



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**

**“Crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana con el
uso de *EMAs* como riego”**

AUTOR: Moreira Bravo Jennifer Gabriela

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

El Carmen, enero 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 II de 73

CERTIFICACIÓN

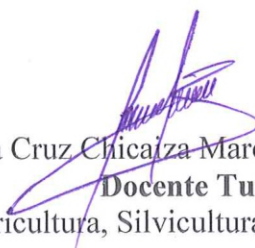
En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Moreira Bravo Jennifer Gabriela**, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana con el uso de EMAs como riego”**

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 del mismo, 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, 23 de enero del 2026.


 De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio MSc.
Docente Tutor
 Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ

EXTENSIÓN EL CARMEN

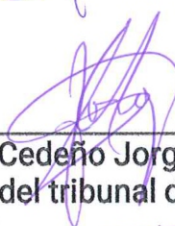
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado: **"Crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana con el uso de EMAs como riego"**, cuya autora es **Jennifer Gabriela Moreira** de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria y como Tutor de Trabajo de Titulación el Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, Mg.

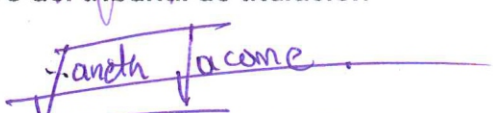
El Carmen, febrero de 2026



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



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



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



Uleam



DECLARACIÓN DE AUTORIA

La responsabilidad de este proyecto de Titulación: **“Crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana con el uso de EMAs como riego”** con C.I 1317882486 y los derechos patrimoniales del mismo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El Carmen – Manabí

Autora



Jennifer Gabriela Moreira Bravo
C.I 1317882486



Uleam

DEDICATORIA

"Pies, ¿para qué los quiero si tengo alas para volar?" — Frida Kahlo

A mi familia,

Por ser el pilar inquebrantable que me sostuvo en cada paso de este camino. Gracias por su amor, paciencia y apoyo constante, por creer en mí incluso cuando las fuerzas parecían agotarse. Este logro, más que un título, es el reflejo del esfuerzo compartido, de los sacrificios silenciosos y del acompañamiento incondicional que me dieron para alcanzar mi tan anhelado título de Ingeniera Agropecuaria.

Jennifer Gabriela Moreira Bravo

AGRADECIMIENTO

"Amurallar el propio sufrimiento es arriesgarte a que te devore desde el interior." Frida K

Con gratitud profunda deseo expresar mi reconocimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la culminación de esta meta tan importante en mi vida.

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por iluminar mi camino y concederme la perseverancia necesaria para superar cada obstáculo. Su presencia fue guía constante en los momentos de incertidumbre y esperanza en los días de dificultad.

A mi familia, por ser el pilar que sostuvo mis sueños con amor y paciencia. Gracias por su apoyo incondicional, por comprender mis ausencias y celebrar conmigo cada pequeño logro. Este título es fruto de su aliento, de su fe en mí y de los sacrificios compartidos que hoy se transforman en orgullo y alegría.

A mis docentes y tutor, quienes con su conocimiento, orientación y exigencia académica sembraron en mí la pasión por la investigación, el compromiso con la tierra y el respeto por la ciencia agropecuaria. Cada enseñanza fue una semilla que germinó en aprendizaje y crecimiento personal.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, por brindarme las herramientas necesarias para mi formación profesional, por ser el espacio donde florecieron mis capacidades y donde nació el amor por la ingeniería que hoy celebro con honor.

A mis amigos y compañeros de carrera, quienes compartieron jornadas de estudio, esfuerzo y risas, y con quienes tejí lazos de compañerismo y apoyo mutuo que hicieron más ligera esta travesía.

Jennifer Gabriela Moreira Bravo

ÍNDICE

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	IV
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ANEXO	XIII
TÍTULO.....	1
INTRODUCCIÓN	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS.....	4
HIPÓTESIS	5
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 Descripción de los <i>Eisenia fetidas</i>	9
1.6 Variables de estudio	10
1.7 Diseño de la investigación.....	10
1.8 Análisis estadístico	10
1.9 Manejo del ensayo.....	11
1.9.1 Selección del sitio.....	11
1.9.2 Materiales para el lombricario.....	11

1.9.3 Construcción del lombricario	11
CAPÍTULO II	14
MARCO TEÓRICO	14
2.1 Importancia o Antecedentes	14
2.2 Lombricario	15
Tamaño del Lombricario.....	15
Materiales de Construcción del Lombricario	16
Mantenimiento del Lombricario	17
2.3 Sustratos para la alimentación de las lombrices	18
Principales sustratos orgánicos	18
2.4 Características ideales del sustrato	19
2.5 Relación carbono-nitrógeno (C/N) y acondicionamiento	20
2.6 Microorganismos Eficientes (EMAs) en el proceso de compostaje y lombricultura	20
Aplicación de EMAs en lombricultura	21
Preparación y uso de EMAs.....	21
Beneficios pedagógicos y ambientales	22
2.7 Especies de lombrices utilizadas en la producción de humus	22
<i>Lumbricus rubellus</i>	23
<i>Perionyx excavatus</i> (lombriz azul india o lombriz de compostaje)	23
<i>Eisenia fetida</i> (lombriz roja californiana)	24
Lixiviado de lombriz.....	26
2.8 Humus de lombriz	27
TRABAJOS RELACIONADOS	29
CAPITULO III	32
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	32
3.1 Descripción del sistema.....	32

Antecedentes	32
3.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS, HERRAMIENTAS O EQUIPOS A IMPLEMENTAR	32
3.2.1 Ubicación de la propuesta	32
3.2.2 Metodología de la propuesta	32
3.2.3 Descripción funcional de los componentes	34
3.2.4 Esquema del lombricario	34
3.2.5 Desglose de gastos	37
3.2.6 Cronograma	38
3.3 Diseño y selección de tecnologías a implementar	40
3.4 Plan de implementación	41
3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.5.1 Longitud corporal de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>) bajo riego con EMAs	43
3.5.2 Biomasa (peso) de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>) bajo riego con EMAs	44
3.5.3 Abundancia poblacional de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>) bajo riego con EMAs	45
3.5.4 Dinámica poblacional de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>) bajo riego con EMAs	46
CAPÍTULO IV	49
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES	50
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	XXXV
ANEXOS	XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climatológicas de la localidad.....	7
Tabla 2. Análisis de los <i>Eisenia fetida</i>	9
Tabla 3. Variables dependientes evaluadas en el crecimiento y desarrollo de <i>Eisenia fetida</i> bajo riego con EMAs	10
Tabla 4. Análisis de varianza del experimento.....	11
Tabla 5. Materiales Recomendados para la construcción de la cama del lombricario	17
Tabla 6. Condiciones óptimas para el Lombricario	17
Tabla 7. <i>Características ideales del sustrato</i>	19
Tabla 8. <i>Cuadro comparativo de aporte de los sustratos</i>	19
Tabla 9. <i>Cuadro comparativo de a porte agronómico de los principales microorganismos benéficos.</i>	22
Tabla 10. <i>Contenido de minerales, materia orgánica y ph de lixiviado y del humus</i>	26
Tabla 11. Contenido de minerales, materia orgánica y ph de lixiviado y del humus.....	28
Tabla 12. Desglose de costos de adquisición e implementación de las camas de lombricultura con <i>Eisenia fetida</i>	37
Tabla 13. Cronograma de la Primera Fase	38
Tabla 14. Cronograma de la segunda Fase.....	39
Tabla 15. <i>Secuencia de instalación e implementación del sistema de lombricultura para la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma</i>	41
Tabla 16. <i>Media del número de lombrices e incremento poblacional en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>) con uso de EMAs como riego</i>	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio	6
Figura 2. Lombricario convencional	15
Figura 3. <i>Lombricario semi-industrial</i>	16
Figura 4. <i>Lombricario Industrial</i>	16
Figura 5. <i>Lumbricus rubellus</i> (lombriz roja o lombriz de cabeza roja)	23
Figura 6. <i>Perionyx excavatus</i>	23
Figura 7. <i>Eisenia fetida</i>	25
Figura 8. Área destinada para la construcción del lombricario	33
Figura 9. Instalación del techo metálico del módulo de lombricario	33
Figura 10. Inspección del área y preparación de los módulos de lombricultura	33
Figura 11. <i>Diseño y distribución de las camas de lombricultura con sistema de riego de EMAs</i>	34
Figura 12. <i>Preparación y acondicionamiento de las camas de vermicompostaje</i>	34
Figura 13. <i>Pesado de las lombrices para el lombricario</i>	34
Figura 14. Longitud corporal promedio en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>) con uso de EMAs como riego	43
Figura 15. Biomasa promedio en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>) con uso de EMAs como riego	44
Figura 16. <i>Abundancia poblacional promedio en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida) con uso de EMAs como riego</i>	45
Figura 17. <i>Producción de humus ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida) con uso de EMAs como riego</i>	47

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. <i>Análisis en la varianza de la variable del peso en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida) con uso de EMAs como riego</i>	XXXV
Anexo 2. <i>Análisis en la varianza de la variable longitud en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida) con uso de EMAs como riego</i>	XXXV
Anexo 3. <i>Análisis en la varianza de la variable Abundancia poblacional en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida) con uso de EMAs como riego</i>	XXXV
Anexo 4. Construcción de un lombricario	XXXV
Anexo 5. Preparación de los módulos de lombricultura	XXXVI
Anexo 6. <i>Preparación y acondicionamiento de las camas</i>	XXXVI
Anexo 7. <i>Proceso de mezcla y humedecimiento del sustrato</i>	XXXVI
Anexo 8. <i>Agrupación de lombrices rojas californianas (Eisenia fetida) sobre sustrato orgánico durante el muestreo</i>	XXXVII
Anexo 9. <i>Vista general del lombricario experimental bajo cubierta, destinado al manejo y evaluación de lombriz roja californiana</i>	XXXVII
Anexo 10. <i>Medición de la longitud corporal de lombriz roja californiana (Eisenia fetida) mediante regla milimetrada</i>	XXXVII
Anexo 11. <i>Certificado de similitud</i>	XXXVIII

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de cuatro sustratos orgánicos bajo riego con Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) sobre la producción de humus y la dinámica poblacional de *Eisenia fetida*. Los tratamientos fueron: T1 (100 % estiércol), T2 (50 % residuos de mercado + 50 % estiércol), T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) y T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos de mercado). El experimento se desarrolló durante 90 días en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, bajo un Diseño Completamente al Azar con tres repeticiones. Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p \leq 0,05$). El mayor rendimiento de humus se registró en T3, con una producción promedio de $89,87 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. Este mismo tratamiento presentó la mayor abundancia poblacional, con $643 \text{ lombrices} \cdot \text{m}^{-2}$, lo que indicó condiciones favorables para la reproducción y supervivencia. La mayor longitud corporal se observó igualmente en T3, con una media de $5,42 \text{ cm}$ ($p = 0,0145$). En contraste, la mayor biomasa individual se obtuvo en T2, con un peso promedio de $1,20 \text{ g}$ por lombriz. Los resultados demostraron que la combinación de EMAs con sustratos balanceados, particularmente la mezcla de pollinaza y estiércol, optimizó la producción de humus y el desempeño biológico de *Eisenia fetida*, constituyéndose en una alternativa eficiente para sistemas de lombricultura tropical.

Palabras clave: Lombricultura; Microorganismos eficientes; Sustratos orgánicos; Humus de lombriz; Lixiviado.

ABSTRACT

The study evaluated the effect of four organic substrates irrigated with Indigenous Efficient Microorganisms (IEMs) on humus production and the population dynamics of *Eisenia fetida*. The treatments were: T1 (100% manure), T2 (50% market waste + 50% manure), T3 (50% poultry manure + 50% manure), and T4 (50% manure + 25% poultry manure + 25% market waste). The experiment was conducted over 90 days at the Río Suma Experimental Farm of the Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, El Carmen Extension, under a Completely Randomized Design with three replications. The results showed statistically significant differences among treatments ($p \leq 0.05$). The highest humus yield was recorded in T3, with an average production of $89.87 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$. This treatment also presented the highest population density, reaching $643 \text{ worms} \cdot \text{m}^{-2}$, indicating favorable conditions for reproduction and survival. The greatest body length was likewise observed in T3, with a mean of 5.42 cm ($p = 0.0145$). In contrast, the highest individual biomass was obtained in T2, with an average weight of 1.20 g per worm. Overall, the findings demonstrated that the combination of IEMs with balanced organic substrates, particularly the mixture of poultry manure and manure, enhanced humus production and improved the biological performance of *Eisenia fetida*, representing an efficient and sustainable alternative for vermiculture systems under tropical conditions.

Keywords: Vermiculture; Effective microorganisms; Organic substrates; Earthworm humus; Leachate.

TÍTULO

Crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana con el uso de EMAs como riego.

INTRODUCCIÓN

La agricultura sostenible se ha convertido en un pilar esencial para garantizar la seguridad alimentaria y la preservación de los recursos naturales (Abreu-Cruz et al., 2018). En este contexto, la lombricultura emerge como una práctica agroecológica eficiente y de bajo impacto ambiental, basada en la capacidad de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) para transformar residuos orgánicos en humus de alta calidad, conocido como vermicompost (Sánchez y Fernández, 2009).

Este biofertilizante mejora la estructura del suelo, incrementa su fertilidad y promueve la actividad microbiana benéfica, convirtiéndose en una alternativa sostenible al uso de fertilizantes químicos (Paco et al., 2011a). La importancia de esta biotecnología radica en su doble contribución: reduce los desechos orgánicos y genera productos agrícolas de valor, promoviendo la economía circular en zonas rurales (Abreu-Cruz et al., 2018).

No obstante, la eficiencia del proceso de vermicompostaje depende de diversos factores, entre ellos, el tipo de sustrato utilizado, la humedad, la temperatura, la aireación y el pH, los cuales influyen directamente en el crecimiento, desarrollo y tasa reproductiva de las lombrices (Morales et al., 2010). Además de mantener condiciones óptimas con humedad entre 60 y 80 %, temperatura de 15 a 25 °C y pH cercano a la neutralidad es fundamental para asegurar una bioconversión eficiente.

En la provincia de Manabí, particularmente en el cantón El Carmen, la actividad agropecuaria constituye una de las principales fuentes de desarrollo económico (Palomo et al., 2016). Sin embargo, la inadecuada gestión de residuos orgánicos provenientes de las fincas agrícolas ha generado problemas ambientales, como la contaminación de suelos y la emisión de gases de efecto invernadero (López et al., 2011).

En este sentido, la lombricultura representa una estrategia agroecológica viable para reducir dichos impactos, mediante la valorización de los residuos y la mejora de la fertilidad del suelo (Sánchez y Fernández, 2009). En los últimos años, la aplicación de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) ha demostrado ser una herramienta innovadora para optimizar el proceso de vermicompostaje (Jiménez-Roa y Morales-Jiménez, 2021).

Estos consorcios microbianos integrados por bacterias ácido-lácticas, levaduras y microorganismos fotosintéticos mejoran la descomposición de la materia orgánica, incrementan la actividad enzimática y favorecen la disponibilidad de nutrientes (Domínguez, 2018; Rincones et al., 2023). Su uso como agua de riego en los lechos de lombricultura acelera el crecimiento de *Eisenia fetida*, aumenta la biomasa y mejora la calidad fisicoquímica del humus producido (Nogales et al., 2014).

Además, los EMAs permanecen activos en el vermicompost, contribuyendo posteriormente a la estabilidad estructural del suelo y al equilibrio microbiano (Food & Agriculture Organization [FAO], 2021).

Pese a su potencial, existen pocos estudios sobre el efecto de los EMAs aplicados como riego en sistemas de lombricultura bajo condiciones tropicales húmedas, como las del cantón El Carmen. Por ello, el presente estudio busca evaluar el crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana con el uso de EMAs como riego, identificando su influencia sobre la producción y calidad del vermicompost (Čepulienė et al., 2022).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Ecuador, el crecimiento del sector agropecuario ha incrementado la producción de residuos orgánicos, alcanzando aproximadamente 3,5 millones de toneladas anuales, principalmente de origen bovino y avícola (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2020). En Manabí, y particularmente en el cantón El Carmen, la acumulación y descomposición inadecuada de estos residuos genera contaminación, proliferación de patógenos y pérdida de fertilidad del suelo (Chávez et al., 2019).

El uso excesivo de fertilizantes químicos en la agricultura convencional ha agravado este escenario (Murillo-Amador et al., 2015). Dichos compuestos degradan la materia orgánica, reducen la actividad microbiana y alteran la estructura del suelo, ocasionando compactación, acidificación y pérdida de su capacidad de retención de agua (Čepulienė et al., 2022). Estas afectaciones disminuyen la productividad y la biodiversidad edáfica, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas agrícolas (Nogales et al., 2014).

Ante este panorama, la lombricultura surge como una alternativa sostenible para transformar residuos orgánicos en biofertilizantes de alta calidad. La especie *Eisenia fetida*, conocida como lombriz roja californiana, acelera la descomposición de la materia orgánica y genera vermicompost con alto valor nutritivo (Zanor et al., 2018).

De forma complementaria, los Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) aplicados como riego estimulan la actividad microbiana y mejoran las condiciones del sustrato, favoreciendo el crecimiento y desarrollo de las lombrices, así como la calidad del humus obtenido (Milpa-Mejía et al., 2012).

Sin embargo, existen pocos estudios que analicen el efecto de los EMAs en el crecimiento de *Eisenia fetida* bajo condiciones tropicales húmedas. A pesar del alto volumen de residuos generados en actividades agropecuarias, su potencial como recurso valioso sigue siendo escasamente reconocido (Murillo-Amador et al., 2015). La falta de conocimiento técnico y de modelos sostenibles de aprovechamiento limita su transformación en insumos agrícolas útiles (Camarena et al., 2022).

pregunta de investigación:

¿Cómo influye la aplicación de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) como riego en el crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) y en la calidad del vermicompost producido en El Carmen, Manabí?

JUSTIFICACIÓN

La sostenibilidad de los sistemas agrícolas actuales depende en gran medida del desarrollo de tecnologías biológicas que garanticen la productividad sin comprometer la integridad del suelo ni los ecosistemas asociados (Milpa-Mejía et al., 2012). Entre las estrategias emergentes, el vermicompostaje ha demostrado ser una herramienta eficaz para transformar residuos agropecuarios en abonos orgánicos de alta calidad, gracias a la acción sinérgica de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) y la microbiota del sustrato (Camarena et al., 2022).

Este proceso biotecnológico se caracteriza por su bajo consumo energético, su capacidad para estabilizar la materia orgánica y su contribución directa a la fertilidad biológica del suelo, lo que lo posiciona como un componente esencial en los modelos de agricultura regenerativa (Zanor et al., 2018). No obstante, la eficiencia del vermicompostaje depende de múltiples factores bióticos y abióticos, entre ellos la calidad del sustrato, la disponibilidad de humedad y la composición microbiana (Acevedo-Peralta et al., 2017).

En regiones tropicales húmedas, como el cantón El Carmen (Manabí), estas condiciones pueden variar significativamente, afectando el metabolismo, crecimiento y reproducción de *E. fetida* (Trejo-Escareño et al., 2013). Por ello, se requiere el desarrollo de protocolos adaptados

al contexto local que garanticen una mayor estabilidad del sistema y una calidad uniforme del humus producido (Salinas-Vásquez et al., 2014a).

En este sentido, la incorporación de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) como bioinoculantes en el riego del lombricario representa una alternativa biotecnológica de alto potencial (Salinas-Vásquez et al., 2014a). Los EMAs, conformados por consorcios naturales de bacterias ácido-lácticas, levaduras y bacterias fotosintéticas, aceleran la descomposición de la materia orgánica, incrementan la disponibilidad de nutrientes y modulan la actividad enzimática del sustrato (Rincones et al., 2023).

La interacción entre estos microorganismos y *E. fetida* puede generar un efecto sinérgico que optimice los parámetros de crecimiento de la lombriz, reduzca el tiempo de maduración del compost y mejore la composición físico-química del humus, incrementando así su valor agronómico (Salinas-Vásquez et al., 2014a). Desde una perspectiva práctica, este estudio adquiere relevancia al evaluar científicamente la eficiencia del uso de EMAs como riego en sistemas de lombricultura, considerando variables morfológicas y productivas de *Eisenia fetida*, así como la calidad final del vermicompost (Abreu-Cruz et al., 2018).

Los resultados permitirán establecer parámetros técnicos reproducibles que fortalezcan los sistemas agroecológicos de la región y contribuyan a la gestión sostenible de los residuos orgánicos locales (Lazcano & Domínguez, 2011). En términos ambientales, la implementación de esta tecnología representa un avance hacia la mitigación de la contaminación derivada del mal manejo de estiércoles y residuos agrícolas, al transformar desechos en bioinsumos de alta eficiencia y bajo impacto ecológico (Milpa-Mejía et al., 2012).

Además, al sustituir parcialmente los fertilizantes sintéticos, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero y la degradación de la biota edáfica, promoviendo un equilibrio natural entre productividad, conservación y sostenibilidad agroambiental. Por lo tanto, la investigación se justifica científica y socialmente al proponer una alternativa biotecnológica innovadora y replicable, que integra procesos microbiológicos y lombrícolas para el aprovechamiento racional de los residuos agropecuarios, fortaleciendo la seguridad alimentaria y la resiliencia ecológica en ecosistemas tropicales.

OBJETIVOS

i) Objetivo general

Evaluar el Crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana con el uso de EMAs como riego.

ii) Objetivos específicos

- Implementar un lombricario para el crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana.
- Determinar el mejor sustrato en la producción humus de lombriz con microorganismos deficientes.

HIPÓTESIS

Ha: La inoculación de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) en el sustrato mejorará el crecimiento, desarrollo y producción de la lombriz roja californiana.

I. CAPITULO

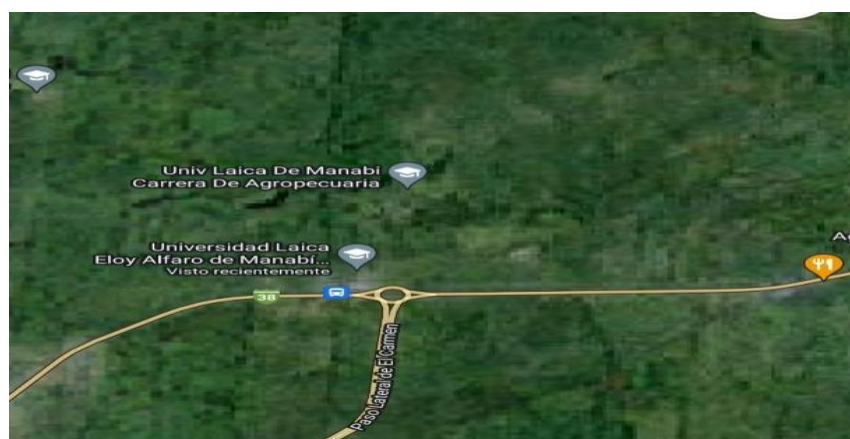
METODOLOGÍA

1.1 Ubicación del ensayo

El ensayo experimental se desarrolló en la Granja Experimental Río Suma, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, ubicada en el margen derecho del redondel “Virgen del Carmen Madre”, en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador. El sitio de estudio se encuentra en las coordenadas UTM X = -0.262156; Y = -79.428218, a una altitud de 258 m s. n. m., dentro de una zona caracterizada por condiciones climáticas propias del trópico húmedo, con temperaturas promedio entre 25 y 31 °C, humedad relativa superior al 75 % y precipitaciones anuales que superan los 2 000 mm.

La selección de esta zona responde a su relevancia productiva dentro del sistema agropecuario manabita, donde predominan unidades de producción de pequeña y mediana escala dedicadas a la ganadería, el cultivo de pastos y la producción de plátano. Estas actividades generan grandes volúmenes de residuos orgánicos, principalmente estiércol bovino y desechos vegetales, los cuales, al no ser gestionados adecuadamente, provocan contaminación ambiental y pérdidas de nutrientes aprovechables.

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio



Fuente: Google Maps (2025).

1.2 Caracterización climatológica de la zona

La implementación del ensayo en la Granja Río Suma busca contribuir a la gestión sostenible de dichos residuos, transformándolos mediante lombricultura en biofertilizantes de alta calidad y bajo costo. De esta forma, los resultados del estudio servirán como referencia técnica para los productores de la zona, permitiéndoles adoptar prácticas agroecológicas que

reduzcan la dependencia de insumos químicos, optimicen la recuperación de nutrientes y mejoren la productividad y resiliencia de los suelos agrícolas.

Asimismo, la validación de la aplicación de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) como riego dentro del proceso de vermicompostaje permitirá fortalecer el enfoque de economía circular rural, promoviendo la reutilización de desechos locales y la sostenibilidad de los sistemas productivos del trópico ecuatoriano.

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)
- *Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs)*

1.4 Métodos

a. Método experimental

El estudio se condujo bajo un diseño completamente al azar (DCA), manipulando deliberadamente el factor sustrato (cuatro *Eisenia fetidas*: mezclas con estiércol bovino, pollinaza y residuos de mercado, según tu esquema T1–T4) y aplicando EMAs como riego con un protocolo uniforme en todos los *Eisenia fetidas* (Hidalgo, 2005).

Esta estructura permitió aislar el efecto del sustrato sobre los rasgos de crecimiento y desarrollo de *Eisenia fetida* (masa fresca individual, longitud, supervivencia y densidad de población) y sobre la eficiencia de conversión (kg de residuo → kg de humus) y volumen de lixiviado. El control de las condiciones (humedad, temperatura y pH del lecho) aseguró validez interna y estimaciones no sesgadas del efecto de los *Eisenia fetidas* (Llivicura et al., 2021).

b. Método observacional

El método observacional permitió registrar de manera sistemática la actividad biológica de *Eisenia fetida* y los cambios fisicoquímicos del sustrato durante un ciclo experimental de 90 días. Las observaciones se realizaron en condiciones controladas de la Granja Experimental Río Suma, donde las lombrices fueron monitoreadas sin alterar su entorno natural dentro de los lechos de cría (Jaramillo, 2018).

Cada semana se evaluaron variables morfológicas y fisiológicas como el peso fresco, longitud corporal y densidad poblacional de las lombrices, además de parámetros ambientales del sustrato, incluyendo temperatura interna, humedad gravimétrica y pH, para determinar la estabilidad del sistema bajo el efecto del riego con Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) (Salinas-Vásquez et al., 2014).

c. Método descriptivo

Se aplicó un enfoque descriptivo para caracterizar las respuestas biológicas y productivas de *Eisenia fetida* bajo la acción de los Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) utilizados como riego (Salinas-Vásquez et al., 2014). Este método permitió documentar de manera sistemática las variables morfológicas y fisiológicas asociadas al crecimiento y desarrollo de las lombrices como el peso fresco individual (g), la longitud corporal (mm) y el número de lombrices por kilogramo de sustrato, así como los indicadores productivos del proceso: conversión del residuo sólido en humus (kg) y volumen de lixiviado generado (mL).

d. Análisis experimental

El análisis experimental se realizó con el propósito de determinar el efecto del tipo de sustrato y del riego con EMAs sobre las variables biológicas y productivas evaluadas. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro *Eisenia fetidas* y tres repeticiones, considerando como unidad experimental cada lecho con 18 lombrices adultas.

1.5 Descripción de los *Eisenia fetidas*

Se establecieron cuatro Tratamientos *Eisenia fetidas* (T1–T4) conformados por diferentes combinaciones de materiales orgánicos, tal como se detalla a continuación:

Tabla 2. Análisis de los *Eisenia fetidas*

<i>Eisenia fetida</i>	Codificación	Descripción del sustrato	Repeticiones
T1	E1	Estiércol 100 %	3
T2	E2	50 % residuos del mercado + 50 % estiércol	3
T3	E3	50 % pollinaza + 50 % estiércol	3
T4	E4	50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado	3

1.6 Variables de estudio

Variable independiente: *Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs)*

Variables dependientes:

Se observa las variables evaluadas en la Tabla 3.

Tabla 3. Variables dependientes evaluadas en el crecimiento y desarrollo de *Eisenia fetida* bajo riego con EMAs

Variable dependiente	Unidad	Descripción
Peso fresco de la lombriz	(g)	Se determinó pesando 4 lombrices adultas seleccionadas al azar de cada <i>Eisenia fetida</i> con balanza analítica. Refleja el crecimiento individual promedio.
Longitud corporal de la lombriz	(mm)	Medida desde el extremo cefálico hasta el caudal usando regla milimetrada o calibrador digital. Indica el desarrollo morfológico.
Número de lombrices por kilogramo de sustrato	(N°)	Conteo manual de lombrices adultas, juveniles y cocones por cada kilogramo de sustrato seco. Expresa la densidad poblacional alcanzada.

1.7 Diseño de la investigación

El ensayo se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con el propósito de evaluar el efecto de distintos sustratos orgánicos en el crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), aplicando Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) como riego uniforme en todas las unidades experimentales.

1.8 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron mediante un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, con el fin de determinar diferencias estadísticas entre los *Eisenia fetidas* evaluados. Cuando se detectaron efectos significativos, se aplicó la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5 % de probabilidad, para identificar cuáles *Eisenia fetidas* presentaron diferencias en el crecimiento, desarrollo y producción de humus y lixiviado de *Eisenia fetida* bajo el uso de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) como riego.

El procesamiento estadístico se realizó en el programa InfoStat versión 2022, mientras que la representación gráfica de los resultados peso, longitud, conversión de residuo a humus y

volumen de lixiviado se elaboró en Microsoft Excel 2021, con el propósito de facilitar la interpretación visual y la comparación entre *Eisenia fetidas*.

Tabla 4. *Análisis de varianza del experimento*

Fuente de variación	Grados de libertad
<i>Eisenia fetidas</i>	3
Error	8
Total	11

1.9 Manejo del ensayo

1.9.1 Selección del sitio

El ensayo se ejecutó en la Granja Experimental Río Suma, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, en un área de 300 m² con sombra natural, suelo nivelado y drenaje eficiente, condiciones óptimas para el manejo de lombrices y el control de la humedad.

1.9.2 Materiales para el lombricario

La construcción del lombricario requirió materiales estructurales y equipos de medición que garantizaron estabilidad, ventilación adecuada y condiciones óptimas para la actividad biológica. La estructura principal se elaboró con tablas de madera tratada, sujetas con clavos galvanizados y cinchos plásticos para reforzar las uniones y asegurar la durabilidad del módulo.

Las divisiones internas se confeccionaron con plástico resistente y malla sarán, elementos que permitieron un flujo de aire adecuado y evitaron la acumulación de humedad excesiva dentro de las bandejas de crianza. En la parte inferior se colocaron recipientes plásticos recolectores para la captación del lixiviado generado durante el proceso de descomposición.

1.9.3 Construcción del lombricario

Las unidades experimentales se elaboraron con estructuras de madera de 1 m² de superficie y 0,40 m de profundidad, tratadas con sellador ecológico a base de linaza para prolongar su durabilidad (Jarquín-Campos & Urbina Correa, 2025). Cada cama fue reforzada con escuadras metálicas y equipada con un sistema de drenaje para la recolección del lixiviado. Las estructuras se ubicaron bajo un techo de duratecho y malla sombra del 50 %, que mitigó la radiación solar directa y reguló la temperatura. Las camas se orientaron de norte a sur y se dejaron pasillos de 0,90 m entre ellas para facilitar las labores de riego y monitoreo (Jiménez-

Roa & Morales-Jiménez, 2021).

Se construyeron 12 camas correspondientes a cuatro *Eisenia fetida* con tres repeticiones, bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), garantizando homogeneidad ambiental durante todo el ciclo experimental.

1.9.3.1 Inoculación de lombrices

Cada unidad experimental fue inoculada con 1 kg m^{-2} de *Eisenia fetida* (aproximadamente 700–1 000 individuos adultos por m^2) (Jiménez-Roa & Morales-Jiménez, 2021). Las lombrices fueron aclimatadas durante 48 horas al sustrato previamente estabilizado antes de su incorporación. Esta densidad permitió mantener una población activa y equilibrada, evitando la competencia por alimento y favoreciendo la oxigenación del lecho.

1.9.3.2 Preparación del sustrato y aplicación

Los materiales orgánicos se recolectaron y procesaron de forma independiente. El estiércol bovino provino del área de ordeño, la pollinaza de galpones avícolas cercanos y los residuos vegetales de las parcelas hortícolas de la granja. Todos los sustratos fueron triturados, homogeneizados y ajustados a una humedad inicial del 60 %, luego precomposteados durante 15 días con volteos cada 48 horas, hasta reducir su temperatura por debajo de 40 °C. Esta fase permitió eliminar microorganismos patógenos y estabilizar la materia orgánica antes de su uso como alimento para las lombrices.

1.9.3.3 Alimentación de las lombrices

Cada unidad experimental fue inoculada con $1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ de *Eisenia fetida* (aproximadamente $400 \text{ individuos} \cdot \text{m}^{-2}$), previamente aclimatadas durante 48 horas en el sustrato base. El ensayo se desarrolló en un ambiente semicontrolado, bajo cubierta, con temperatura promedio de $26 \pm 2 \text{ °C}$ y humedad relativa de $75 \pm 5 \text{ %}$, condiciones adecuadas para la actividad biológica de la especie.

1.9.3.4 Riego de las lombrices con Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs)

El riego se realizó mediante la aplicación de una solución de EMAs activados a una dosis de 5 % (v/v), equivalente a 50 mL de EMAs por cada litro de agua. La aplicación se efectuó cada dos días, distribuyendo aproximadamente 1,5 L de solución por unidad experimental, con el objetivo de mantener la humedad del lecho entre 70 % y 80 %, rango óptimo para el desarrollo de *Eisenia fetida*.

La humedad fue verificada manualmente mediante la prueba de compresión del sustrato y ajustada con agua cuando fue necesario.

Para la preparación de la solución de riego se disolvieron 250 mL de EMAs activados en 5 litros de agua, equivalente a una concentración del 5 % (v/v). La mezcla se homogenizó manualmente y se aplicó de manera uniforme en todas las camas del lombricario, garantizando condiciones similares entre unidades experimentales.

El riego se realizó superficialmente cada dos días, aplicando aproximadamente 1,5 litros de solución por unidad experimental, procurando mantener la humedad del sustrato en un rango entre 70 % y 80 %, considerado óptimo para el desarrollo de *Eisenia fetida*.

La aplicación periódica de EMAs favoreció la mineralización de la materia orgánica, contribuyó a la regulación del pH del sustrato y estimuló la actividad microbiana y enzimática, optimizando el proceso de descomposición. Se controló estrictamente el volumen de riego para evitar condiciones anaeróbicas que pudieran afectar la actividad biológica y provocar descomposición incompleta del sustrato.

1.9.3.5 Toma de datos

Todos los registros fueron anotados en planillas preestablecidas y posteriormente trasladados a una hoja de Excel, donde se organizaron y depuraron para garantizar la consistencia de la base de datos. Una vez estructurados, los valores fueron procesados mediante el software estadístico InfoStat, versión 2022, con el fin de aplicar los análisis correspondientes de acuerdo con el diseño experimental.

1.9.3.6 Cosecha de humus y lixiviado

La cosecha del humus se efectuó de manera manual, separando las lombrices mediante cribado del sustrato. El humus se secó a la sombra, se tamizó y se pesó para calcular el rendimiento final por *Eisenia fetida*.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Importancia o Antecedentes

La lombricultura se ha consolidado como una práctica esencial dentro de la agricultura sostenible, destacando por su capacidad para transformar residuos orgánicos en biofertilizantes de alta calidad, como el vermicompost y el lixiviado de lombriz, esta técnica, centrada en la cría controlada de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), no solo contribuye a la gestión eficiente de desechos agropecuarios, sino que también mejora la fertilidad del suelo al incrementar su contenido de materia orgánica, nutrientes y actividad microbiana beneficiosa (Paco et al., 2011).

Su relevancia es particularmente notable en regiones como El Carmen (Manabí), donde la acumulación de residuos orgánicos como estiércoles y restos de cosecha genera problemas ambientales, incluyendo contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero (Jarquín-Campos & Urbina Correa, 2025).

A lo largo del tiempo, la lombricultura ha surgido como una alternativa sostenible frente a los desafíos de la agricultura convencional, permitiendo reducir la dependencia de fertilizantes químicos, este enfoque no solo mejora la calidad del suelo, sino que también impulsa prácticas de economía circular al aprovechar residuos orgánicos para generar productos útiles como humus y lixiviados (Maraña Santacruz et al., 2018).

Estudios recientes demuestran que el éxito de esta práctica depende de condiciones óptimas (humedad 60-80%, temperatura 15-25°C y pH neutro) y del tipo de sustrato utilizado, el cual influye directamente en la productividad de las lombrices y la calidad del humus. (Milanés et al., 2005). Además, la incorporación de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) ha potenciado su eficiencia, acelerando la descomposición de materia orgánica y enriqueciendo el vermicompost con consorcios microbianos beneficiosos (Mendoza et al., 2025).

La lombricultura representa una solución integral que combina sostenibilidad ambiental, mejora de suelos y rentabilidad económica, siendo especialmente valiosa para zonas con suelos degradados o alta generación de residuos orgánicos (Toccalino et al., 2004). Su implementación estratégica puede impulsar sistemas agroecológicos resilientes, alineados con los objetivos de seguridad alimentaria y conservación de recursos naturales (Milanés et al., 2005).

2.2 Lombricario

El lombricario, también conocido como vermicompostera, es un sistema diseñado para la crianza y manejo de lombrices, principalmente la especie *Eisenia fetida*, con el propósito de transformar residuos orgánicos en humus de lombriz (Chinsamy et al., 2014). Este abono orgánico es altamente nutritivo para las plantas y constituye una alternativa ecológica y eficiente para el reciclaje de materia orgánica en entornos educativos, urbanos, rurales y agrícolas (Durán & Henríquez, 2009).

Desde la perspectiva pedagógica, la implementación de lombricarios en instituciones educativas permite desarrollar conciencia ambiental en los estudiantes, fomentar el aprendizaje práctico de ciencias naturales y promover el trabajo colaborativo mediante proyectos sostenibles (Durán & Henríquez, 2009).

2.2.1 Tamaño del Lombricario

Según Chinsamy et al. (2014), el tamaño dependerá del volumen de residuos orgánicos disponibles y la escala de producción deseada:

2.2.1.1 Lombricario doméstico (pequeña escala)

- Dimensiones: 1 m de largo $\times$ 0.5 m de ancho $\times$ 0.4 m de alto.
- Capacidad: 1–2 kg de lombrices (aproximadamente 1,000–2,000 individuos).
- Producción mensual: 10–15 kg de humus.

Figura 2. *Lombricario convencional*



Fuente: *Milanés et al. (2005).*

2.2.1.2 Lombricario semi-industrial (mediana escala)

- Dimensiones: 2 m $\times$ 1 m $\times$ 0.5 m (en módulos escalables).
- Capacidad: 5–10 kg de lombrices (5,000–10,000 individuos).
- Producción mensual: 50–100 kg de humus (Jiménez-Roa & Morales-Jiménez, 2021).

Figura 3. *Lombricario semi-industrial*



Fuente: *Milanés et al. (2005).*

2.2.1.3 Lombricario industrial (gran escala)

- Camas o lechos de 10–20 m de largo × 1.5 m de ancho.
- Sistema de riego por goteo y ventilación forzada.
- Producción mensual: 500–1,000 kg de humus.

Figura 4. *Lombricario Industrial*



Fuente: *Milanés et al. (2005).*

2.2.2 Materiales de Construcción del Lombricario

Según La construcción del lombricario debe considerar materiales funcionales, duraderos y adaptables, como madera tratada, bloques, ladrillos o plásticos reciclados, que permitan una contención segura del sustrato (Paco et al., 2011). La base con malla sombra o geotextil facilita el drenaje y evita fugas. Una tapa de lona, madera perforada o plástico conserva la humedad y protege de depredadores (Salinas-Vásquez et al., 2014). El sustrato inicial, con estiércol descompuesto y residuos vegetales, crea un ambiente nutritivo, mientras que el riego controlado mantiene la humedad entre 60 % y 80 %, condición esencial para la actividad biológica de las lombrices:

Tabla 5. *Materiales Recomendados para la construcción de la cama del lombricario*

Componente	Materiales Recomendados	Función
Estructura	Madera tratada, plástico reciclado (tarrinas o cajones), bloques de cemento, ladrillos.	Contener el sustrato y lombrices.
Base	Malla sombra o geotextil (para drenaje).	Evitar fugas de lombrices y permitir salida de lixiviado.
Tapa	Lona, madera con agujeros o plástico perforado.	Proteger de depredadores (aves, roedores) y mantener humedad.
Sustrato inicial	Estiércol bovino/caprino descompuesto (2–3 semanas), restos vegetales, cáscaras de frutas, fibra de coco.	Alimento y hábitat para lombrices.
Sistema de riego	Regadera o manguera con boquilla fina.	Mantener humedad (60–80%).

Fuente: Morales Rodríguez (2000)

Tabla 6. Condiciones óptimas para el Lombricario

Parámetro	Rango Ideal	Importancia
Temperatura	15–25 °C	Temperaturas extremas (>30 °C o <10 °C) reducen actividad o causan mortalidad.
Humedad	60–80 %	Menos del 60% deshidrata lombrices; más del 80% genera anaerobiosis.
pH	6,5–7,5 (neutro)	pH ácido (<6) o alcalino (>8) afecta reproducción y descomposición.
Ventilación	Aireación constante	Evita malos olores por falta de oxígeno.
Alimentación	Residuos orgánicos triturados (no cítricos, carne ni lácteos).	Acelera el compostaje y evita fermentación no deseada.

Fuente: Paco et al., (2011)

2.2.3 Mantenimiento del Lombricario

- Alimentación: Añadir residuos orgánicos cada 7–10 días, cubriéndolos con una capa de sustrato para evitar plagas (Chávez et al., 2019).
- Riego: Agua libre de cloro (reposada 24 horas) para mantener humedad.
- Cosecha de humus: Cada 3–4 meses, separando las lombrices manualmente o mediante el método de "migración guiada" (colocar nuevo alimento en un extremo para que las lombrices se trasladen).
- Protección: Ubicar en sombra parcial (bajo árboles o techo) para evitar calor excesivo (Suquilanda, 2003).

2.2.4 Beneficios del Lombricario

- Económico: Reduce costos en fertilizantes químicos.
- Ambiental: Recicla hasta el 70% de los residuos orgánicos del hogar o finca (Leyva-Rodríguez et al., 2024).
- Agronómico: Mejora la retención de agua y nutrientes en suelos degradados.

2.3 Sustratos para la alimentación de las lombrices

La eficiencia del lombricario depende directamente de la calidad y composición del sustrato empleado (Leyva-Rodríguez et al., 2024).. En lombricultura, los sustratos no solo proporcionan alimento a las lombrices, sino que también influyen en las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del sistema (*Dimas et al., 2008a*). La correcta selección y mezcla de sustratos permite mantener la salud del ecosistema vermicompostador, favoreciendo la reproducción de las lombrices y optimizando la producción de humus (Rincones et al., 2023).

2.3.1 Principales sustratos orgánicos

En esta propuesta de investigación aplicada se trabajará con una combinación de sustratos de origen animal y vegetal. A continuación, se detallan sus características:

A. Gallinaza

Es el estiércol de gallinas ponedoras, tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, pero debe usarse con precaución debido a su alta concentración de compuestos amoniacales (Salinas-Vásquez et al., 2014). Para su uso, se recomienda compostarla previamente durante 10 a 15 días, a fin de estabilizar su temperatura y evitar efectos tóxicos sobre las lombrices (Rincones et al., 2023).

B. Pollinaza

Se refiere al estiércol de pollos de engorde, mezclado con viruta de madera u otros materiales usados en el galpón. Posee una alta carga orgánica y puede incrementar la temperatura del sustrato si no se estabiliza antes. Es recomendable su uso en pequeñas proporciones, como parte de una mezcla balanceada (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025).

C. Estiércol vacuno seco

Es uno de los sustratos más seguros y estables. Proporciona materia orgánica

parcialmente digerida, rica en microorganismos benéficos. Ideal como base para el sustrato inicial del lombricario (Salinas-Vásquez et al., 2014).

d) Residuos del mercado

Incluyen restos de frutas, verduras, cáscaras, y posos de café. Son altamente degradables y favorecen la producción de un humus con buen contenido de nutrientes. Deben evitarse los residuos cítricos o aliáceos en grandes cantidades (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025).

Ambos son residuos vegetales aprovechables en el vermicompostaje por su aporte de materia orgánica y nutrientes, siendo la cáscara de plátano de fácil descomposición y rica en potasio, magnesio y azúcares naturales, lo que estimula la actividad microbiana y mejora la calidad del humus, recomendándose trocearla antes de su incorporación para evitar fermentaciones indeseadas y facilitar su degradación, mientras que la cáscara de cacao, aunque presenta una descomposición más lenta, aporta fibra, lignina y compuestos antioxidantes que mejoran (Sánchez & Fernández, 2009).

2.4 Características ideales del sustrato

Los sustratos deben ser seguros, estables y de origen no contaminado

Tabla 7. *Características ideales del sustrato*

Tipo de sustrato	Nutrientes principales	Precauciones de uso	Recomendación de mezcla
Gallinaza	Alto en N, P, K	Composta previa de 10–15 días	10–15 % del total
Pollinaza	Alto en N y materia orgánica	Riesgo de fermentación y calor	Máx. 10 %
Estiércol vacuno	Moderado en N y microorganismos	Debe estar seco y libre de olores fuertes	Hasta 40 %
Residuos Vegetales	Fibras, celulosa, azúcares	Evitar aceites y condimentos	25–30 %

Fuente: Paco et al., (2011)

La estructura del sustrato y favorecen su aireación, siendo aconsejable mezclarla con materiales más húmedos y ricos en nitrógeno para mantener un equilibrio adecuado en la relación carbono-nitrógeno del sistema (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025).

Tabla 8. *Cuadro comparativo de aporte de los sustratos*

Material orgánico	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Materia Orgánica (MO)
-------------------	---------------	--	----------------------------	-----------------------

Gallinaza	2,5 – 3,5 %	2,0 – 2,8 %	1,5 – 2,0 % Máx. 10%	50 – 60 %
Pollinaza	1,5 – 2,5 %	1,0 – 1,8 %	1,0 – 1,5 %	40 – 50 %
Estiércol vacuno	0,5 – 1,5 %	0,3 – 0,8 %	0,5 – 1,2 %	30 – 45 %
Residuos vegetales	0,4 – 1,2 %	0,1 – 0,5 %	0,5 – 1,5 %	35 – 55 %

Fuente: Salinas-Vásquez et al., (2014)

2.5 Relación carbono-nitrógeno (C/N) y acondicionamiento

El equilibrio entre materiales ricos en nitrógeno (gallinaza, pollinaza, vegetales verdes) y los ricos en carbono (cartón, paja, restos secos) es fundamental. La relación óptima es de 25:1 a 30:1. Para lograrlo, es necesario mezclar cuidadosamente los materiales y humedecerlos hasta obtener una humedad del 70–80 %. El sustrato debe reposar entre 3 y 5 días antes de introducir las lombrices, permitiendo así estabilizar la temperatura y los compuestos volátiles (Gamarra Lezcano et al., 2018)

La inclusión de gallinaza y pollinaza puede mejorar significativamente la calidad del humus resultante, aumentando la concentración de macronutrientes. No obstante, su uso debe ser moderado, ya que un exceso puede elevar el pH o provocar un aumento indeseado de la temperatura, generando estrés o mortalidad en las lombrices (*Eisenia fetida*) (Delgado Arroyo et al., 2019).

2.6 Microorganismos Eficientes (EMAs) en el proceso de compostaje y lombricultura

El uso de Microorganismos Eficientes Activados (EMAs) constituye una herramienta biotecnológica de gran valor en la agricultura sostenible, el compostaje y, recientemente, en la lombricultura (Alarcón Camacho et al., 2019). Estos consorcios microbianos actúan de forma sinérgica para mejorar la descomposición de la materia orgánica, controlar olores, estabilizar pH, incrementar la biodiversidad del sustrato y prevenir la proliferación de patógenos (Calero-Hurtado et al., 2018).

En el contexto de un lombricario educativo, la incorporación de EMAs permite optimizar el proceso de transformación de residuos en humus, mejorando tanto la salud del ecosistema como la calidad del producto final (Chávez et al., 2019). Los EMAs están compuestos por bacterias fotosintéticas, bacterias ácido-lácticas, levaduras, actinomicetos y hongos fermentadores.

Estos microorganismos no han sido modificados genéticamente y se encuentran de forma natural en el ambiente, pero su combinación controlada genera un efecto regenerativo en

su entorno. Se activan a partir de un cultivo madre, mezclado con melaza y agua no clorada, sometido a un proceso de fermentación anaerobia por un período de 7 a 10 días (Calero-Hurtado et al., 2018).

2.7 Aplicación de EMAs en lombricultura

La aplicación de EMAs en lombricultura ha demostrado beneficios significativos en la reducción del tiempo de maduración del humus, la mejora de las características microbiológicas del sustrato y el fortalecimiento del sistema inmunológico de las lombrices (*Eisenia fetida*) (Romero López & Vargas Mato, 2017). Al rociarse sobre los residuos orgánicos o incorporarse al sustrato en pequeñas cantidades, los EMAs aceleran la descomposición, favorecen la digestión de la materia por parte de las lombrices y reducen los gases nocivos como el amoníaco o el ácido sulfhídrico (Moncada Carvajal & Ramírez Arcila, 2024).

Además, su uso contribuye a mantener una flora microbiana estable dentro del lombricario, lo que previene la proliferación de organismos patógenos, hongos filamentosos o bacterias anaerobias dañinas (Chávez et al., 2019). Esto es especialmente importante cuando se emplean sustratos como gallinaza, pollinaza o estiércoles con alta carga biológica, ya que los EMAs estabilizan el entorno y reducen los riesgos sanitarios (Paco et al., 2011).

2.7.1 Preparación y uso de EMAs

Los EMAs se preparan a partir de una solución madre, disponible comercialmente o producida a nivel local mediante la fermentación de arroz, frutas, o suero de leche con azúcar o melaza. La fórmula estándar incluye:

- 1 litro de EM madre
- 1 litro de melaza
- 18 litros de agua no clorada

Esta mezcla se coloca en un recipiente plástico con tapa hermética y se deja fermentar durante una semana en un lugar oscuro y templado. Una vez activados, los EMAs pueden aplicarse diluidos (1:20) directamente sobre los residuos del lombricario, sobre la tierra, o incluso en los sistemas de compostaje complementarios (Chávez et al., 2019).

La aplicación recomendada es de una a dos veces por semana, dependiendo del nivel de residuos y condiciones climáticas. Un uso excesivo puede acidificar el sustrato, por lo que se debe aplicar de forma controlada y monitoreada (Moncada Carvajal & Ramírez Arcila, 2024).

Tabla 9. Cuadro comparativo de a porte agronómico de los principales microorganismos benéficos.

Microorganismo	Nombre común	Aporte principal al suelo o cultivo	Aplicación / uso recomendado
Micorrizas	Hongos micorrízicos (AMF)	Simbiosis con raíces, mejoran la absorción de fósforo y micronutrientes, tolerancia al estrés hídrico.	Inoculación en la semilla o directamente al suelo.
Beauveria bassiana	Hongo entomopatógeno	Control biológico de insectos plaga (como picudos, gusanos, escarabajos).	Aplicación foliar o al suelo; preventiva o curativa.
Actinomicetos	Bacterias filamentosas (Streptomyces spp.)	Producen antibióticos naturales, suprimen hongos patógenos del suelo, descomponen celulosa.	En compost, bioles, o directamente al suelo.

Fuente: Salinas-Vásquez et al., (2014)

2.7.2 Beneficios pedagógicos y ambientales

La incorporación de EMAs en un proyecto de lombricultura escolar no solo mejora los resultados técnicos del proceso, sino que permite a los estudiantes interactuar con un modelo biotecnológico replicable y sostenible (Abreu-Cruz et al., 2018). Desde la perspectiva del aprendizaje activo, el uso de microorganismos eficientes fomenta el pensamiento científico, la experimentación y el desarrollo de competencias investigativas (Rincones et al., 2023).

Asimismo, el trabajo con EMAs introduce a los estudiantes en conceptos clave como el equilibrio microbiológico del suelo, el uso responsable de la biotecnología, y la importancia de las soluciones naturales en la gestión de residuos y la agricultura ecológica (Suquilanda, 2003).

2.8 Especies de lombrices utilizadas en la producción de humus

La lombricultura se basa en el uso de especies de lombrices que poseen una alta capacidad para transformar materia orgánica en humus mediante su proceso digestivo (Chávez et al., 2019). No todas las lombrices son aptas para esta labor; por ello, se utilizan especies específicas que se desarrollan bien en sistemas de cultivo en superficie, poseen elevada tasa de reproducción y se adaptan fácilmente a residuos orgánicos (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

Entre las más utilizadas a nivel mundial se encuentran *Lumbricus rubellus*, *Perionyx excavatus* y *Eisenia fetida*, esta última conocida como lombriz roja californiana y considerada la más eficiente para la producción de vermicompost (Abreu-Cruz et al., 2018).

2.8.1 *Lumbricus rubellus*

Es una especie de lombriz epigea originaria de Europa de color rojo oscuro y cuerpo alargado que habita naturalmente en capas superficiales de suelos ricos en materia orgánica y posee una capacidad moderada de adaptación a ambientes controlados siendo más sensible a las variaciones de temperatura y humedad que otras especies (Soni & Sharma, 2016).

Su ciclo reproductivo es más lento que el de otras lombrices de uso agrícola, pero produce un humus de excelente calidad (Azizi et al., 2013). La especie *Lumbricus rubellus* es utilizada con éxito en regiones templadas, especialmente en procesos de compostaje doméstico, pero su uso comercial está limitado por su menor resistencia al calor y menor velocidad de reproducción en comparación con *Eisenia fetida* (Huerta et al., 2010).

Figura 5. *Lumbricus rubellus* (lombriz roja o lombriz de cabeza roja)



Fuente: Azizi et al. (2013)

2.8.2 *Perionyx excavatus* (lombriz azul india o lombriz de compostaje)

Conocida comúnmente como lombriz azul o india, esta especie tropical es originaria del sur de Asia (Edwards et al., 1998). Su coloración varía entre azulada y púrpura, y presenta un cuerpo delgado y activo. Es muy utilizada en países con climas cálidos, ya que tolera mejor las altas temperaturas y la humedad elevada (Suthar & Singh, 2008).

Figura 6. *Perionyx excavatus*



Fuente: Suthar & Singh, (2008).

Perionyx excavatus se destaca por su rápida tasa de alimentación y reproducción, lo que la hace ideal para procesos intensivos de *Eisenia fetida* de residuos orgánicos. Sin embargo, es más sensible a los cambios bruscos de ambiente y requiere condiciones bien controladas para evitar estrés y mortalidad (Suthar, 2007). Su humus presenta características similares al de otras especies, aunque con mayor contenido de humedad si no se maneja adecuadamente (Edwards et al., 1998).

2.8.3 *Eisenia fetida* (lombriz roja californiana)

La especie *Eisenia fetida*, Comúnmente conocida como lombriz roja californiana es originaria de las zonas templadas de Europa y se ha expandido globalmente debido a su gran capacidad para degradar materia orgánica fue introducida en América con fines de investigación y producción agroecológica y actualmente es la especie más utilizada en sistemas de lombricultura por su adaptabilidad y rendimiento (Jarquín-Campos & Urbina Correa, 2025).

Esta lombriz pertenece al grupo de lombrices epigeas, es decir, que habita en la capa superficial del suelo y se alimenta de materia orgánica en descomposición. Su cuerpo es alargado, de color rojo intenso con franjas claras, mide entre 6 y 12 cm de largo y entre 3 y 5 mm de grosor (Rincones et al., 2023). Una característica relevante es su anillo o clitelo, visible en lombrices sexualmente maduras, el cual participa en el proceso reproductivo (Rincones et al., 2023).

Las condiciones medioambientales óptimas para *Eisenia fetida* oscilan entre los 15 °C y 25 °C de temperatura y una humedad relativa del sustrato de entre 70 % y 85 %. Requiere un pH cercano a la neutralidad (6.5 a 7.5) y un ambiente bien aireado (Salinas-Vásquez et al., 2014b). No tolera temperaturas extremas prolongadas ni encharcamientos, por lo que se recomienda mantener el lombricario en zonas sombreadas, cubiertas o semicubiertas (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

Respecto a su alimentación, esta especie consume diariamente una cantidad de materia orgánica equivalente a su propio peso (Salinas-Vásquez et al., 2014). Su dieta puede incluir residuos vegetales (restos de frutas, verduras, hojas), desechos agroindustriales (bagazo de caña, pulpas), residuos de cultivos, estiércoles animales (bovino, equino, porcino) y subproductos pecuarios como gallinaza y pollinaza previamente estabilizados. Estas excretas, ricas en nitrógeno, permiten acelerar el proceso de transformación y obtener humus con mayores niveles de nutrientes disponibles (Morales-Rodríguez, 2000).

La lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) presenta un ciclo de vida eficiente y adaptado

al proceso de vermicompostaje. Alcanza su madurez sexual entre las 6 y 8 semanas de vida, momento en el cual empieza a reproducirse de forma hermafrodita, intercambiando espermatozoides con otra lombriz (Jarquín-Campos & Urbina Correa, 2025).

Luego, cada una produce cápsulas o cocones que contienen entre 2 y 20 huevos. En condiciones óptimas de humedad, temperatura (entre 18 °C y 25 °C) y alimentación, las crías emergen en aproximadamente 21 días y el ciclo vuelve a repetirse. Una sola lombriz puede producir hasta 1500 descendientes al año, lo que permite una rápida colonización del lecho de compost (Jaramillo, 2018).

En cuanto a la producción, se estima que un kilogramo de lombrices puede procesar entre 0.5 y 1 kilogramo de residuos orgánicos por día, dependiendo del tipo de sustrato y las condiciones ambientales (Toccalino et al., 2004). Por cada tonelada de residuos orgánicos, *Eisenia fetida* puede generar de 300 a 600 kg de humus de lombriz de alta calidad, lo que representa una eficiencia notable en comparación con otros métodos de compostaje (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

El humus producido es un biofertilizante orgánico con alta carga microbiológica benéfica, rico en macro y micronutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso y zinc (Salinas-Vásquez et al., 2014). Su estructura granular favorece la aireación del suelo, mejora la capacidad de retención de agua y estimula la actividad microbiana del suelo (Jaramillo, 2018).

Además, tiene efectos positivos sobre la germinación de semillas, el desarrollo radicular y el crecimiento de cultivos agrícolas, lo que lo convierte en un insumo valioso en la producción agropecuaria sustentable (Leyva-Rodríguez et al., 2024).

Figura 7. *Eisenia fetida*



Fuente: Leyva-Rodríguez et al., (2024).

Por su alta tasa de reproducción, adaptabilidad a distintos residuos y facilidad de manejo,

Eisenia fetida es considerada la especie más eficiente y rentable para proyectos de lombricultura aplicados a la producción agrícola, pecuaria y agroindustrial (Jaramillo, 2018). En condiciones adecuadas, cada lombriz puede generar entre uno y tres cocones por semana, con un promedio de tres a cinco crías por huevo, lo que permite una rápida multiplicación del sistema productivo (Salazar Murillo et al., 2023).

2.8.4 Lixiviado de lombriz

El lixiviado de lombriz, también conocido como té de lombriz, es un subproducto líquido obtenido durante el proceso de vermicompostaje (Salazar Murillo et al., 2023). Este fluido oscuro y de olor agradable se forma cuando el exceso de humedad atraviesa el lecho de lombrices, arrastrando consigo nutrientes solubles y microorganismos beneficiosos presentes en la materia orgánica descompuesta (Arancon et al., 2012).

A diferencia del humus sólido, el lixiviado puede aplicarse directamente como fertilizante foliar o en riego, actuando como bioestimulante del crecimiento vegetal (Oyege & Balaji Bhaskar, 2025). En cuanto a su composición, el lixiviado presenta niveles moderados de macronutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, además de contener ácidos húmicos, hormonas vegetales naturales (auxinas, giberelinas), enzimas, y una rica microbiota que favorece la salud del suelo y mejora la resistencia de las plantas ante plagas y enfermedades.

La siguiente tabla presenta una comparación entre las propiedades promedio del lixiviado y del humus sólido:

Tabla 10. *Contenido de minerales, materia orgánica y pH de lixiviado y del humus*

Nutriente	Lixiviado de lombriz	Humus sólido
Nitrógeno (N)	0,20 %	1,5 %
Fósforo (P)	0,05 %	0,8 %
Potasio (K)	0,30 %	1,2 %
Materia Orgánica	1,0 %	25,0 %
pH	6,5	7,0

Fuente: Oyege & Balaji Bhaskar (2025).

Como se observa, aunque el humus sólido posee una mayor concentración de nutrientes, el lixiviado resulta útil en sistemas de producción agrícola intensiva por su rápida asimilación, facilidad de aplicación y capacidad de estimular la actividad biológica del suelo (Dimas et al., 2008). Esto lo convierte en un complemento ideal en programas de fertilización orgánica (Abreu-Cruz et al., 2018).

El uso del lixiviado de lombriz se recomienda en viveros, huertos urbanos, cultivos hortícolas y frutales, especialmente durante las etapas de crecimiento vegetativo. Sin embargo, debe aplicarse fresco y diluido en agua (proporción 1:10), ya que su efectividad disminuye con el tiempo si no se conserva adecuadamente (Morales Rodríguez, 2000). Además, se aconseja realizar análisis previos para verificar su carga microbiológica y evitar el uso de lixiviados provenientes de residuos mal estabilizados (Jarquín-Campos & Urbina Correa, 2025).

2.9 Humus de lombriz

El humus de lombriz es un abono orgánico sólido de alta calidad, producto final del proceso de digestión de materia orgánica por parte de lombrices, principalmente de la especie *Eisenia fetida*, conocida como lombriz roja californiana (Terry et al., 2012a). Este biofertilizante es reconocido por su capacidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, actuando como enmienda orgánica y como fuente equilibrada de nutrientes (Dimas et al., 2008).

A nivel físico, el humus mejora la estructura del suelo al aumentar la porosidad, la capacidad de retención de agua y la aireación, factores claves para el desarrollo radicular de las plantas (Abreu-Cruz et al., 2018). Químicamente, contiene macro y micronutrientes esenciales en formas asimilables por las plantas, como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), entre otros. Además, posee una alta carga de materia orgánica estable, ácidos húmicos y fúlvicos que favorecen la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Terry et al., 2012).

En cuanto al aspecto biológico, el humus de lombriz es rico en microorganismos beneficiosos como bacterias fijadoras de nitrógeno, actinomicetos y hongos micorrízicos. Estos contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, mejoran la salud del suelo y aumentan la resistencia de las plantas ante enfermedades (del Pozo et al., 2008). A diferencia de los fertilizantes químicos, el humus no contamina ni acidifica el suelo, por lo que su uso es ideal en sistemas agrícolas sostenibles y en agricultura ecológica (Díaz et al., 2004).

Una característica destacable del humus es su pH neutro o ligeramente alcalino (entre 6.8 y 7.5), lo que lo hace apto para una amplia gama de cultivos (Abreu-Cruz et al., 2018). Asimismo, su producción puede realizarse a pequeña o gran escala, empleando residuos agrícolas, estiércoles, restos vegetales y desechos orgánicos domésticos, lo cual contribuye al reciclaje de nutrientes y a la reducción de residuos sólidos en las zonas rurales (Terry et al., 2012).

La aplicación del humus puede hacerse directamente al suelo o como parte de sustratos

para semilleros, mezclado con otros componentes como fibra de coco o compost. Su uso continuo mejora progresivamente la fertilidad del suelo y permite reducir la dependencia de agroquímicos sintéticos, generando un sistema más rentable, limpio y resiliente (Díaz et al., 2004).

Tabla 11. Contenido de minerales, materia orgánica y ph de lixiviado y del humus

Origen del humus / compost	Nitrógeno (N)	Fósforo (P₂O₅)	Potasio (K₂O)	Materia Orgánica (MO)	pH
A base de gallinaza	2.0 – 2.8 %	1.5 – 2.5 %	1.5 – 2.0 %	40 – 55 %	6.5 – 7.5
A base de pollinaza	1.5 – 2.5 %	1.0 – 2.0 %	1.0 – 1.8 %	35 – 50 %	6.5 – 7.0
A base de estiércol bovino	0.8 – 1.5 %	0.4 – 0.8 %	0.6 – 1.2 %	30 – 45 %	6.0 – 7.0
A base de residuos vegetales	0.5 – 1.2 %	0.2 – 0.6 %	0.6 – 1.5 %	35 – 55 %	6.2 – 7.0

Fuente: Oyege & Balaji Bhaskar (2025).

TRABAJOS RELACIONADOS

Rodríguez-Fernández et al. (2020), evaluaron la eficacia del estiércol ovino parcialmente meteorizado combinado con lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y la productividad del pimiento (*Capsicum annuum* L.) variedad Verano 1, cultivado entre septiembre de 2018 y marzo de 2019 en un suelo pardo sialítico mullido carbonatado del municipio Palma Soriano, Cuba. El estudio utilizó un diseño completamente al azar unifactorial, con cuatro *Eisenia fetidas* y cuatro repeticiones, aplicando adicionalmente 100 mL de lixiviado de humus de lombriz por vía foliar en cada planta. Los resultados demostraron que la combinación de estiércol ovino y lixiviado de humus incrementó de manera significativa el desarrollo vegetativo, la formación de frutos y el rendimiento total del cultivo, evidenciando su viabilidad como alternativa orgánica en la producción intensiva de hortalizas bajo condiciones tropicales.

En la Casa de Cultivos “Santana”, ubicada en el municipio Morón, provincia Ciego de Ávila (Cuba), se llevó a cabo un experimento entre abril y diciembre de 2009 con el objetivo de evaluar la viabilidad de los subproductos de cosecha del plátano (pseudotallos y hojas), combinados con cachaza, como sustratos para la producción de lombricompost mediante el empleo del híbrido rojo californiano (*Eisenia fetida*). Se utilizó un diseño de bloques al azar con tres *Eisenia fetidas* y tres repeticiones, empleando 250 lombrices adultas/m³ en cada unidad experimental. Los sustratos se formularon en tres combinaciones: cachaza 100 %, cachaza + plátano (1:1) y cachaza + plátano (1:2), todos previamente semicompostados para estabilizar la materia orgánica antes de la inoculación de lombrices. El análisis estadístico se realizó con el programa SPSS (versión 2001) mediante una clasificación doble. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre *Eisenia fetidas* en cuanto a las tasas de reproducción, aunque se observó la presencia de todas las fases de desarrollo biológico de *E. fetida* durante el proceso. Se registró un incremento poblacional de 3,7; 5,2 y 5,9 veces respecto al pie de cría inicial en los *Eisenia fetidas* T1, T2 y T3, respectivamente. La mayor conversión a bioabono (32 %) se obtuvo en el *Eisenia fetida* cachaza + plátano (1:1), el cual también presentó el mayor número de lombrices adultas y presencia de cocones. El contenido de materia orgánica (MO) osciló entre 60 % y 72 % en los tres sustratos evaluados, valores que se enmarcan dentro de los parámetros aceptables para un lombricompost de primera calidad (Cuéllar et al., 2012).

En una zona de la llanura amazónica se evaluó el efecto de distintas fuentes alimenticias sobre la composición química del vermicompost producido por *Eisenia fetida*. El estudio se

realizó en la finca “El Mochilo”, perteneciente al Centro Agroforestal y Acuícola “Arapaima”, bajo un diseño de bloques al azar con tres *Eisenia fetidas* y tres repeticiones: T1 (100 % residuos frutales y vegetales), T2 (100 % estiércol de pollo) y T3 (mezcla de 30 % estiércol bovino, 35 % estiércol de pollo y 35 % residuos vegetales). Se evaluaron pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio y relación C/N, aplicando ANOVA y prueba de Duncan ($p < 0,05$). Los *Eisenia fetidas* con mayor proporción de residuos frutales y vegetales (T1 y T3) presentaron contenidos superiores de potasio (1,23 % y 1,20 %), mientras que el estiércol de pollo (T2) mostró mayor fósforo, pH (7,23) y mejor estabilidad del vermicompost. El estudio concluyó que la composición del sustrato influye directamente en la calidad química del humus, siendo los residuos frutales y vegetales los que aportan más potasio, y el estiércol avícola, mayor fósforo y materia orgánica, lo que confirma la viabilidad del uso de mezclas orgánicas locales para producir abonos de alta calidad (Riascos-Vallejos et al., 2022).

El presente trabajo busca resaltar la relevancia de la lombricultura en la agricultura contemporánea, destacando su papel como alternativa sostenible frente al uso intensivo de fertilizantes químicos. A pesar de los avances alcanzados en la producción de abonos sintéticos, adaptados a diversos cultivos y condiciones edafoclimáticas, la producción de abonos orgánicos mediante lombricultura representa una opción ecológica, económica y eficiente para el manejo racional de los suelos agrícolas. La obtención de abono orgánico natural no solo garantiza productos de alta calidad y libres de contaminantes, sino que también reduce los costos de producción y favorece el aprovechamiento de residuos orgánicos, promoviendo sistemas agrícolas más sostenibles. Asimismo, este estudio integra experiencias prácticas relacionadas con la aplicación de técnicas de lombricultura, la evaluación de diferentes especies de lombrices, y la forma en que los resultados obtenidos pueden aplicarse en distintos cultivos y contextos productivos, contribuyendo al fortalecimiento de la agricultura ecológica y a la conservación de los recursos naturales (Heredia et al., 2012).

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 *Eisenia fetidas* de vermicompost estiércol 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. 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).

CAPITULO III

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 Descripción del sistema

Antecedentes

La implementación del lombricario partió de la caracterización y preEisenia fetida de residuos vegetales de mercado (frutas y hortalizas frescas descartadas), con picado previo para homogeneizar tamaño, facilitar la colonización microbiana y ajustar la relación C/N operativa; posteriormente, el material se precompostó brevemente para elevar temperatura y reducir patógenos antes del ingreso de Eisenia fetida, manteniendo humedad 70–80 % y pH cercano a neutral en lechos someros (20–30 cm) para asegurar aireación y evitar lixiviados excesivos. Experiencias latinoamericanas con residuos de mercado muestran viabilidad técnica y reducción de volumen, con mejoras en estabilidad y madurez del vermicompost (tests de respiración y fitotoxicidad), cuando se gestionan cargas semanales y volteos ligeros en la fase termofílica previa al vermicompostaje. En un estudio aplicado con residuos vegetales de plazas se documentó la bioconversión eficiente y la obtención de humus estable, destacando la pertinencia de la lombricultura como ruta de valorización local de biorresiduos urbanos (Panchana & Solorzano, 2023).

La implementación del sistema de lombricultura se efectuó sobre camas previamente acondicionadas, optimizando el espacio mediante la instalación de una estructura metálica de alta resistencia, conformada por tubos y correas galvanizadas que sirvieron de soporte principal (Heredia et al., 2012). Esta base se cubrió con láminas tipo Novacero, cuyo propósito fue proteger el sistema de lombricultura frente a la radiación solar, la humedad y las precipitaciones, garantizando una mayor durabilidad y eficiencia del área de trabajo.

3.2 DISEÑO Y SELECCIÓN DE TECNOLOGÍAS, HERRAMIENTAS O EQUIPOS A IMPLEMENTAR

3.2.1 Ubicación de la propuesta

Latitud: 0°15' S

Longitud: 79°26' O

3.2.2 Metodología de la propuesta

El lombricario se construyó en un área específica de las instalaciones de la Universidad Laica

Eloy Alfaro de Manabí, siguiendo criterios científicos y metodológicos orientados a evaluar el efecto del riego con Microorganismos Eficientes Activados (EMAs) sobre el crecimiento, desarrollo y reproducción de *Eisenia fetida*.

Figura 8. *Área destinada para la construcción del lombricario*



Figura 9. *Instalación del techo metálico del módulo de lombricario*



Figura 10. *Inspección del área y preparación de los módulos de lombricultura*



Figura 11. *Diseño y distribución de las camas de lombricultura con sistema de riego de EMAs*



Figura 12. *Preparación y acondicionamiento de las camas de vermicompostaje*



Figura 13. *Pesado de las lombrices para el lombricario*



3.2.3 Descripción funcional de los componentes

- **El tubo cuadrado galvanizado de 75×20 mm**

Se utilizó como elemento principal en la estructura del lombricario. Su función fue brindar soporte y resistencia al peso del sustrato húmedo, las lombrices y el sistema de riego

con EMAs. Al ser galvanizado, este material presenta una capa protectora contra la corrosión, lo que garantiza durabilidad en ambientes con alta humedad.

- **La correa galvanizada de 80×2 mm**

servió como refuerzo lateral para las camas de cría, asegurando firmeza y evitando deformaciones de la estructura metálica. Su instalación contribuyó a mantener la estabilidad del módulo de vermicompostaje durante las labores de riego y manejo del material orgánico.

El techo Novacero de 0,30×5,00 m fue empleado como cubierta protectora del área de lombricultura. Su propósito fue evitar la exposición directa de las lombrices a la radiación solar y a las lluvias, manteniendo condiciones ambientales óptimas de temperatura y humedad para el desarrollo biológico de *Eisenia fetida* y la acción microbiana de los EMAs.

- **El electrodo ESAB 6011 de 1/8"**

Se utilizó durante el proceso de soldadura para unir los tubos y correas galvanizadas. Este tipo de electrodo garantiza una soldadura fuerte y resistente, permitiendo una estructura firme que soporta el peso y la vibración producida por la manipulación constante del sustrato.

- **El spray de aluminio**

Fue aplicado como recubrimiento sobre las uniones metálicas soldadas, con el fin de protegerlas del óxido y de la humedad ambiental. Este acabado no solo mejora la durabilidad del sistema, sino que también actúa como barrera frente a la corrosión, prolongando la vida útil del lombricario.

- **El disco de corte Norton de 7"**

Fue la herramienta para realizar cortes precisos en los tubos y correas metálicas. Su uso permitió ajustar las dimensiones del material de acuerdo con el diseño de las camas de lombricultura, asegurando uniformidad en la estructura.

- **La varilla Adelca de 12 mm**

Se incorporó como refuerzo estructural, especialmente en los puntos de unión y soporte. También se utilizó para fijar los bordes superiores de las camas y sostener el plástico impermeable que recubre el interior de los módulos, garantizando firmeza y evitando filtraciones.

- **El cemento Rocafuerte**

Fue empleado para elaborar las bases de soporte y el piso donde se asentaron las estructuras del lombricario. Su función principal fue proporcionar una base sólida, nivelada y estable que impida el hundimiento de las camas debido al peso del sustrato y la humedad constante.

- **El ripio chispo de $\frac{3}{4}$ de pulgada (m^3)**

Se utilizó como agregado grueso en la mezcla de hormigón y también como capa de drenaje en la base del sistema. Su estructura granulada mejora la estabilidad del piso y permite el flujo de los lixiviados sin provocar encharcamientos, manteniendo la aireación del sistema.

- **La arena (m^3)**

Complementó la mezcla de hormigón junto con el ripio y el cemento, proporcionando una textura uniforme y compacta. Además, contribuyó a la permeabilidad del suelo bajo las camas, facilitando la regulación de la humedad ambiental.

El tornillo autoperforante de 2" se empleó para la fijación del techo metálico y la unión de elementos secundarios de la estructura. Su diseño autoperforante permitió realizar el montaje de manera eficiente, garantizando firmeza y sellado en las uniones.

- **Correa galvanizada de 60×2 mm**

Se utilizó como elemento de refuerzo en los bordes intermedios de las camas y para sostener las láminas plásticas internas que recubren el sustrato. Su aporte fue esencial para conservar la estabilidad del diseño y evitar la deformación del sistema durante el mantenimiento y la aplicación del riego con EMAs.

3.2.4 Esquema del lombricario



3.2.5 Desglose de gastos

Tabla 12. 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 (25/08/2025)	377,85
Correa galvanizada 80×2	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	189,30
Techo Novacero 0.30×5.00 m	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	759,24
Electrodo ESAB 6011 1/8	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	18,24
Spray aluminio	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	6,73
Disco de corte Norton 7"	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	22,56
Varilla Adelca de 12	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	11,43
Cemento Rocafuerte (saco)	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	30,48
Ripio chispa ¾ (m³)	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	12,38
Arena (m³)	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	8,57
Tornillo autoperforante 2"	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	13,91
Correa galvanizada 60×2	Factura 001-020-00011809 (25/08/2025)	444,84
TOTAL		2 150,00

Desde el punto de vista económico, el costo total de implementación ascendió a USD 2 150,00, distribuidos en cuatro rubros principales. El componente estructural metálico representó la mayor inversión, con USD 1 321,79, correspondiente a tubos, correas, varillas y elementos de refuerzo. En segundo lugar, la cubierta protectora conformada por las láminas Novacero demandó USD 759,24 destinada a preservar el sistema ante los factores climáticos.

Los insumos complementarios y de fijación electrodos, tornillos, discos de corte y spray de aluminio sumaron USD 61,44 mientras que los materiales de obra menor como cemento, ripio y arena representaron USD 30,48.

3.2.6 Cronograma

Tabla 13. 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

Durante la primera fase se desarrollaron las actividades orientadas a la estructuración teórica y metodológica de la investigación, incluyendo la definición del problema, los objetivos y la metodología experimental. Asimismo, se realizó la revisión de antecedentes y trabajos relacionados con el uso de Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) en sistemas de vermicompostaje, estableciendo las bases conceptuales necesarias para la ejecución del estudio. En la segunda fase se ejecutaron las actividades prácticas del estudio, centradas en la implementación del sistema experimental, la aplicación de los EMAs mediante riego y el monitoreo del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana. Finalmente, se llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos, la elaboración de conclusiones y recomendaciones, y la organización de la bibliografía y anexos correspondientes.

Tabla 14. Cronograma de la segunda Fase

Fase 2: 2025 (2)					Primer parcial					Segundo parcial						
Actividades	Sep				Oct				Nov				Dic			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA PROPUESTA	X															
Descripción del sistema		X														
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									X	X						
CONCLUSIONES											X	X				
RECOMENDACIONES													X	X		
BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS															X	X

3.3 Diseño y selección de tecnologías a implementar

La implementación del sistema experimental se llevó a cabo mediante la construcción de camas de lombricultura de 1 m², elaboradas con estructuras metálicas galvanizadas y cubiertas tipo Novacero, que proporcionaron durabilidad, estabilidad estructural y protección frente a la humedad, la radiación solar y las precipitaciones. Este diseño permitió mantener condiciones ambientales óptimas para el crecimiento y desarrollo de *Eisenia fetida*, garantizando un proceso de vermicompostaje controlado y eficiente.

Cada cama fue equipada con un sistema de drenaje inferior, destinado a recolectar el lixiviado generado por la actividad biológica de las lombrices. Este biofertilizante líquido fue almacenado en recipientes estériles, asegurando su pureza, uniformidad y calidad nutritiva para el análisis experimental posterior.

El estudio se estructuró bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro *Eisenia fetidas* y tres repeticiones, totalizando doce unidades experimentales. Los sustratos evaluados correspondieron a materiales orgánicos de origen local, seleccionados por su alto contenido de nutrientes y fácil disponibilidad:

T1: Estiércol bovino 100 %.

T2: Gallinaza 100 %.

T3: Residuos vegetales de cosecha.

T4: Mezcla de estiércol bovino, gallinaza y residuos vegetales.

Estas formulaciones fueron sometidas a precompostaje aeróbico, con el fin de eliminar patógenos, estabilizar la materia orgánica y mejorar la acción sinérgica de los Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs) aplicados por riego. El uso de EMAs favoreció la descomposición microbiana, la mineralización de nutrientes y el equilibrio del pH, promoviendo un ambiente biológicamente activo y estable dentro del lecho.

En la selección de tecnologías se priorizó el uso de materiales resistentes a la humedad y la corrosión, tales como tubos galvanizados, varillas de refuerzo y tornillos autoperforantes. Además, se incorporaron instrumentos de monitoreo ambiental termómetros e higrómetros digitales que permitieron registrar de manera continua la temperatura y la humedad del sustrato, parámetros determinantes para la eficiencia del proceso y la vitalidad de las lombrices.

La integración de estos componentes permitió consolidar un sistema tecnológicamente funcional, sostenible y de bajo costo, orientado a la producción de humus y lixiviado de alta

calidad biológica. Su implementación en la Granja Experimental Río Suma de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, representa un avance significativo en la gestión sostenible de residuos orgánicos, al transformar desechos agropecuarios locales en insumos valiosos para la fertilización ecológica.

Asimismo, esta iniciativa fortalece la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Agropecuaria, contribuye a la reducción del uso de fertilizantes sintéticos y promueve una agricultura más resiliente, económica y ambientalmente responsable. El sistema diseñado constituye una herramienta demostrativa e innovadora que integra el conocimiento técnico con la práctica agroecológica, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y transferencia tecnológica de la institución.

3.4 Plan de implementación

Tabla 15. *Secuencia de instalación e implementación del sistema de lombricultura para la producción de lixiviado de lombriz con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma*

Descripción	Funcionamiento	Imagen
Recepción e inventario de materiales	Se verificó la disponibilidad y el estado de los materiales de construcción (láminas galvanizadas, tubos, correas, varillas y tornillos), así como la calidad de los sustratos orgánicos: estiércol bovino, gallinaza y residuos vegetales.	 <i>Imagen 1: materiales de construcción y sustratos almacenados</i>
Construcción de las camas de lombricultura	Se ensamblaron las camas de 1 m ² con láminas galvanizadas fijadas en estructuras metálicas, reforzadas lateralmente para evitar fugas de lixiviado y asegurar la estabilidad del sistema.	 <i>Imagen 2: fijación lateral de láminas en las camas</i>

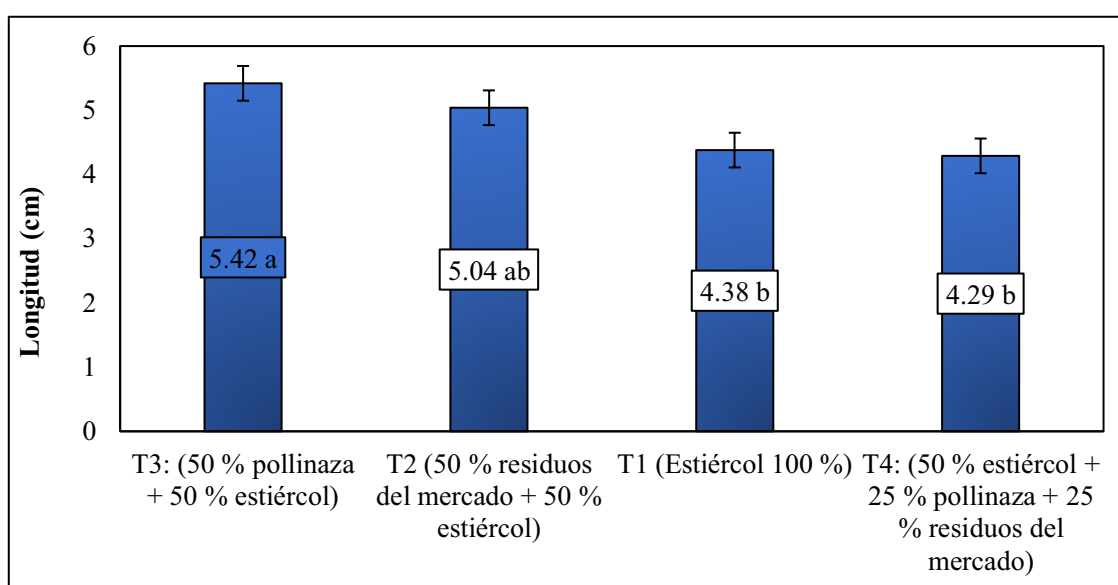
Descripción	Funcionamiento	Imagen
Preparación del sustrato base	El material orgánico preparado se distribuyó de forma uniforme en cada cama, con una altura promedio de 25–30 cm, verificando el funcionamiento del drenaje inferior.	 <i>3: proceso de mezcla y humedecimiento del sustrato</i>
Llenado y nivelación de las camas	Después de estabilizar los sustratos, se introdujeron las lombrices rojas californianas de manera homogénea para iniciar la descomposición de la materia orgánica.	 <i>Imagen 4: llenado de las camas con sustrato orgánico)</i>
Incorporación de <i>Eisenia fetida</i>	Luego de 72 h de estabilización del sustrato inoculado, se introdujeron las lombrices <i>Eisenia fetida</i> distribuidas uniformemente para iniciar el proceso de biotransformación.	 <i>Imagen 6: incorporación manual de lombrices en las camas</i>
Evaluación del crecimiento y desarrollo de las lombrices	El crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana se evaluaron de forma periódica mediante la medición del peso fresco, la longitud corporal y el número total de lombrices por <i>Eisenia fetida</i> .	 <i>Imagen 7: Crecimiento y peso de la lombriz</i>

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.5.1 Longitud corporal de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) bajo riego con EMAs

La longitud corporal de la lombriz roja californiana evidenció diferencias significativas ($p = 0,0145$), registrándose la media más alta en el T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) con 5,42 cm, mientras que la media más baja corresponde al T1 (estiércol al 100 %), con 4,38 cm.

Figura 14. Longitud corporal promedio en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con uso de EMAs como riego



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

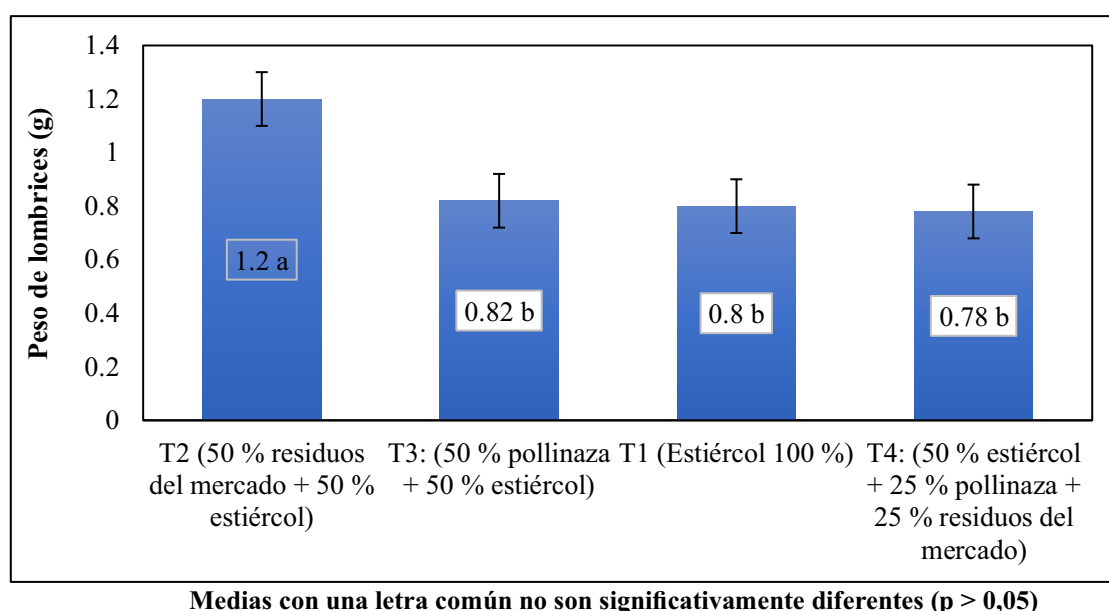
Los resultados obtenidos en la presente investigación demostraron que la longitud de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) fue influenciada significativamente por el tipo de sustrato orgánico aplicado, registrándose diferencias estadísticas entre *Eisenia fetidas*.

Estos hallazgos guardan relación parcial con lo reportado por Aviles-Gómez (2018), quien evaluó el crecimiento de *Eisenia fetida* alimentada con estiércol de bovino, pollinaza y compost en la zona de Babahoyo, donde se evidenciaron diferencias altamente significativas a los 90 y 120 días, con coeficientes de variación bajos (3,34 % y 3,24 %) y promedios generales de longitud de 3,84 cm y 4,33 cm, respectivamente.

3.5.2 Biomasa (peso) de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) bajo riego con EMAs

La biomasa promedio de *Eisenia fetida* presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). El mayor peso promedio por lombriz se registró en el tratamiento T2 (50 % residuos de mercado + 50 % estiércol), con una media de 1,20 g, evidenciando una mejor condición fisiológica y eficiencia en la asimilación del sustrato. En contraste, el menor peso promedio se observó en el tratamiento T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos de mercado), con un valor de 0,78 g, lo que indica un menor desempeño individual de las lombrices bajo esta combinación de sustratos.

Figura 15. Biomasa promedio en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con uso de EMAs como riego



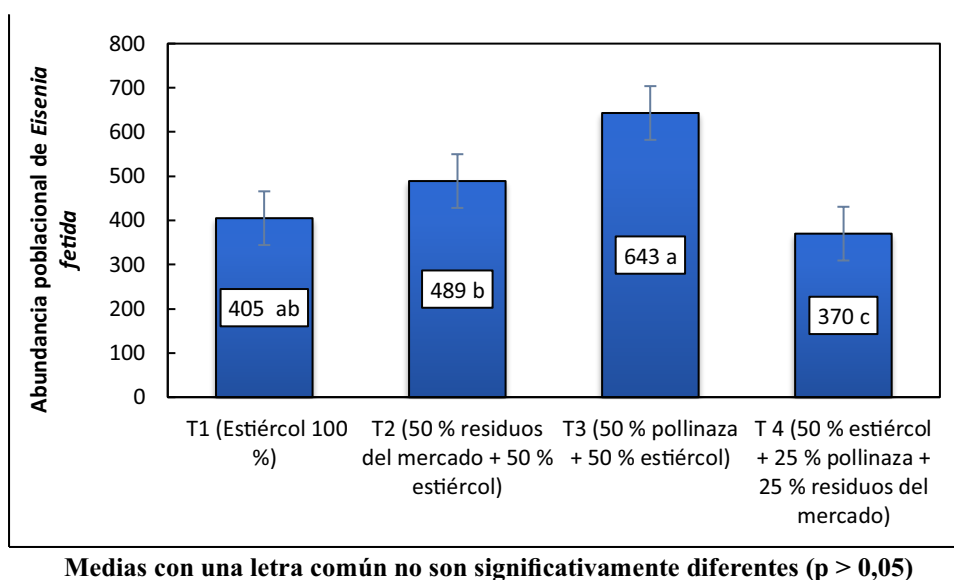
Estos resultados contrastaron con lo reportado por Mendoza et al,(2025), quien evaluó el peso de *Eisenia fetida* a los 90 y 120 días y encontró diferencias significativas al 95 % de probabilidad en ambas evaluaciones. En dicho estudio, el mayor peso promedio se registró en el *Eisenia fetida* compuesto por estiércol de bovino fermentado más compost con estiércol de bovino, alcanzando valores de 1,31 g a los 90 días y 1,32 g a los 120 días, mientras que los menores promedios correspondieron al *Eisenia fetida* con compost y estiércol de pollo, con valores de 1,25 g y 1,27 g, respectivamente.

3.5.3 Abundancia poblacional de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) bajo riego con EMAs

La dinámica poblacional de *Eisenia fetida* presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0,0025$), lo que confirmó la influencia del tipo de sustrato sobre el crecimiento y desarrollo de la especie. El mayor incremento poblacional se registró en el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol), con una abundancia promedio de 643 lombrices·m⁻², valor que evidenció condiciones nutricionales y ambientales más favorables para la reproducción y supervivencia.

En un nivel intermedio se ubicó el tratamiento T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol), con una media de 489 lombrices·m⁻², mientras que el tratamiento T1 (estiércol 100 %) alcanzó 405 lombrices·m⁻². El menor valor poblacional correspondió al tratamiento T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado), con 370 lombrices·m⁻², lo que sugiere una menor eficiencia del sustrato para sostener el crecimiento poblacional durante el período de evaluación.

Figura 16. Abundancia poblacional promedio en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con uso de EMAs como riego



Riascos-Vallejos et al. (2022), evaluaron el crecimiento y reproducción de *Eisenia fetida* en cinco sustratos orgánicos diferentes y reportaron variaciones significativas en el peso promedio de los individuos entre *Eisenia fetidas*, encontrando que el tipo de sustrato influye directamente en la disponibilidad de nutrientes y, por ende, en el desarrollo morfológico de las lombrices llegando a tener hasta 1000 lombrices m⁻². En ese estudio, los sustratos con mayor

contenido de materias orgánicas nutricionales presentaron incrementos en el peso de las lombrices, lo que sugiere que la calidad del alimento y su fácil asimilación permiten un mayor acúmulo de biomasa en el organismo de *E. fetida*.

3.5.4 Dinámica poblacional de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) bajo riego con EMAs

Los resultados evidenciaron que el tipo de sustrato orgánico influyó de manera directa sobre la dinámica poblacional de *Eisenia fetida*. El mayor incremento promedio en el número de lombrices se registró en el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol), el cual pasó de una población inicial de 150 individuos a una población final de 643 lombrices, alcanzando un incremento de 493 individuos, lo que indica una alta disponibilidad de nutrientes y condiciones favorables para la reproducción y supervivencia de la especie. En contraste, el tratamiento T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado) presentó el menor desempeño poblacional, con una población final de apenas 370 lombrices y un incremento promedio de 231 individuos, lo que sugiere un desequilibrio en la composición del sustrato que pudo limitar el desarrollo biológico de las lombrices.

Los tratamientos T2 y T1 mostraron incrementos intermedios, con 326 y 289 lombrices adicionales, respectivamente, confirmando que las mezclas orgánicas con adecuada proporción de materiales nitrogenados favorecen la multiplicación poblacional. En conjunto, estos resultados demuestran que la combinación de pollinaza y estiércol constituye el sustrato más eficiente para potenciar el crecimiento poblacional de *Eisenia fetida* bajo las condiciones evaluadas.

Tabla 16. Media del número de lombrices e incremento poblacional en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con uso de EMAs como riego

<i>Eisenia fetida</i>	Población inicial de lombrices	Población final de lombrices	Incremento promedio (n° de lombrices)
T1 (Estiércol 100 %)	116	405	289
T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol)	163	489	326
T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol)	150	643	493
T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado)	139	370	231

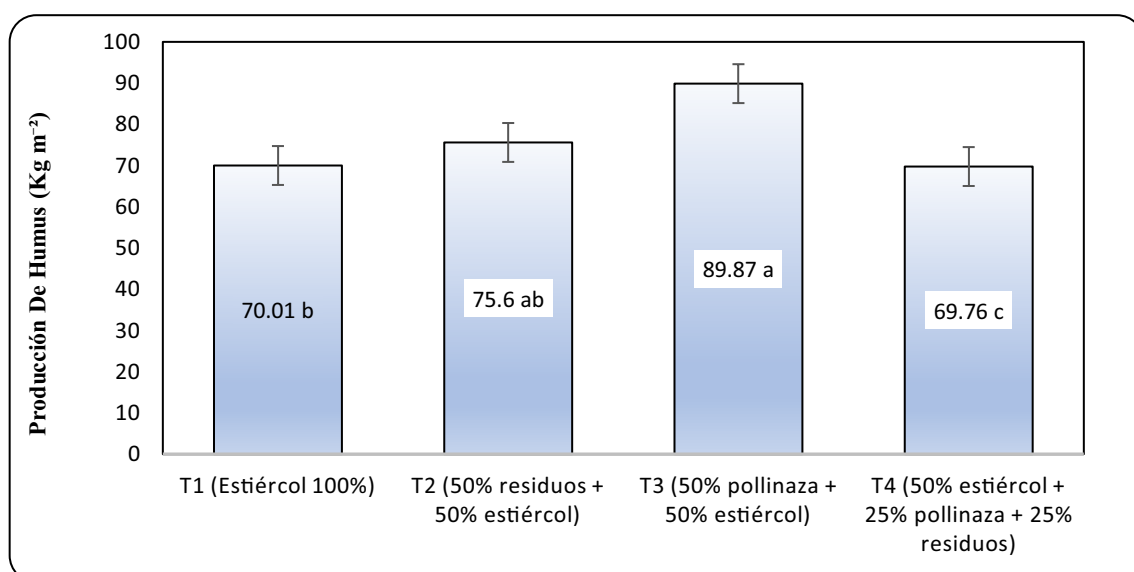
Los residuos vegetales aportaron una fuente diversificada de materia orgánica fácilmente degradable, lo que favoreció la actividad microbiana del sustrato y, en consecuencia, una mayor disponibilidad de nutrientes para las lombrices (Riascos-Vallejos et al., 2022). Este entorno estimuló los procesos fisiológicos asociados al crecimiento y a la reproducción, reflejándose en un mayor aumento del número de individuos al finalizar el experimento (Avilés-Gómez, 2018).

3.5.5 Producción de humus ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) bajo riego con EMAs

La producción de humus por metro cuadrado presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0,0450$), lo que indicó un efecto del tipo de sustrato sobre el rendimiento del vermicompostaje. El tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) alcanzó el valor promedio más alto, con $89,87 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, evidenciando una mayor eficiencia en la transformación del material orgánico y una mejor respuesta biológica de *Eisenia fetida* bajo esta combinación.

En un nivel intermedio se ubicó el tratamiento T2 (50 % residuos del mercado + 50 % estiércol), con una media de $75,60 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$, seguido del tratamiento T1 (estiércol 100 %), que registró $70,01 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$. El menor rendimiento correspondió al tratamiento T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado), con $69,76 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$.

Figura 17. Producción de humus ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con uso de EMAs como riego



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

Paco et al., (2011), quienes evidenciaron que el tipo de sustrato influye de manera determinante en el rendimiento del vermicompost. En dicho estudio, el uso de cartón presentó el menor rendimiento promedio (404 kg), atribuido a su baja disponibilidad de nutrientes y lenta degradación, mientras que los restos de cocina y la pulpa de café alcanzaron los valores más altos (465,83 y 446 kg, respectivamente),

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- La implementación del sistema de lombricultura permitió establecer condiciones adecuadas para el desarrollo de *Eisenia fetida*, garantizando la evaluación confiable de variables productivas y morfológicas bajo diferentes combinaciones de sustratos orgánicos y riego con Microorganismos Eficientes Autóctonos (EMAs).
- El tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol bovino) presentó el mejor desempeño integral del sistema, al registrar el mayor rendimiento de humus ($89,87 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$), la mayor densidad poblacional ($643 \text{ lombrices}\cdot\text{m}^{-2}$) y la mayor longitud corporal promedio (5,42 cm), evidenciando condiciones nutricionales y microbiológicas favorables para el crecimiento y reproducción de la especie.
- Aunque el tratamiento T2 (50 % residuos de mercado + 50 % estiércol) alcanzó la mayor biomasa individual (1,20 g por lombriz), su rendimiento global fue inferior al de T3, lo que indica que la mezcla de pollinaza y estiércol bovino favoreció de manera más equilibrada la productividad y estabilidad poblacional.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el sustrato T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol bovino) en sistemas de lombricultura, debido a su mayor eficiencia en la producción de humus y su adecuada respuesta biológica de *Eisenia fetida*.
- Se sugiere mantener condiciones controladas de humedad, manejo del sustrato y aplicación de microorganismos eficientes activados (EMAs), con el fin de garantizar un desempeño óptimo del proceso de vermicompostaje.
- Se recomienda replicar el sistema implementado a mayor escala y en otros contextos productivos, a fin de validar su aplicabilidad como alternativa sostenible para el manejo de residuos orgánicos y la mejora de la fertilidad del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu Cruz, E., Araujo Camacho, E., Rodríguez Jimenez, S. L., Valdivia Ávila, A. L., Fuentes Alfonso, L., & Pérez Hernández, Y. (2018a). 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. (2018b). 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.
- Alarcón Camacho, J., Recharte Pineda, D. C., Yanqui Díaz, F., Moreno Llacza, M., Montes Yarasca, I., & Buendía Molina, M. A. (2019). Elaboración de un biofertilizante a partir de microorganismos eficientes autóctonos en Perú. *Anales Científicos*, 80(2), 515-522.
- 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.
- Aviles-Gómez. (2018). *Evaluación de varios sustratos orgánicos en el crecimiento de la lombriz roja californiana (Eisenia foetida) alimentadas con estiércol de bovino, pollinaza y compost, en la zona de Babahoyo*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica De Babahoyo]. <https://dspace.utb.edu.ec/server/api/core/bitstreams/271c1ebf-fe9a-4acc-990a-aa773b6d7547/content>
- Azizi, A., Lim, M., Noor, Z., & Abdullah, N. (2013). Vermiremoval of heavy metal in sewage sludge by utilising *Lumbricus rubellus*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 90, 13-20.
- Calero-Hurtado, A., Quintero-Rodríguez, E., Olivera-Viciedo, D., Pérez-Díaz, Y., Castro-Lizazo, I., Jiménez, J., & López-Dávila, E. (2018). Respuesta de dos cultivares de frijol común a la aplicación foliar de microorganismos eficientes. *Cultivos Tropicales*, 39(3),

- 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.
- 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.
- Cuéllar, A. A., Álvarez, J. E., Brito, A. N., Caraballosa, A., Jonhson, J. L., Báez, D. V., & López, P. P. (2012). Producción de humus de lombriz a partir de subproductos de cosecha del plátano (*Musa* spp.) y cachaza. *Centro Agrícola*, 39(1), 41-47.
- del Pozo, Y. M., Alvarez, M. E. D., & León, E. E. V. (2008). Determinación de algunas propiedades físico-mecánicas, químicas y biológicas del humus de lombriz en condiciones de la vaquería de la finca Guayabal, San José de las Lajas, La Habana, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(1), 27-30.
- Delgado Arroyo, M. del M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., Martín Sánchez, J. V., Delgado Arroyo, M. del M., Mendoza López, K. L., González, M. I., Tadeo Lluch, J. L., & Martín Sánchez, J. V. (2019). EVALUACIÓN DEL PROCESO DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS AVÍCOLAS EMPLEANDO DIFERENTES MEZCLAS DE SUSTRATOS. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(4), 965-977. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.15>
- Díaz, L., Medina, L., Latife, J., Digonzelli, P. A., & Sosa, S. (2004). Aclimatación de plantas micropropagadas de caña de azúcar utilizando el humus de lombriz. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 33(2), 115-128.
- 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. (2008a). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 265-272.
- 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. (2008b). Producción de tomate en invernadero

- con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 265-272.
- 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. (2008c). Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(3), 265-272.
- 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., Dominguez, J., & Neuhauser, E. (1998). Growth and reproduction of *Perionyx excavatus* (Perr.)(Megascolecidae) as factors in organic waste management. *Biology and Fertility of Soils*, 27(2), 155-161.
- Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortiz, M., Galeano, M. del P., Cabrera Cardús, A. J. N., Gamarra Lezcano, C. C., Díaz Lezcano, M. I., Vera de Ortiz, M., Galeano, M. del P., & Cabrera Cardús, A. J. N. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(46), 4-26. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i46.134>
- 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=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDS oASAFQAw%3D%3D
- Heredia, R. R. C., Fernández, O. L. R., & Mena, M. E. G. (2012). Producción de humus de lombriz en Cuba, aplicaciones y resultados. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 169.
- Hidalgo, I. V. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. *Recuperado el Noviembre de*, 20(1).
- Huerta, E., Valier, O., Romero, D., & Jarquin, A. (2010). Efecto de tres especies de lombrices en la fertilidad del suelo y el crecimiento inicial del maíz (*Zea mays*). *Acta zoológica mexicana*, 26(SPE2), 219-226.
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario metereológico*. 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 (Eiseniafoetida)*. [Tesis de Grado, Escuela

- Jarquín-Campos, H. M., & Urbina Correa, J. R. (2025). *Capacidad de producción de lombriz roja californiana (Eisenia fetida S.) en condiciones alimenticias, ambientales con luz y oscuridad* [Engineer, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4999/>
- 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).
- 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>
- López, T., Cid, G., González, F., & Herrera, J. (2011). *Modelación de la eficiencia del uso del agua en maíz y frijol en diferentes condiciones de suelos y disponibilidad hídrica*. 1(2).
- 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>
- Mendoza, D. Y. A., Liuba, R. I. C., Andrade, J. J. C., Zorrilla, D. G. S., & Gutiérrez, B. J. C. (2025). Microorganismos como aceleradores en el proceso de pre-compostaje para lombricultura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 5242-5259.
- 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.
- Moncada Carvajal, D. M., & Ramírez Arcila, N. A. (2024). *Evaluar la eficiencia de la aplicación de microorganismos eficientes ME en la descomposición de residuos orgánicos domésticos urbanos del municipio de Andes, Antioquia. 2023.*
- 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.
- Morales Rodríguez, J. A. (2000). *Efecto de la densidad de siembra de lombriz coqueta roja (Eisenia foétida) en bovinasa para la producción de vermicompost* [Tesis de Grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5461/>
- 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.
- Paco, G., Loza-Murguía, M., Mamani, F., & Sainz, H. (2011a). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(2), 24-39.
- Paco, G., Loza-Murguía, M., Mamani, F., & Sainz, H. (2011b). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) durante el composteo y vermicomposteo en predios de la Estación Experimental de la Unidad Académica Campesina Carmen Pampa. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 2(2), 24-39.
- Palomo, J. B. H., López, C. T., Ayala, C. R., Ordaz, A. L., & Uscanga, E. (2016). Eficiencia de uso de agua en Chile en un sistema con déficit de riego y drenaje cero. *Revista Mexicana*

de Ciencias Agrícolas, 17(12), 3623-3632.

- Panchana, M., & Solorzano, M. (2023). *Bioconversión de desechos vegetales de mercados pertenecientes a la red municipal de guayaquil mediante la sinergia de la mosca soldado-negra (Hermetia illucens) y la lombriz californiana (Eisenia foetida)* [Universidad Salesiana]. https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26278/1/UPS-GT004726.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Riascos-Vallejos, A. R., Crespo, G., Guerrero-Guerrero, E. M., Medina-Mesa, Y., Riascos-Vallejos, A. R., Crespo, G., Guerrero-Guerrero, E. M., & Medina-Mesa, Y. (2022). Efecto de la fuente de alimento en la composición química del vermicompost de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 56(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2079-34802022000300008&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- 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 foetida*). *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 López, T. de J., & Vargas Mato, D. (2017). Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. *Ingeniería hidráulica y ambiental*, 38(3), 88-100.
- Salazar Murillo, L., Chacón Villalobos, A., & Herrera Muñoz, J. I. (2023). Crecimiento, eficiencia y composición de tilapia (*Oreochromis aureus*) alimentada con lombriz roja (*Eisenia foetida*). *Nutrición animal tropical*, 17(1), 1-35.
- Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L., & Sepúlveda-Chavera, G. (2014a). 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.
- Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L., & Sepúlveda-Chavera, G. (2014b). 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 (*Lycopersicon esculentum* mill). *Ciencia en*

su PC, 2, 100-114.

- Soni, R., & Sharma, A. (2016). Vermiculture technology: A novel approach in organic farming. *Indian Horticulture Journal*, 6(1), 150-154.
- Suquilanda, M. (2003). Abonos verdes: Alternativa ecológica. Cultivos Controlados. *Revista Agropecuaria Internacional*.(Ecuador) Ed. Flor y Flor, 137.
- Suthar, S. (2007). Nutrient changes and biodynamics of epigeic earthworm *Perionyx excavatus* (Perrier) during recycling of some agriculture wastes. *Bioresource technology*, 98(8), 1608-1614.
- Suthar, S., & Singh, S. (2008). Vermicomposting of domestic waste by using two epigeic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus*). *International Journal of Environmental Science & Technology*, 5(1), 99-106.
- Terry, F. A. J., Peñalver, D. A., López, M. R., Peralta, M. P., Cárdenas, M. L. O., Corona, M. P., & López, R. C. (2012a). Uso de humus de lombriz en la formulación de sustratos para la aclimatización de cultivos tropicales. *Centro agrícola*, 39(3), 37-44.
- Terry, F. A. J., Peñalver, D. A., López, M. R., Peralta, M. P., Cárdenas, M. L. O., Corona, M. P., & López, R. C. (2012b). Uso de humus de lombriz en la formulación de sustratos para la aclimatización de cultivos tropicales. *Centro agrícola*, 39(3), 37-44.
- Toccalino, P. A., Agüero, M. C., Serebrinsky, C. A., & Roux, J. P. (2004). Comportamiento reproductivo de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) según estación del año y tipo de alimentación. *Revista Veterinaria*, 2004, vol. 15, no. 2, p. 65-69., 15(2), 65-69.
- 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.
- 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 del peso en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida) con uso de EMAs como riego*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,36	3	0,12	2,67	0,0186
Tratamiento	0,36	3	0,12	2,67	0,0186
Error	0,36	8	0,04		
Total	0,72	11			

Anexo 2. *Análisis en la varianza de la variable longitud en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida) con uso de EMAs como riego*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,52	3	3,51	3,92	0,0145
Tratamiento	10,52	3	3,51	3,92	0,0145
Error	39,36	44	0,89		
Total	49,87	47			

Anexo 3. *Análisis en la varianza de la variable Abundancia poblacional en la evaluación del crecimiento y desarrollo de la lombriz roja californiana (Eisenia fetida) con uso de EMAs como riego*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3622,67	3	1207,56	0,49	0,0001
Tratamiento	3622,67	3	1207,56	0,49	0,0025
Error	19908	8	2488,5		
Total	23530,67	11			

Anexo 4. *Construcción de un lombricario*



Anexo 5. *Preparación de los módulos de lombricultura*



Anexo 6. *Preparación y acondicionamiento de las camas*



Anexo 7. *Proceso de mezcla y humedecimiento del sustrato*



Anexo 8. *Agrupación de lombrices rojas californianas (*Eisenia fetida*) sobre sustrato orgánico durante el muestreo*



Anexo 9. *Vista general del lombricario experimental bajo cubierta, destinado al manejo y evaluación de lombriz roja californiana*



Anexo 10. *Medición de la longitud corporal de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) mediante regla milimetrada*



Anexo 11. Certificado de similitud

