege el sistema frente a la lluvia y la exposición ambiental.

i. Correa galvanizada de 60×2 mm

Sirvió como refuerzo intermedio y soporte del plástico impermeable que recubre los compartimientos. Su inclusión evitó deformaciones estructurales durante el llenado de materiales, el riego y la manipulación del sustrato.

j. Tubo cuadrado galvanizado de 75×20 mm

Constituyó el elemento estructural principal del lombricario. Su resistencia mecánica permitió soportar el peso del sustrato húmedo y la actividad de las lombrices, mientras que el galvanizado protegió la estructura de la oxidación.

k. Correa galvanizada de 80×2 mm

Se utilizó como refuerzo lateral en las camas, evitando deformaciones por la presión del sustrato. Su correcta distribución contribuyó a mantener la integridad de la estructura durante toda la operación del sistema.

l. Techo Novacero de 0,30×5,00 m

Cumplió la función de cubierta para resguardar el sistema de la radiación solar directa y de la lluvia. Esto permitió mantener condiciones internas de temperatura y humedad más estables, favoreciendo la actividad biológica de las lombrices y el proceso de degradación orgánica.

3.2.4. Cronograma

Tabla 8. Cronograma de la Primera Fase

Fase 1: 2025 (1)				Primer parcial								Segundo parcial							
Actividades	Abr				May				Jun				Jul						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	X																		
INTRODUCCIÓN (antecedentes)		X	X																
PROBLEMA (Justificación)				X	X														
OBJETIVOS (generales, específicos)						X													
METODOLOGÍA (Procedimiento, métodos, técnicas)							X	X											
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO									X	X									
DEFINICIONES											X	X							
ANTECEDENTES													X	X					
TRABAJOS RELACIONADOS															X	X			

Tabla 9. Cronograma de la segunda Fase

Fase 2: 2025 (2)							SEGUNDO PARCIAL									
Actividades	SEP		Oct				Nov				Dic		Dic		Ene	
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA																
Descripción del sistema																
Diseño y Selección de tecnologías, herramientas o equipos a implementar	X	X														
Plan de implementación (incluye recursos e implementación)			X	X												
Descripción y pruebas de funcionamiento del equipo implementado					X	X										
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES																
CONCLUSIONES							X	X								
RECOMENDACIONES									X	X						
BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS													X	X		

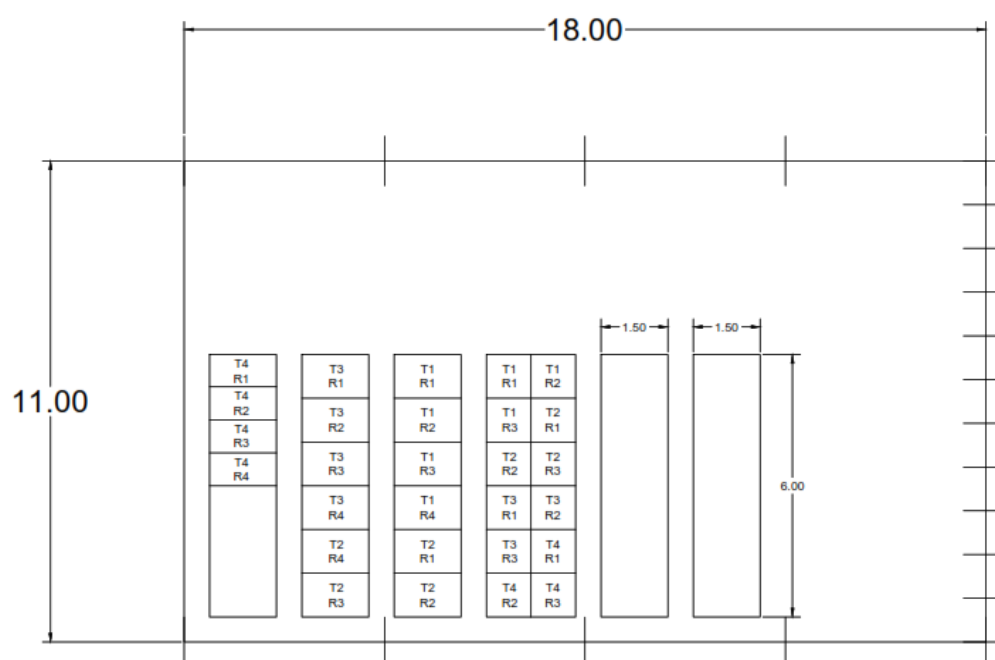
3.3. Descripción del sistema

La implementación del sistema de lombricultura se realizó sobre camas previamente establecidas, optimizando el área mediante la instalación de una estructura metálica de protección construida con tubos y correas galvanizadas, que sirvieron como soporte para el techo.

Esta estructura fue cubierta con láminas tipo Novacero, destinadas a proteger el sistema de lombricultura frente a la radiación solar, la humedad y las precipitaciones, prolongando la durabilidad y eficiencia del espacio de trabajo. El diseño final proporcionó un entorno estable, ventilado y con control de drenaje, condiciones esenciales para el desarrollo biológico de *Eisenia fetida* y la recolección del lixiviado producido.

La recolección del lixiviado se llevó a cabo mediante un sistema artesanal y funcional, compuesto por mangueras conectadas al drenaje inferior de las camas, que conducían el fluido hacia botellas plásticas reutilizadas empleadas como recipientes de almacenamiento. Este método permitió recolectar el bioproducto de forma práctica, económica y segura, garantizando su pureza y evitando pérdidas.

Figura 11. Esquema de la implementación del lombricario



Desde el punto de vista financiero, el costo total de implementación ascendió a USD 2

150,00, distribuido en cuatro rubros principales de inversión. La estructura metálica representó la mayor proporción del gasto con USD 1 321,79 (61,45 %), correspondiente a la adquisición de tubos, correas galvanizadas, varillas y elementos de refuerzo. En segundo lugar, la cubierta o protección superior, conformada por las láminas Novacero, alcanzó USD 759,24 (35,31 %), destinadas a garantizar la protección del sistema frente a factores climáticos.

Los consumibles y elementos de fijación como electrodos, tornillos autoperforantes, discos de corte y pintura tipo spray aluminio representaron USD 61,44 (2,86 %), mientras que los materiales de obra menor (cemento, ripio y arena) sumaron USD 30,48 (1,38 %). En conjunto, más del 96 % de la inversión se destinó a materiales estructurales duraderos, lo que asegura la sostenibilidad de la infraestructura y una vida útil prolongada, mientras que el 4 % restante cubrió insumos complementarios necesarios para el correcto funcionamiento y acabado del sistema (Tabla 8).

Tabla 10. Desglose de costos de adquisición e implementación de las camas de lombricultura con *Eisenia fetida*

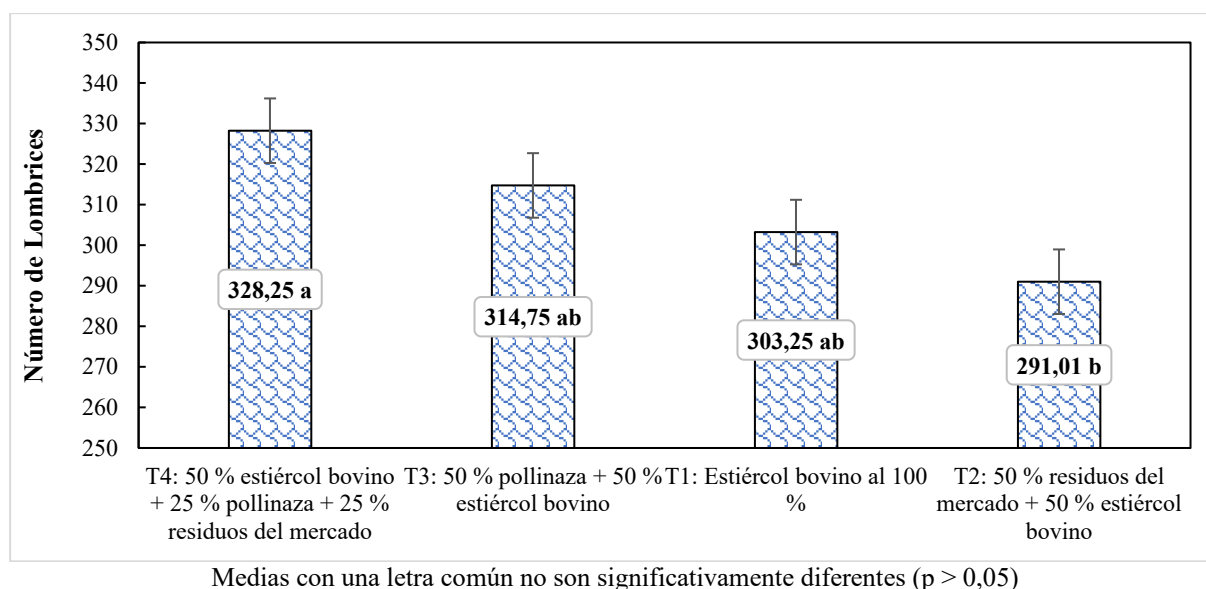
Concepto	Comprobante	Valor (USD)
Tubo cuadrado galvanizado 75×20	Factura 001-020-00011809	377,85
Correa galvanizada 80×2	Factura 001-020-00011809	189,3
Techo Novacero 0.30×5.00 m	Factura 001-020-00011809	759,24
Electrodo ESAB 6011 1/8	Factura 001-020-00011809	18,24
Spray aluminio	Factura 001-020-00011809	6,73
Disco de corte Norton 7"	Factura 001-020-00011809	22,56
Varilla Adelca de 12	Factura 001-020-00011809	11,43
Cemento Rocafuerte (saco)	Factura 001-020-00011809	30,48
Ripio chispa ¾ (m³)	Factura 001-020-00011809	12,38
Arena (m³)	Factura 001-020-00011809	8,57
Tornillo autoperforante 2"	Factura 001-020-00011809	13,91
Correa galvanizada 60×2	Factura 001-020-00011809	444,84
Subtotal		1 895,53
TOTAL		2 150,00

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. Abundancia poblacional de *Eisenia fetida* bajo diferentes sustratos orgánicos

Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el número de lombrices ($p = 0,0005$). El tratamiento T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado) presentó el mayor valor promedio, con 328,25 lombrices, mientras que el tratamiento T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol) registró el menor valor promedio, con 291,00 lombrices (Figura 12).

Figura 12. Abundancia poblacional, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma



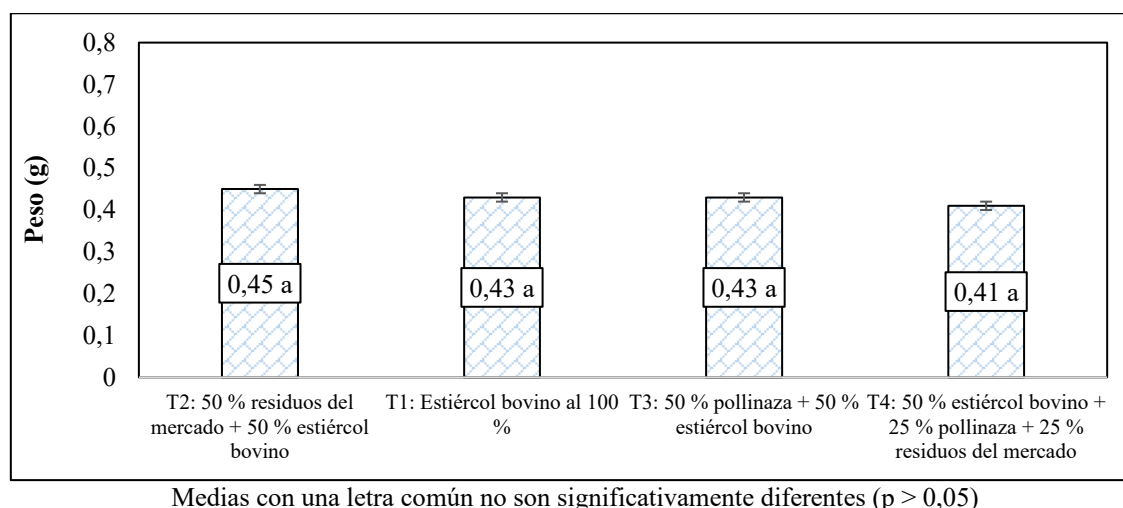
3.4.2. Peso (g) de *Eisenia fetida* bajo diferentes sustratos orgánicos

No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la variable peso ($p = 0,3308$), de acuerdo con el análisis de varianza. No obstante, el tratamiento T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol) registró el mayor peso promedio de las lombrices, con 0,45 g, mientras que el menor peso promedio se observó en el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol, lo que indicó un comportamiento homogéneo del peso corporal entre los sustratos evaluados (Figura 13).

Rincones et al. (2023), reportaron diferencias significativas en la masa total de lombrices, donde el tratamiento con 100 % estiércol bovino presentó el menor número de lombrices (187,7), mientras que el tratamiento con mayor proporción de pollinaza registró el mayor número de lombrices (383). Estos resultados coinciden con el presente estudio al indicar que

sustituciones elevadas de bovinaza por pollinaza pueden reducir la acumulación de biomasa en *Eisenia fetida*.

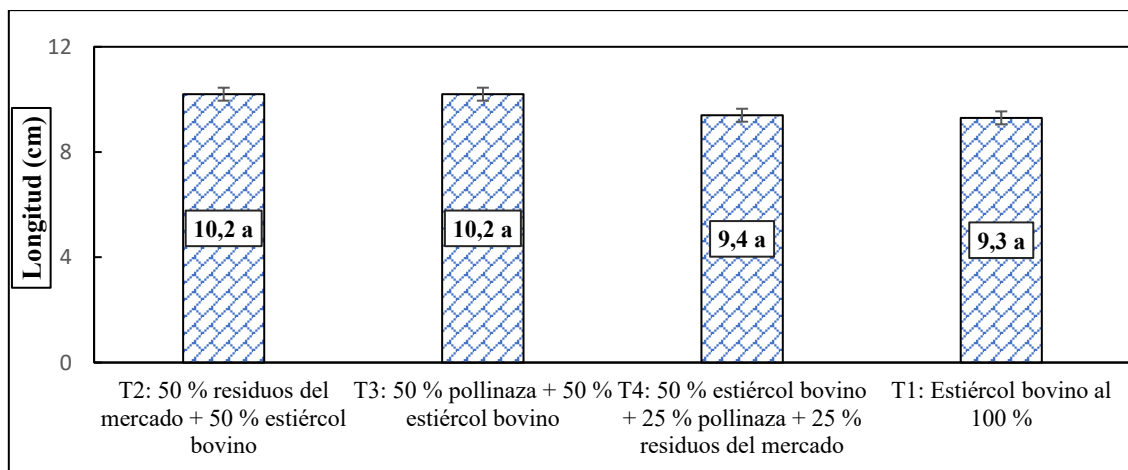
Figura 13. Variación del peso (g), en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma



3.4.3. Longitud (cm) de las lombrices (*Eisenia fetida*)

No se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la variable longitud, dado que el análisis de varianza arrojó un valor de $p = 0,1800$. El mayor valor promedio de longitud se registró en los tratamientos T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol) y T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol), mientras que el menor valor promedio correspondió al tratamiento T1 (estiércol al 100 %), con 9,30 cm, lo que indicó un comportamiento homogéneo en la longitud corporal de las lombrices bajo los sustratos evaluados (Figura 14).

Figura 14. Longitud promedio, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma



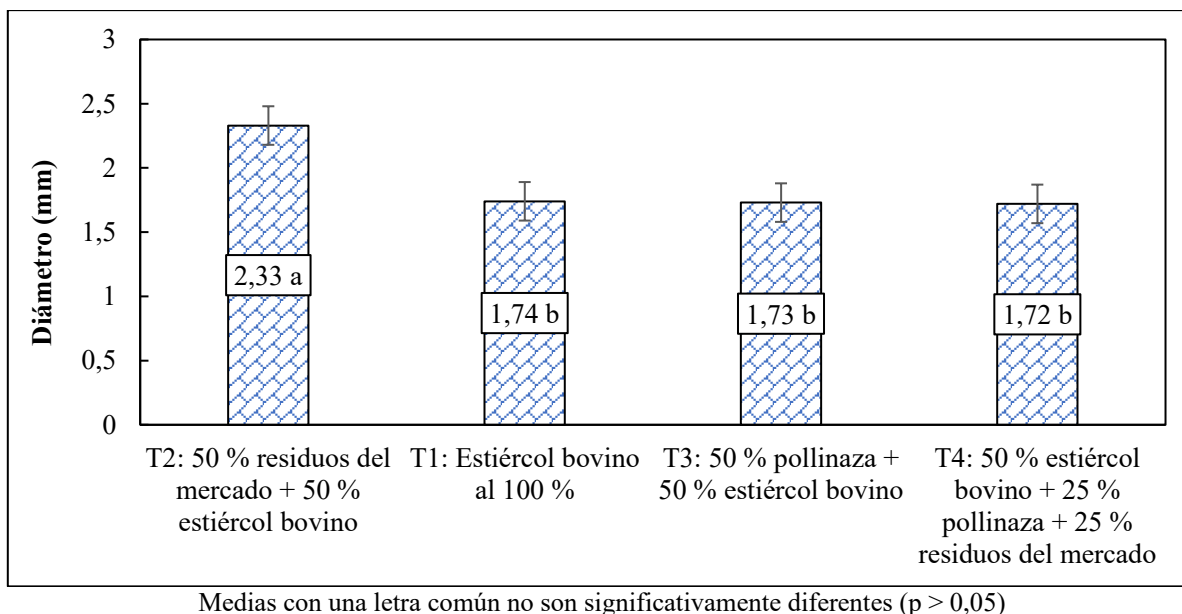
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

De forma similar, Rincones et al. (2023) reportaron diferencias significativas en la longitud promedio, con valores más altos en tratamientos con mayor proporción de estiércol bovino (7,1 cm) y menores longitudes en sustratos con sustitución progresiva por pollinaza (4,9 cm). Esto confirma que la longitud es una variable menos sensible que el peso o el diámetro, pero igualmente influenciada por la calidad nutricional del sustrato.

3.4.4. Diámetro (mm) de las lombrices (*Eisenia fetida*)

Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la variable diámetro corporal ($p = 0,0138$). El mayor diámetro promedio se registró en el tratamiento T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol), con 2,33 mm, mientras que los tratamientos T1 (estiércol bovino al 100 %), T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) y T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado) presentaron los valores más bajos, con 1,74 mm, 1,73 mm y 1,72 mm, respectivamente, conformando un mismo grupo estadístico inferior (Figura 15).

Figura 15. Diámetro (mm) promedio, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma



En concordancia, Rincones et al. (2023) encontraron que el mayor diámetro promedio (2,6 mm) se obtuvo en el tratamiento con estiércol bovino puro, mientras que los menores valores se registraron en tratamientos con mayor proporción de pollinaza (1,6 mm). Este comportamiento sugiere que sustratos con mayor contenido de bovinaza.

3.4.5. Producción semanal de lixiviado de lombriz (*Eisenia fetida*) bajo diferentes sustratos orgánicos

En relación con la producción de lixiviado, durante la semana 2 no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p = 0,0597$), observándose un comportamiento homogéneo. Los valores oscilaron entre 0,26 en el tratamiento T1 (estiércol bovino al 100 %) y 0,63 en el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol). A partir de la semana 3, se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0053$), registrándose el mayor volumen de lixiviado en el tratamiento T3, con 0,80, mientras que el menor volumen correspondió al tratamiento T1, con 0,18.

Esta tendencia se mantuvo en la semana 4 ($p = 0,0043$), donde el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) alcanzó 1,03, y el tratamiento T1 (estiércol bovino al 100 %) presentó 0,24. En la semana 5, las diferencias fueron más marcadas ($p = 0,0001$), destacándose nuevamente T3 con 1,38, frente a T1 con 0,30. Durante la semana 6 ($p = 0,0004$), el mayor volumen se registró en T3 (1,65) y el menor en T1 (0,41).

En la semana 7 ($p = 0,0013$), el tratamiento T3 alcanzó 2,10, mientras que el tratamiento

T1 presentó 0,55. Finalmente, en la semana 8, se mantuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p = 0,0020$), destacándose el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) con el mayor volumen de lixiviado (2,43), y el tratamiento T1 (estiércol bovino al 100 %) con el menor (0,72).

Tabla 11. Producción semanal de lixiviado de lombriz según tratamientos: T1 (estiércol bovino 100 %), T2 (50 % residuos de mercado + 50 % estiércol), T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) y T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos de mercado)

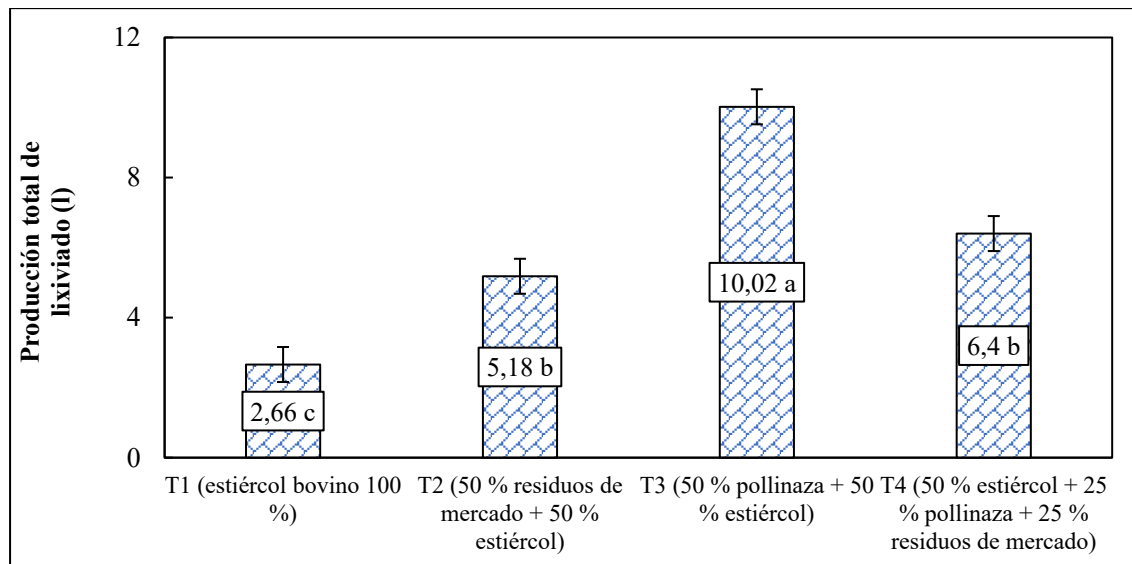
Tratamiento	Semana 2	Semana3	Semana4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8
T1	0,26 a	0,18 b	0,24 b	0,30 c	0,41 c	0,55 b	0,72 b
T2	0,33 a	0,38 b	0,53 ab	0,63 bc	0,78 bc	0,98 b	1,55 ab
T3	0,63 a	0,80 a	1,03 a	1,38 a	1,65 a	2,10 a	2,43 a
T4	0,38 a	0,60 ab	0,78 a	0,93 b	1,05 b	1,13 b	1,53 ab
p-valor	0,0597	0,0053	0,0043	0,0001	0,0004	0,0013	0,002

Medias con la misma letra dentro de cada semana no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). **Error estándar (E.E.):** Semana 2 = 0,09; Semana 3 = 0,10; Semana 4 = 0,12; Semana 5 = 0,10; Semana 6 = 0,14; Semana 7 = 0,21; Semana 8 = 0,23.

3.4.6. Producción acumulada de lixiviado de lombriz (*Eisenia fetida*) bajo diferentes sustratos orgánicos

Se evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la producción final total de lixiviado ($p < 0,05$). El tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) registró la mayor producción promedio de lixiviado, con 10,02 l, diferenciándose significativamente del resto de tratamientos. En contraste, el tratamiento T1 (estiércol bovino al 100 %) presentó la menor producción total, con 2,66 l, evidenciando un rendimiento inferior asociado al uso de un sustrato único.

Figura 16. Producción acumulada total, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma



El mayor volumen de lixiviado en sustratos combinados con pollinaza se asoció a una mayor disponibilidad de nitrógeno y materia orgánica fácilmente degradable, lo que intensificó la actividad microbiana y el drenaje de compuestos solubles durante el proceso de vermicompostaje (Domínguez, 2004). En contraste, el uso exclusivo de estiércol bovino limitó la dinámica de descomposición y la liberación de lixiviados, evidenciando que la diversidad de sustratos favoreció la eficiencia del sistema (Milanés et al., 2005).

3.4.7. Producción de biomasa sólida (kg) del sustrato en el proceso de lixiviado de lombriz (*Eisenia fetida*) con sustratos orgánicos

La producción de biomasa sólida del sustrato presentó diferencias entre tratamientos, registrándose la media más alta en el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol), con un peso estimado de 63,91 kg, lo que evidenció una mayor acumulación de material sólido durante el proceso de producción de lixiviado de lombriz. En contraste, la media más baja correspondió al tratamiento T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol), con 44,09 kg, indicando una menor acumulación de biomasa sólida en comparación con el resto de tratamientos evaluados.

Tabla 12. Peso de la biomasa sólida, en la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma

Tratamiento	Altura (cm)	Volumen (m ³)	Peso (kg)
T1 (estiércol bovino 100 %)	19,33 b	0,08699 b	52,19 b
T2 (50 % residuos de mercado + 50 % estiércol)	16,33 b	0,07348 b	44,09 b
T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol)	23,67 a	0,10652 a	63,91 a

T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos de mercado)	23,33 ab	0,105 ab	63 ab
--	----------	----------	-------

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Las diferencias en el volumen inicial del sustrato se explicaron por la composición física de las mezclas orgánicas, donde la inclusión de pollinaza y residuos de mercado mejoró la porosidad, aireación y capacidad de retención de humedad (Liriano et al., 2017). Estas características estructurales favorecieron condiciones más adecuadas para la actividad biológica de las lombrices, confirmando que la calidad física del sustrato influyó directamente en el comportamiento productivo del sistema (Chicaiza, 2007).

3.4.8. Caracterización química integral del lixiviado de lombriz (T3: 50 % pollinaza + 50 % estiércol)

El lixiviado del tratamiento T3 presentó una composición nutricional favorable, caracterizada por concentraciones apreciables de nitrógeno y potasio, lo que evidenció su potencial como biofertilizante de rápida disponibilidad. El pH ligeramente alcalino (7,72) indicó un material estable y compatible con la mayoría de los suelos agrícolas. La conductividad eléctrica elevada reflejó una alta concentración de sales solubles, lo que sugiere la necesidad de dilución previa a su aplicación para evitar efectos de salinidad. Las relaciones nutricionales y la baja relación C/N confirmaron un lixiviado bien mineralizado, asociado a una intensa actividad microbiana y a la eficiencia del sustrato compuesto por 50 % pollinaza + 50 % estiércol.

Tabla 13. Caracterización química integral, de la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma

Categoría	Parámetro	Unidad	Valor
Macronutrientes (materia seca)	N	%	0,88
	P	%	0,1
	K	%	0,56
	Ca	%	0,21
	Mg	%	0,09
	S	%	0,13
Micronutrientes	Cu	ppm	2
	B	ppm	9,39
	Fe	ppm	28

	Zn	ppm	8
	Mn	ppm	7
Propiedades químicas	pH	—	7,72
	Conductividad eléctrica (CE)	dS m ⁻¹	5,17
	Materia orgánica (MO)	%	0,76
Relaciones nutricionales	N/K	—	1,57
	N/P	—	8,8
	Mg/K	—	0,16
	Ca/B	—	223,64
	(Ca + Mg)/K	—	0,54
Bases intercambiables	Σ (K + Ca + Mg)	%	0,86
Relación orgánica	C/N	—	0,44 / 0,88
Clasificación del lixiviado	Reacción del medio	—	Ligeramente alcalino
	Condición salina	—	Fuertemente salino

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- La implementación del lombricario utilizando sustratos orgánicos disponibles en la Granja Experimental Río Suma demostró ser técnicamente viable y eficiente para la producción de lixiviado de lombriz, permitiendo un adecuado desarrollo de *Eisenia fetida* y una transformación efectiva de la materia orgánica bajo condiciones controladas, lo que valida el sistema como una alternativa sostenible para la obtención de biofertilizantes líquidos.
- El sustrato compuesto por 50 % pollinaza + 50 % estiércol (T3) fue identificado como el más eficiente, al registrar la mayor producción total de lixiviado (10,02 l) y la mayor generación de biomasa sólida (63,91 kg), evidenciando que la inclusión de pollinaza favoreció la actividad biológica, la mineralización del sustrato y la eficiencia del proceso productivo frente a los demás tratamientos evaluados.
- El lixiviado obtenido a partir del tratamiento T3 presentó propiedades fisicoquímicas favorables, caracterizadas por un contenido relevante de nitrógeno (0,88 %) y potasio (0,56 %), un pH ligeramente alcalino (7,72) y una conductividad eléctrica elevada (5,17 dS m⁻¹), lo que confirmó la obtención de un biofertilizante líquido bien mineralizado, con alto potencial agronómico, aunque con requerimiento de dilución previa para su aplicación segura en sistemas agrícolas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda replicar el sistema de lombricario implementado en la Granja Experimental Río Suma, utilizando sustratos orgánicos locales, como una alternativa sostenible para la producción de lixiviado de lombriz.
- Para maximizar la producción de lixiviado, se sugiere emplear el sustrato compuesto por 50 % pollinaza + 50 % estiércol (T3), al haber demostrado mayor eficiencia productiva bajo condiciones controladas.
- Dado el potencial agronómico del lixiviado, se recomienda su uso como biofertilizante líquido, previa dilución adecuada, y la realización de ensayos de campo para evaluar su efecto sobre el crecimiento y rendimiento de cultivos agrícolas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Haleem, E.-S., FARRAG, H. M., Abeer, B., & Abdelrasheed, K. G. (2022). Combined use of compost, compost tea, and vermicompost tea improves soil properties, and growth, yield, and quality of (*Allium cepa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 50(1), 12565-12565.
- Abreu Cruz, E., Araujo Camacho, E., Rodríguez Jimenez, S. L., Valdivia Ávila, A. L., Fuentes Alfonso, L., & Pérez Hernández, Y. (2018). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annuum*. *Centro Agrícola*, 45(1), 52-61.
- Abreu-Cruz, E., Araujo Camacho, E., Rodríguez Jimenez, S. L., Valdivia Ávila, A. L., Fuentes Alfonso, L., & Pérez Hernández, Y. (2018). Efecto de la aplicación combinada de fertilizante químico y humus de lombriz en *Capsicum annuum*. *Centro agrícola*, 45(1), 52-61.
- Acevedo-Peralta, A. I., Leos Rodríguez, J. A., Figueroa Viramontes, U., & Romo Lozano, J. L. (2017). Política ambiental: Uso y manejo del estiércol en la Comarca Lagunera. *Acta universitaria*, 27(4), 3-12.
- Ahmad, A., Aslam, Z., Bellitürk, K., Iqbal, N., Idrees, M., Nawaz, M., Nawaz, M., Munir, M., Kamal, A., & Ullah, E. (2021). Earth worms and vermicomposting: A review on the story of black gold. *Journal of Innovative Sciences*, 7(1), 167-173.
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2007). Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. *Science of the total Environment*, 385(1-3), 252-261.
- Alcívar-Cedeño, U., Dueñas Rivadeneira, A., Sacon-Vera, E., Villanueva, G., Sánchez, L., & Vera, E. (2016). *Análisis de los residuos en la producción de harina de Lombriz Roja californiana (eisenia foetida) en la planta piloto de la Universidad Técnica de Manabí. Ecuador*. 36, 281-295.
- Andrade, D. Y., Campi, R. I., Carrera, J. J., Sánchez, D. G., & Gutiérrez, B. J. C. (2025). Microorganismos como aceleradores en el proceso de pre-compostaje para lombricultura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), Article 2. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17287
- Arancon, N. Q., Pant, A., Radovich, T., Hue, N. V., Potter, J. K., & Converse, C. E. (2012). Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as affected by vermicompost water extracts (teas). *HortScience*, 47(12), 1722-1728.

- Atzori, G., Pane, C., Zaccardelli, M., Cacini, S., & Massa, D. (2021). The role of peat-free organic substrates in the sustainable management of soilless cultivations. *Agronomy*, 11(6), 1236.
- Bhat, M. A., Adil, A. W., Sikander, B. M., Lone, Y., & Malik, J. A. (2022). Waste management technology for sustainable agriculture: Waste management. En *Research anthology on strategies for achieving agricultural sustainability* (pp. 379-398). IGI Global Scientific Publishing.
- Birkhofer, K., Bezemer, T. M., Bloem, J., Bonkowski, M., Christensen, S., Dubois, D., Ekelund, F., Fließbach, A., Gunst, L., & Hedlund, K. (2008). Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(9), 2297-2308.
- Bravo, C. M., Angulo, L. M., González, Y. A., Martínez, M. M., Carmona, J. C., & Vergara Garay, O. (2018). Reproductive evaluation of the California red worm *Eisenia foetida* fed with different substrates in the low tropics in Colombia. *Livestock Research for Rural Development*, 30.
- Camarena, F., Arosemena, L., & De León, E. (2022). Impacto de los desechos generados por la población sobre la calidad del agua del Río La Villa (Panamá). *Revista Redes*, 1(14), 100-122.
- Čepulienė, R., Butkevičienė, L. M., Skinulienė, L., & Steponavičienė, V. (2022). Response of cucumbers (*Cucumis sativus* L.) to waste wood fiber substrates and additional nitrogen fertilization. *Plants*, 11(24), 3464.
- Chávez, V. M. C., Guadalupe, A. L. G., & Mas, E. C. (2019). Evaluación de diferentes sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) a efectos de mejorar su producción. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3(2), 57-62.
- Chicaiza, J. P. (2007). *Producción de lombriz roja californiana (Eisenia foetida) y lombrihumus con estiércol de vaca, cabra, cerdo y caballo*.
- Chinsamy, M., Kulkarni, M. G., & Van Staden, J. (2014). Vermicompost leachate reduces temperature and water stress effects in tomato seedlings. *HortScience*, 49(9), 1183-1187.
- Dimas, N. R., Ríos, P. C., Viramontes, U. F., Gil, A. P., Chávez, E. F., Reyna, V. de P. Á., Hernández, C. M., & Reséndez, A. M. (2008). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 265-272.
- Domínguez, J. (2004). State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. En *Earthworm ecology* (pp. 401-424). CRC press.

- Domínguez, J. (2018). *Earthworms and vermicomposting*. IntechOpen London (UK). <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.76088>
- Durán, L., & Henríquez, C. (2009). Crecimiento y reproducción de la lombriz roja (*Eisenia foetida*) en cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense*, 33(2), 275-281.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., & Sherman, R. L. (2010). *Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes, and environmental management*.
- Google Maps. (2025). 0°15'35.0"N 79°25'35.0"W. https://www.google.com.ec/maps/@-0.2621007,-79.443577,2416m/data=!3m1!1e3?entry=tту&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Hernández-Blandón, I. C. (2021). *Evaluación del efecto de la aplicación de microorganismos transformadores de materia orgánica sobre Pollinaza* [Licenciatura, Tecnológico de Antioquia, Institución Universitaria]. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1985>
- Hidalgo, I. V. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Recuperado el Noviembre de*, 20(1).
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.
- Jaramillo, J. T. (2018). *Diseño, construcción y automatización de un extractor de lixiviados a partir de humus de lombriz californiana (Eisenia foetida)*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/8790>
- Jiménez-Roa, A. F., & Morales-Jiménez, J. A. (2021). *Diseño de un portafolio de proyectos de innovación social para la gestión de residuos orgánicos integrando lombricultura en el municipio de la Capilla, Boyacá* [Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/3f50b409-5cc6-4d51-ba27-ed94bfcd2507>
- Lazcano, C., & Domínguez, J. (2011). The use of vermicompost in sustainable agriculture: Impact on plant growth and soil fertility. *Soil nutrients*, 10(1-23), 187.
- Leyva Rodríguez, S. L., Pérez Méndez, M., & Batista Yero, Y. (2024). Efecto del biocarbón y estiércol equino en la producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia fétida*). *Masferrer Investiga: Revista Científica de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer*, 14(4).

- Liriano, R., Terán Reyes, M. A., Núñez Sosa, D. B., Ibáñez Madan, D., & Perez Ramos, J. (2017). El humus de lombriz en la producción de plántulas de *Lycopersicon esculentum* Mill en una comunidad del Estado Cojedes, Venezuela. *Centro Agrícola*, 44(4), 23-29.
- Llivicura, M. F. A., Rodríguez, J. H. V., Vasquez, L. M. L., Piña, J. C. G., Rocano, M. S. V., & Díaz, M. D. C. M. (2021). Influencia del vermicompost y sus lixiviados sobre la germinación de hortalizas en un suelo sódico. *Journal of Science and Research*, 6(2), Article 2. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/1168>
- Maraña Santacruz, J. Á., Castellanos Pérez, E., Vázquez Vázquez, C., Martínez Ríos, J. J., Trejo Escareño, H. I., Gallegos Robles, M. Á., Orona Castillo, I., Maraña Santacruz, J. Á., Castellanos Pérez, E., Vázquez Vázquez, C., Martínez Ríos, J. J., Trejo Escareño, H. I., Gallegos Robles, M. Á., & Orona Castillo, I. (2018). Rendimiento de chile jalapeño con lixiviado de lombriz con dos métodos de riego. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 345-354. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.253>
- Marnetti, J., & Pérez, L. M. (2012). Implementación de la producción de lombricultura. *Universidad Nacional de Cuyo: Mendoza, Argentina*.
- Martínez, P. F., & Roca, D. (2011). *Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo*. 1(12), 14-22.
- Milanés, M., Rodríguez González, H., Ramos Gálvez, R., & Rivera Amita, M. M. (2005). Efectos del compost vegetal y humus de lombriz en la producción sostenible de capítulos florales en *Calendula officinalis* L. y *Matricaria recutita* L. *Revista cubana de plantas medicinales*, 10(1), 0-0.
- Milpa-Mejía, S., González-Castellanos, A., Grenón-Cascales, G. N., & Vázquez-García, L. M. (2012). Cultivo en maceta de *Iris xiphium* L. (Iris de Holanda) con diferentes concentraciones de humus de lombriz y sus lixiviados. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 44(2), 109-117.
- Morales, N. B., Garavito, J. Z., & Chávez, Á. (2010). Implementación de un proceso biotecnológico: Lombricultura, como tratamiento de residuos sólidos orgánicos. *Academia y Virtualidad*, 3(1), 137-147.
- Murillo-Amador, B., Morales-Prado, L. E., Troyo-Diéguez, E., Córdoba-Matson, M. V., Hernández-Montiel, L. G., Rueda-Puente, E. O., & Nieto-Garibay, A. (2015). Changing environmental conditions and applying organic fertilizers in *Origanum vulgare* L. *Frontiers in Plant Science*, 6, 549.
- Nogales, R., Romeo, E., & Fernandez, M. (2014). *Vermicompostaje: Procesos, productos y aplicaciones III.5* (Ediciones Mundi-Prensa). Ediciones Mundi-Prensa.

- Oyege, I., & Balaji Bhaskar, M. S. (2025). The Role of Vermicompost and Vermicompost Tea in Sustainable Corn Production and Fall Armyworm Suppression. *Agriculture*, 15(13), 1433.
- Raimondo, M., Simeone, G. D. R., Coppola, G. P., Zaccardelli, M., Caracciolo, F., & Rao, M. A. (2023). Economic benefits and soil improvement: Impacts of vermicompost use in spinach production through industrial symbiosis. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100845.
- Rastegari, H., Nooripoor, M., Sharifzadeh, M., & Petrescu, D. C. (2023). Drivers and barriers in farmers' adoption of vermicomposting as keys for sustainable agricultural waste management. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 21(1), 2230826.
- Rincones, P. A., Zapata, J. E., Figueroa, O. A., Parra, C., Rincones, P. A., Zapata, J. E., Figueroa, O. A., & Parra, C. (2023). Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). *Información tecnológica*, 34(2), 11-20. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000200011>
- Rodríguez-Fernández, P. A., Álvarez-Arcaya, M. V., & Batista-Enamorado, I. (2020). Impacto del estiércol ovino y del lixiviado de humus de lombriz en indicadores del crecimiento y productividad en el cultivo del pimiento (*Capsicum annum* L.). *Ciencia en su PC*, 1, 46-59.
- Romero-Romano, C. O., Ocampo Mendoza, J., Sandoval Castro, E., & Tobar Reyes, J. R. (2018). Evaluación de sustratos para la producción de lombriz de tierra (*Eisenia foetida*). *Centro Agrícola*, 45(4), 68-74.
- Ruiz, M., Pastor, K., & Acevedo, A. (2013). Biodegradabilidad de artículos desechables en un sistema de composta con lombriz. *Información tecnológica*, 24(2), 47-56.
- Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L., & 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), 95-99.
- Sánchez, A. A. F., & Fernández, P. A. R. (2009). Influencia de dosis creciente de lixiviado de abonos mixtos microbianos y lixiviado humus de lombriz sobre algunas variables morfoagronómicas en el cultivo del tomate (*lycopersicum esculentum* mill). *Ciencia en su PC*, 2, 100-114.
- Sharma, K., & Garg, V. (2023). Vermicomposting technology for organic waste management. En *Current developments in biotechnology and bioengineering* (pp. 29-56). Elsevier.
- Siddiqui, M. A., Neeraj, A., & Hiranmai, R. (2022). Vermitechnology: An Eco-Friendly Approach for Organic Solid Waste Management and Soil Fertility Improvement—A

- Review. *Strategies and tools for pollutant mitigation: Research trends in developing nations*, 91-112.
- Sinha, A. K., Bhattacharya, S., & Narang, H. K. (2021). Abaca fibre reinforced polymer composites: A review. *Journal of Materials Science*, 56, 4569-4587.
- Soni, R., & Sharma, A. (2016). Vermiculture technology: A novel approach in organic farming. *Indian Horticulture Journal*, 6(1), 150-154.
- Suquilanda, M. (1996). *Agricultura orgánica, alternativa tecnológica del futuro*. (Edic. UPS,). Fundagro.
- Suquilanda, M. (2003). Abonos verdes: Alternativa ecológica. Cultivos Controlados. *Revista Agropecuaria Internacional. (Ecuador) Ed. Flor y Flor*, 137.
- Trejo-Escareño, H. I., Salazar-Sosa, E., López-Martínez, J. D., & Vázquez-Vázquez, C. (2013). Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 727-738.
- Venegas-Vera, J. J., & Pincay-Menéndez, J. D. (2024). Efectos del lixiviado de vermicompost de estiércol bovino, *Trichoderma* sp y microorganismo eficiente en crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en semillero. *MQRInvestigar*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.3493-3508>
- Zanor, G. A., López-Pérez, M. E., Martínez-Yáñez, R., Ramírez-Santoyo, L. F., Gutiérrez-Vargas, S., & León-Galván, M. F. (2018). Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de un suelo agrícola mezclado con lombricompostas de dos efluentes de biodigestor. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 19(4).

ANEXOS

Anexo 1. *Análisis en la varianza de la variable Abundancia poblacional, en la Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	1,37	3	0,46	7,54	0,0001	
Tratamientos	1,37	3	0,46	7,54	0,0005	**
Error	0,72	12	0,06			
Total	2,09	15				

Anexo 2. *Análisis en la varianza de la variable diámetro Abundancia poblacional, en la Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	6,71	3	2,24	3,05	0,0101	
Tratamientos	6,71	3	2,24	3,05	0,0138	*
Error	85,19	116	0,73			
Total	91,9	119				

Anexo 3. *Análisis en la varianza de la variable producción de lixiviado en diámetro Abundancia poblacional, en la Producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2,51	3	0,84	19,72	0,0001	
Tratamientos	2,51	3	0,84	19,72	0,0001	**
Error	0,51	12	0,04			
Total	3,02	15				

Anexo 4. *Acta de Donación de Bienes*

Anexo 5. Resultado del análisis químico del tratamiento T3

RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente :	Sra. LIZETH CANTOS	Numero de muestra:	7708
Identificación:	LIXIVIADO	Fecha de Ingreso:	8/12/2025
		Fecha de impresión:	25/12/2025
		Fecha de Entrega:	27/12/2025
		No. Laboratorio	Desde: 0 001 Hasta:

MATERIA SECA (%)						
VALORES	N	P	K	Ca	Mg	S
Tiene	0,88	0,10	0,56	0,21	0,09	0,13

ppm							
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn	pH	C.E
Tiene	2,00	9,39	28,00	8,00	7,00	7,72	5,17
L.A.I. F.S.							

RELACIONES						BASES (%)	R
VALORES	N/k	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)	C/N
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA	
Tiene	1,57	8,80	0,16	223,64	0,54	0,86	0,44/0,88

Anexo 6. Instalación de la cubierta metálica sobre la estructura del lombricario



Anexo 7. Construcción de las camas del lombricario



Anexo 8. *Aplicación de la capa de sustrato orgánico en los tratamientos*



Anexo 9. *Aplicación de la capa de sustrato orgánico en los tratamientos*



Anexo 10. *Toma de datos*





Tesis Lizeth Cantos

6%
Textos sospechosos

6% Similitudes
0 % similitudes entre comillas (ignorado)
0 % entre las fuentes mencionadas (ignorado)
8% Idiomas no reconocidos (ignorado)
24% Textos potencialmente generados por la IA (ignorado)

Nombre del documento: Tesis Lizeth Cantos.docx
ID del documento: 3c36fe4ccb35586e67a64ba1225ed930fcc4feb
Tamaño del documento original: 3,41 MB

Depositante: Marco De la Cruz Chicaiza
Fecha de depósito: 3/2/2026
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 3/2/2026

Número de palabras: 15.915
Número de caracteres: 109.515

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.uleam.edu.ec https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/4665/1/ULEAM-AGRO-0180.pdf 20 fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (185 palabras)
2	Tesis - Getial Nicole antiplagio.docx Tesis - Getial Nicole antiplagio #aala74 Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (143 palabras)
3	repositorio.uleam.edu.ec Beneficios de la aplicación del protocolo de pediasuit... https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/5890 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (97 palabras)
4	departamentos.uleam.edu.ec https://departamentos.uleam.edu.ec/gestion-aseguramiento-calidad/files/2020/09/PAT-01-F... 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (90 palabras)
5	repositorio.uleam.edu.ec La Auditoría de Gestión de Informática para determi... https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/7890 4 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (90 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstreams/101dafc9-1a4b-482b-98c7-7d1c08b8aee9/download	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
2	www.redalyc.org Impacto del estiércol ovino y del lixiviado de humus de lombri... https://www.redalyc.org/journal/1813/181363107009/181363107009.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
3	dspace.esPOCH.edu.ec http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/9790/1/1771553.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
4	Documento de otro usuario #4es7dd Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
5	Documento de otro usuario #d5c520 Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (32 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis Gabriela Moreira.docx Tesis Gabriela Moreira #14670a Viene de de mi biblioteca	19%		Palabras idénticas: 19% (2992 palabras)
2	Tesis Janira Medranda.docx Tesis Janira Medranda #a1f125 Viene de de mi biblioteca	15%		Palabras idénticas: 15% (2429 palabras)
3	Tesis Bryan Baque.docx Tesis Bryan Baque #30a21d Viene de de mi biblioteca	12%		Palabras idénticas: 12% (1989 palabras)
4	Tesis Brigitte Moreira.docx Tesis Brigitte Moreira #6ee25e Viene de de mi biblioteca	7%		Palabras idénticas: 7% (1054 palabras)
5	GLOVER STEVEN ZAMBRANO VERA_FINAL.docx GLOVER STEVEN ZAMB... #f00497 Viene de de mi grupo	3%		Palabras idénticas: 3% (543 palabras)
6	Anderson Jair Romero Sandoval.docx Anderson Jair Romero Sandoval #00a680 Viene de de mi grupo	3%		Palabras idénticas: 3% (442 palabras)