



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

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



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN


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

**“Producción de humus de Lombriz con sustratos orgánicos de la Granja
Experimental Río Suma”**

AUTOR: Bryan Alexander Baque Reyes

TUTOR: Ing. Marco Vinicio De La Cruz, MSc

El Carmen, 29 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 75

CERTIFICACIÓN

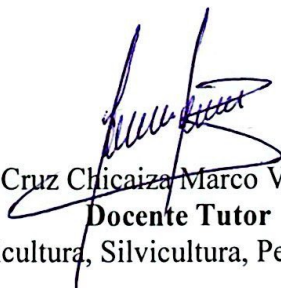
En calidad de docente tutor de la Extensión El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

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

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad 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 EN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

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

AUTOR: Bryan Alexander Baque Reyes

TUTOR: De la Cruz Chicaiza Marco Vinicio MSc.

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

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

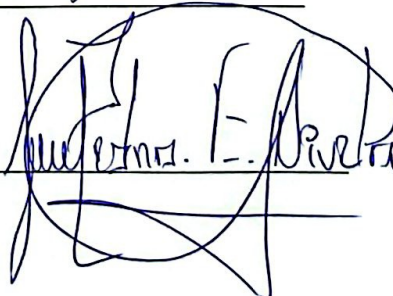
Ing. Tacuri Troya Elizabeth Telly



Ing. Cobeña Loor Nexar Vismar, Mg



Ing. Nivelá Morante Pedro Eduardo, Mg



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, **Bryan Alexander Baque Reyes**, con cédula de ciudadanía 1004641336, estudiante de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen, de la Carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que las opiniones, criterios y resultados encontrados en las aplicaciones de los diferentes instrumentos de investigación que están resumidos en las recomendaciones con el tema “**Producción de humus con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma**”, son información exclusiva de su autora, apoyados por el criterio de profesionales de diferentes indoles, presentados en la bibliografía que fundamenta este trabajo; al mismo tiempo declaro que el patrimonio intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión El Carmen.

Atentamente,



Bryan Alexander Baque Reyes

El Carmen, 29 de enero del 2026

DEDICATORIA

El poder decir que pude culminar esta etapa académica me llena de satisfacción y agradecimiento, esto me permite poder dedicar mi trabajo.

A mi mamá, que fue, es y será siempre mi motor de guerra, impulsándome y apoyándome en mi etapa universitaria y en todo lo que eh planteado en mi vida.

Mi papá Javier, siempre apoyándome y aconsejándome que nunca me detenga y enseñarme que con trabajo y humildad las cosas llegan, Gracias Parcerero.

Mi abuelito, que fue mi primer padre y sé que desde el cielo debe estar alegre y acompañándome siempre.

Mi hermana y toda mi familia, que con cada palabra de apoyo han sido parte fundamental en mi proceso estudiantil.

Este trabajo es por ustedes. Los quiero.

Bryan Alexander Baque Reyes

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios, por permitirme llegar hasta aquí, a toda mi familia que me han apoyado en todo momento. A mis dos primos Víctor y Cristhian que en toda esta etapa académica han sido como mis hermanos mayores, les debo tanto. A mi papá Armando, a pesar de la distancia también ha sido un apoyo incondicional para mí.

A mis amigos: Jonathan, Xavi, Roberto, Kelly, Nicolas, Jefferson, Brandon, Guicho, Nayeli. Gracias por demostrar el verdadero significado de amistad. Al Padre Xavi por ser ese gran amigo y aconsejarme siempre.

A mi docente Janet Intriago, que siempre estuvo pendiente de mí a pesar de que ya no era su estudiante. A mi querido Tutor, que me acompañó y con su sabiduría pude culminar este proyecto. A Mishelle Sánchez, gracias por estar desde el momento en que te conocí, por nunca juzgarme y siempre motivarme a que siga adelante, eres una mujer increíble, gracias.

Bryan Alexander Baque Reyes

ÍNDICE DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE TITULACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXO	XIII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
I. CAPITULO	1
1.1 TÍTULO	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	4
1.4 METODOLOGÍA	5
1.4.1 Ubicación del ensayo	5
1.4.2 Caracterización climatológica de la zona	5
1.4.3 Materiales e insumos	6
1.4.4 Métodos	7
1.4.1 Diseño de la investigación	8
1.4.2 Descripción de los tratamientos	8
1.4.3 Análisis estadístico	8
1.4.4 Variables	9
1.4.5 Manejo del ensayo	10
CAPÍTULO II	13
1. MARCO TEÓRICO	13
2.1 Antecedentes de la lombricultura	13
2.2 Lombricario	14
2.3 Sustrato	16
2.4 Bovinaza	17
2.5 Uso de Bovinaza	17
2.6 Manejo de la bovinaza para su aplicación agrícola y compostaje	18
2.7 Sustratos de Residuos Orgánicos	19
2.8 Uso de los Residuos Orgánicos	20
2.9 Manejo de residuos orgánicos para su aplicación agrícola y compostaje	20
2.10 Lombrices que producen Humus	20
2.10.1 La <i>Eudrilus eugeniae</i> , (lombriz africana)	21
2.11 <i>La Perionyx excavatus</i> , (lombriz azul o asiática)	22

2.12	<i>Eisenia fetida</i> (Roja californiana)	23
2.13	Origen	23
2.14	Reproducción de la <i>Eisenia fetida</i>	24
2.15	Condiciones medioambientales óptimas	24
2.16	Importancia	25
2.17	Comportamiento y adaptabilidad de la <i>Eisenia fetida</i>	25
2.18	Producción de vermicompost <i>Eisenia fetida</i>	26
2.19	Funciones que destaca la <i>Eisenia fetida</i> (lombriz roja californiana)	26
2.20	Humus de Lombriz	28
2.	ESTADO DEL ARTE	30
	CAPITULO III	31
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA	31
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO	31
3.1.1.	Antecedentes	31
3.2.	Diseño y selección de tecnologías, herramientas o equipos a implementar	31
3.2.1.	Ubicación de la propuesta	31
3.2.2.	Metodología de la propuesta	31
3.2.3.	Descripción funcional de los componentes	37
	• Beneficios sociales	38
	• Ahorro de agua	39
3.2.4.	Esquema del lombricario	39
3.2.5.	Desglose de gastos	40
3.2.6.	Cronograma	41
3.3.	Plan de implementación	42
3.4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.4.1.	Longitud de la lombriz (cm)	43
3.4.2.	Peso (g)	44
3.4.3.	Densidad poblacional de lombrices	45
3.4.4.	Rendimiento (kg)	46
3.4.5.	Análisis químico del humus	46
	CAPÍTULO IV	48
	CONCLUSIONES	48
	RECOMENDACIONES	49
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	XXXV
	ANEXOS	XXXV

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características climatológicas de la localidad.....	5
Tabla 2. Análisis de varianza del experimento.....	8
Tabla 3. Análisis de varianza del experimento.....	9
Tabla 4: Clasificación taxonómica de <i>Eisenia fetida</i>	23
Tabla 5: Composición química promedio del humus de lombriz (<i>Eisenia fetida</i>).....	29
Tabla 6. Desglose de costos de adquisición e implementación de las camas de lombricultura con <i>Eisenia fetida</i>	40
Tabla 7. Cronograma de la Primera Fase	41
Tabla 8. Cronograma de la segunda Fase.....	41
Tabla 9. Análisis químico (NPK) del humus de lombriz obtenido en los tratamientos T1 (estiércol bovino 100 %) y T3 (50 % paja + 50 % estiércol bovino).....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio	5
Figura 2. Muestra una compostera de madera con compartimientos, y un túnel de cultivo ..	15
Figura 3. Lombricario bajo cubierta de forma empírica	15
Figura 4. Proporcionan soporte físico a las plantas, retienen agua y nutrientes, permiten el intercambio gaseoso necesario para el desarrollo de las raíces.....	17
Figura 5. Es materia orgánica en descomposición, compost o abono.....	19
Figura 6. Residuos orgánicos en proceso de compostaje	20
Figura 7. Lombriz africana (<i>Eudrilus eugeniae</i>)	21
Figura 8. Lombriz roja californiana (<i>Eisenia fetida</i>).....	27
Figura 9. Área destinada para la construcción del lombricario.....	32
Figura 10. Aplicación de concreto en bases del lombricario	33
Figura 11. Implementación de estructura del lombricario	33
Figura 12. Instalación del techado del lombricario	33
Figura 13. Finalización del lombricario	34
Figura 14. Colocación de plástico para las camas de lombriz	34
Figura 15. Adquisición de pollinaza para alimento de lombrices	34
Figura 16. Recolección de estiércol bovino para alimento de lombrices.....	35
Figura 17. Recolección de lombrices para los tratamientos.....	35
Figura 18. Pesado de lombrices para cada tratamiento	35
Figura 19. Medición de lombrices.....	36
Figura 20. Colocación de primera capa de materia orgánica	36
Figura 21. Asignación de lombrices en camas	36
Figura 22. Aglomeración de sustratos orgánicos con las lombrices	37
Figura 23. Suministrando residuos vegetales a las lombrices.....	37

Figura 24. Esquema de la implementación del lombricario.....	39
Figura 25. Longitud promedio de las lombrices (<i>Eisenia fetida</i>) en la evaluación de la producción de humus con sustrato orgánico en la graja experimental rio suma.....	43
Figura 26. <i>Peso (g) promedio de las lombrices (Eisenia fetida) en la evaluación de la producción de humus con sustrato orgánico en la graja experimental rio suma.....</i>	44
Figura 27. <i>Dinámica poblacional m⁻² promedio de las lombrices (Eisenia fetida) en la evaluación de la producción de humus con sustrato orgánico en la graja experimental rio suma.....</i>	45
Figura 28. <i>Rendimiento kg promedio de las lombrices (Eisenia fetida) en la evaluación de la producción de humus con sustrato orgánico en la graja experimental rio suma.....</i>	46

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1. <i>Análisis en la varianza de la variable del peso en la producción de humus con sustratos orgánicos de la granja experimental Río Suma</i>	XXXV
Anexo 2. <i>Análisis en la varianza de la variable del longitud (cm) en la producción de humus con sustratos orgánicos de la granja experimental Río Suma</i>	XXXV
Anexo 3. <i>Análisis en la varianza de la variable densidad poblacional en la producción de humus con sustratos orgánicos de la granja experimental Río Suma</i>	XXXV
Anexo 4. <i>Acta de entrega</i>	XXXV
Anexo 5. <i>Resultados de los análisis físico-químicos del humus de lombriz obtenido a partir de sustratos orgánicos en la Granja Experimental Río Suma</i>	XXXVI
Anexo 6. <i>Pesaje de lombrices (Eisenia fetida) durante la evaluación productiva del humus obtenido con sustratos orgánicos en la Granja Experimental Río Suma.</i>	XXXVII
Anexo 7. <i>Medición biométrica de lombrices (longitud corporal) en el proceso de producción de humus con sustratos orgánicos en la Granja Experimental Río Suma.</i>	XXXVII
Anexo 8. <i>Toma de muestra para el análisis de suelo</i>	XXXVIII
Anexo 9. <i>Certificado de copilatio</i>	XXXIX

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos en el crecimiento poblacional de *Eisenia fetida* y en la producción y calidad del humus, en la Granja Experimental Río Suma. Se aplicó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos. El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental con cuatro tratamientos: T1 (bovinaza al 100 %), T2 (50 % residuos del mercado + 50 % bovinaza), T3 (50 % pollinaza + 50 % bovinaza) y T4 (50 % bovinaza + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado), con cuatro repeticiones por tratamiento. Se evaluaron variables morfológicas, productivas y químicas, incluyendo longitud, peso, densidad poblacional, rendimiento de humus y contenido de macronutrientes (NPK). Los resultados evidenciaron que el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % bovinaza) presentó el mejor desempeño biológico y productivo, registrando la mayor longitud promedio de las lombrices (6,42 cm), el mayor peso promedio (1,20 g), la mayor densidad poblacional (707 individuos m⁻²) y el mayor rendimiento de humus (56,09 kg). En cuanto a la calidad química del humus, el tratamiento T1 (estiércol bovino 100 %) presentó los mayores contenidos de nitrógeno (1,8 %), fósforo (1,0 %) y potasio (1,6 %). Se concluyó que la combinación de pollinaza y bovinaza favoreció significativamente la producción de humus, mientras que la bovinaza pura influyó positivamente en la concentración de macronutrientes del producto final.

Palabras clave: Vermicompostaje; lombrices; humus; sustratos; productividad.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of different organic substrates on the population growth of *Eisenia fetida* and on humus production and quality at the Río Suma Experimental Farm. A completely randomized design with four treatments was applied. The experimental study included the following treatments: T1 (100% bovine manure), T2 (50% market residues + 50% manure), T3 (50% poultry manure + 50% manure), and T4 (50% manure + 25% poultry manure + 25% market residues), with three replications per treatment. Morphological, productive, and chemical variables were evaluated, including length, weight, population density, humus yield, and macronutrient content (NPK). The results showed that treatment T3 (50% poultry manure + 50% manure) exhibited the best biological and productive performance, recording the highest average worm length (6.42 cm), the highest average weight (1.20 g), the highest population density (707 individuals m⁻²), and the highest humus yield (56.09 kg). Regarding humus chemical quality, treatment T1 (100% bovine manure) presented the highest concentrations of nitrogen (1.8%), phosphorus (1.0%), and potassium (1.6%). It was concluded that the combination of poultry manure and bovine manure significantly enhanced humus production, while pure bovine manure positively influenced the macronutrient concentration of the final product.

Keywords: Vermicomposting; earthworms; humus; substrates; productivity.

I. CAPITULO

1.1 TÍTULO

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

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la agricultura familiar y los métodos de producción agroecológica han ganado relevancia como opciones sostenibles ante las repercusiones de la agricultura convencional. En este marco, el uso de sustratos orgánicos se ha establecido como una práctica clave para la rehabilitación de suelos, la optimización de la fertilidad y la disminución de la dependencia de insumos químicos, estos sustratos, que derivan de residuos agrícolas, estiércoles y restos vegetales, facilitan el aprovechamiento de recursos locales y reducen el impacto ambiental de la actividad agropecuaria (Molina-Lores et al., 2022).

Uno de los procedimientos más efectivos para convertir estos sustratos en fertilizantes orgánicos de excelente calidad es la lombricultura, una técnica biotecnológica que implica el uso de lombrices, particularmente la especie *Eisenia fetida*, con el fin de descomponer la materia orgánica y generar humus o vermicompost, en Ecuador, múltiples investigaciones y experiencias a pequeña y mediana escala han evidenciado la viabilidad técnica y económica de esta práctica, tanto en áreas rurales como periurbanas (Barbaro et al., 2011).

La adopción de lombricultivos ha ganado importancia en entornos experimentales, comunitarios y educativos, donde se ha comprobado su efectividad como un modelo de producción sostenible, estos sistemas permiten un control del proceso de descomposición, lo que mejora la calidad del humus producido y su integración en los sistemas agrícolas, de acuerdo con investigaciones llevadas a cabo en la Sierra y la Costa del país, la utilización de humus generado a través de la lombricultura ha favorecido el aumento de los rendimientos agrícolas, particularmente en cultivos de hortalizas y frutas (Jiménez-Roa y Morales-Jiménez, 2021).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la provincia de Manabí, el manejo inadecuado de residuos orgánicos provenientes de actividades domésticas, agrícolas y ganaderas ha generado una creciente problemática de

contaminación ambiental, muchos de estos desechos terminan en vertederos a cielo abierto, cuerpos de agua o son incinerados, afectando negativamente la calidad del aire, el suelo y el agua, en varios cantones de Manabí se estima que más del 40% de los residuos sólidos generados son orgánicos, pero apenas una fracción mínima es tratada adecuadamente, esta situación agrava los problemas ambientales y representa una oportunidad desperdiciada para aprovechar dichos residuos como materia prima en procesos como la lombricultura (Sánchez, 2025).

Durante años, uno de los principales desafíos ha sido la eliminación adecuada de los residuos tanto orgánicos como inorgánicos, en la actualidad, el estilo de vida basado en el consumo constante ha intensificado los problemas relacionados con la generación y gestión de desechos, una disposición inadecuada de estos residuos facilita la aparición de fauna nociva.

Lo que incrementa el riesgo de propagación de enfermedades, además, el aumento constante de los residuos sólidos ha generado efectos negativos sobre el medio ambiente, influenciado por el crecimiento poblacional, la industrialización global y los patrones de consumo de la sociedad moderna (Nogales et al., 2014)

La disminución de la fertilidad del suelo es una preocupación clave en la región. Las prácticas agrícolas tradicionales y el uso excesivo de fertilizantes químicos han mermado de manera significativa la presencia de microorganismos beneficiosos, que son fundamentales para preservar la salud del suelo y la productividad agrícola (Jiménez-Roa y Morales-Jiménez, 2021). Los suelos en las áreas agrícolas de Manabí presentan un bajo contenido de materia orgánica y una limitada biodiversidad microbiana, lo que restringe la regeneración natural del suelo, la producción de humus a través de sustratos orgánicos y lombricultura se presenta como una opción viable para restaurar estas condiciones, mejorando la estructura del suelo y aumentando su capacidad para retener nutrientes y agua (Römbke et al., 2016).

Con base en el planteamiento del problema, la pregunta de investigación se formuló de la siguiente manera:

¿Cómo influyen los sustratos orgánicos disponibles en la Granja Experimental Río Suma en la producción y calidad del humus obtenido mediante lombricultura como alternativa para el manejo sostenible de residuos orgánicos y la mejora de la fertilidad del suelo en la provincia de Manabí?

1.3 JUSTIFICACIÓN

En El Carmen, el modelo de agricultura intensiva ha provocado un deterioro progresivo de los suelos agrícolas, principalmente por el uso desmedido de fertilizantes químicos, lo que pone en riesgo la sostenibilidad de los ecosistemas productivos, aunque el país genera una considerable cantidad de residuos orgánicos provenientes de actividades domésticas y agroindustriales, estos no son gestionados eficientemente (Sánchez, 2025).

Lo que genera impactos ambientales y desperdicio de recursos valiosos, frente a esta situación, la lombricultura aparece como una opción factible para transformar sustratos orgánicos como estiércol, restos de cultivos y subproductos agrícolas en humus, un abono natural que mejora la salud del suelo, disminuye la contaminación y fomenta una agricultura más sostenible (Römbke et al., 2016).

La preocupación cada vez mayor por los daños ambientales y la disminución de la fertilidad en los suelos agrícolas ha impulsado la búsqueda de opciones sostenibles que garanticen la productividad sin agotar los recursos naturales, en este sentido, la elaboración de humus de lombriz utilizando sustratos orgánicos se presenta como una alternativa ecológica, rentable y socialmente favorable (Bravo et al., 2018; Contreras-Ramos et al., 2006).

Este abono, obtenido a través de la lombricultura, posee excelentes propiedades que optimizan la estructura del suelo, mejoran su aireación, aumentan la capacidad de retención de agua y favorecen el intercambio de nutrientes, creando condiciones adecuadas para el crecimiento de las plantas (A. A. F. Sánchez & Fernández, 2009).

La lombricultura facilita la conversión de residuos orgánicos en un recurso valioso, promoviendo la economía circular y disminuyendo la cantidad de desechos sólidos generados, así mismo, el establecimiento de sistemas para la producción de humus de lombriz impulsa la creación de pequeños emprendimientos tanto en zonas rurales como urbanas, lo que contribuye a la generación de empleo e ingresos, en particular para aquellas comunidades que enfrentan dificultades para acceder a insumos agrícolas convencionales (Sánchez, 2025).

Esta actividad no solo contribuye a mejorar el rendimiento agrícola, sino que también fomenta el desarrollo de las comunidades locales y fortalece la conciencia ambiental, en consecuencia, promover la utilización de sustratos orgánicos en la elaboración de humus a través de lombrices representa una estrategia completa que enriquece la fertilidad del suelo,

disminuye el impacto ambiental causado por los residuos orgánicos y refuerza los modelos de producción agroecológica sostenibles en el país (Bravo et al., 2018).

Los resultados del presente estudio podrán favorecer directamente a pequeños y medianos productores que buscan incorporar prácticas agroecológicas orientadas a la producción de humus a partir de sustratos orgánicos. En el cantón El Carmen, donde una proporción significativa de la población depende de actividades agrícolas y pecuarias, la implementación de esta alternativa permitirá valorizar los residuos generados en las fincas, mejorar la calidad del suelo y optimizar la productividad de los sistemas de cultivo. Asimismo, esta práctica contribuirá a disminuir los impactos ambientales derivados del manejo inadecuado de desechos orgánicos, promoviendo un modelo de producción más sostenible y económicamente viable.

En base a los problemas antes mencionados se plantea el siguiente trabajo de investigación, titulado: Producción de Humus con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma.

OBJETIVOS

i) Objetivo general

- Evaluar la producción de humus de lombriz mediante la utilización de sustratos orgánicos obtenidos en la Granja Experimental Río Suma.

ii) Objetivos específicos

- Instalar un lombricario para la producción de lombriz en la granja experimental Río Suma
- Cuantificar el rendimiento por metro cuadrado de la producción de humus de lombriz con sustratos orgánicos.
- Realizar químicamente la composición mineral de los sustratos orgánicos.

Hipótesis

Ha: El uso de en sustrato orgánicos, mejorará la producción de humus de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*).

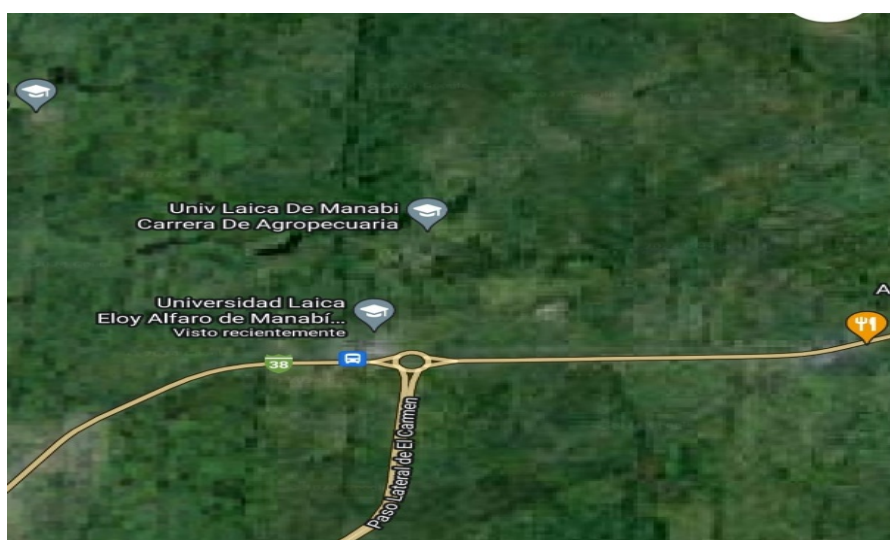
1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Ubicación del ensayo

El estudio se llevará a cabo en la Granja Experimental Río Suma, ubicada en el sector Redondel de la Madre, margen derecho, perteneciente a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en el cantón El Carmen, provincia de Manabí, Ecuador.

El sitio experimental se localiza en las coordenadas UTM X = 9 971 186,5 m; Y = 674 954,3 m, con una altitud aproximada de 258 m s. n. m., y presenta condiciones propias del trópico húmedo, favorables para el desarrollo de procesos biológicos asociados a la lombricultura.

Figura 1. Localización geográfica del área de estudio



Fuente: Google Maps (2025).

1.4.2 Caracterización climatológica de la zona

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

Tabla 1. Características climatológicas de la localidad

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

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

1.4.3 Materiales e insumos

a) Materiales para la construcción del lombricario

- Cemento
- Dura techo (galvanizado)
- Martillo
- Plástico negro
- Tubos galvanizados
- Bloques
- Taladro
- Moladora
- Clavos y tornillos

b) Materiales para la instalación y manejo del lombricario

- regadera
- Machete
- Carretilla
- Pala
- Rastrillo

c) Materiales para el registro y monitoreo de la producción

- Computadora
- Teléfono celular
- Impresora
- Cuaderno
- Esferográficos

d) Insumos biológicos y orgánicos

- Lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*)
- Sustratos orgánicos (Bovinaza, residuos vegetales y gallinaza)

1.4.4 Métodos

a. Método experimental

Este tipo de estudio facilita la identificación de relaciones de causa y efecto entre los diversos sustratos y la efectividad en la generación de humus, proporcionando información empírica que puede ser utilizada para optimizar las prácticas agrícolas sostenibles en la región, así mismo, se sitúa dentro de un enfoque práctico, dado que intenta abordar un problema concreto vinculado a la sostenibilidad agrícola y el uso de residuos orgánicos, fomentando una agricultura ecológica y circular (Altieri & Nicholls, 2010).

b. Método observacional

El método observacional se aplicó para registrar de manera sistemática y directa las variables productivas y biológicas asociadas al proceso de vermicompostaje, sin alterar el desarrollo natural del sistema. Durante el periodo experimental se realizaron evaluaciones periódicas para cuantificar la producción de humus por metro cuadrado, el número de lombrices por metro cuadrado, la longitud corporal promedio de las lombrices y el peso total de lombrices por metro cuadrado (Flores et al., 2013).

Las mediciones se efectuaron mediante muestreos representativos en cada tratamiento, permitiendo describir la dinámica productiva y poblacional de *Eisenia fetida* en función del tipo de sustrato orgánico utilizado. Este método garantizó la obtención de datos confiables bajo condiciones controladas, aportando información clave para el análisis comparativo del rendimiento y eficiencia del sistema de producción de humus (Sletto et al., 2015).

c. Método descriptivo

Este método se utilizó para caracterizar el humus obtenido al finalizar el proceso de vermicompostaje, describiendo sus propiedades productivas y fisicoquímicas. Permitió documentar con precisión las características reales del bioinsumo generado, facilitar la comparación entre tratamientos y establecer criterios técnicos de calidad agronómica, fortaleciendo la aplicabilidad de los resultados (Álvarez & Sierra, 1995).

d. Análisis documental

El análisis documental sustentó teóricamente el estudio, permitiendo definir variables, criterios de calidad del humus y procedimientos metodológicos acordes con la literatura científica y normas técnicas vigentes. Este método aseguró la coherencia del diseño

experimental, la comparabilidad de los resultados y su validez científica para futuras investigaciones y procesos de transferencia tecnológica.

1.4.1 Diseño de la investigación

El ensayo se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA), orientado a evaluar el efecto de diferentes sustratos orgánicos disponibles en la Granja Experimental Río Suma sobre la producción y el desempeño productivo del humus generado por *Eisenia fetida*. Se establecieron cuatro tratamientos, definidos por combinaciones específicas de sustratos orgánicos: T1 (100 % estiércol bovino), T2 (50 % residuos de mercado + 50 % bovino), T3 (50 % pollinza + 50 % bovino) y T4 (50 % bovino + 25 % pollinza + 25 % residuos de mercado).

Cada tratamiento contó con cuatro repeticiones, conformando un total de 12 unidades experimentales, representadas por camas de lombricultura de 1 m². Todas las unidades experimentales se manejaron bajo condiciones homogéneas de humedad, densidad inicial de lombrices, manejo del sustrato y exposición ambiental, con el fin de aislar el efecto del sustrato como principal factor de variación.

1.4.2 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos utilizados fueron:

Tabla 2. *Análisis de varianza del experimento*

Tratamiento	Descripción del sustrato	Repeticiones
T1	Bovino 100 %	3
T2	50 % residuos del mercado + 50 % bovino	3
T3	50 % pollinza + 50 % bovino	3
T4	50 % bovino + 25 % pollinza + 25 % residuos del mercado	3

1.4.3 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó bajo el enfoque de un Diseño Completamente al Azar (DCA), considerando cuatro tratamientos y tres repeticiones por tratamiento. Para cada una de las variables evaluadas producción de humus por metro cuadrado, número de lombrices por metro cuadrado, longitud corporal y peso de lombriz por metro cuadrado se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, con el fin de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los sustratos

orgánicos inoculados con *Trichoderma spp.*, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Previo a la ejecución del ANOVA, se verificaron los supuestos de normalidad de los residuos y homogeneidad de varianzas, asegurando la validez del modelo estadístico.

Cuando el análisis evidenció diferencias significativas entre tratamientos, se procedió a la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey, con el propósito de identificar los tratamientos con mayor y menor respuesta productiva. El procesamiento estadístico de los datos se efectuó utilizando el software InfoStat versión 2022, mientras que la organización tabular y la representación gráfica de los resultados se realizaron en Microsoft Excel, garantizando una presentación clara, estandarizada y reproducible de los efectos de los distintos sustratos orgánicos sobre la producción y calidad del humus de lombriz.

Tabla 3. *Análisis de varianza del experimento*

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

1.4.4 Variables

1.4.4.1 Variable independiente

a) Sustrato orgánico

Se definió como la composición y proporción de los residuos orgánicos disponibles en la Granja Experimental Río Suma utilizados como materia prima en el proceso de lombricultura. Esta variable fue manipulada de forma controlada para evaluar su efecto sobre la producción de humus y el desempeño biológico de *Eisenia fetida*.

1.4.4.2 Variables dependientes

Las variables dependientes correspondieron a los indicadores productivos y biológicos que permitieron cuantificar la eficiencia del proceso de producción de humus:

Producción de humus (kg): Cantidad total de humus obtenida por unidad de superficie al finalizar el periodo experimental.

Número de lombrices (individuos): Densidad poblacional de *Eisenia fetida* registrada en cada cama de lombricultura.

Longitud de la lombriz (cm): Longitud corporal promedio de las lombrices, empleada como indicador del crecimiento y adaptación al sustrato.

Peso de lombriz (g): Biomasa total de lombrices por metro cuadrado, utilizada como indicador del rendimiento biológico del sistema.

Composición química del humus: Evaluación de los parámetros químicos del humus producido.

1.4.5 Manejo del ensayo

A. Selección del sitio

El ensayo se desarrolló en la Granja Experimental Río Suma, en un área aproximada de 300 m², seleccionada por presentar condiciones edafoclimáticas favorables para la lombricultura. El sitio contó con sombra natural, superficie nivelada, drenaje eficiente y protección frente a precipitaciones intensas y radiación solar directa, lo que permitió mantener un microambiente estable para el desarrollo biológico de *Eisenia fetida*.

Para la selección del área se consideraron los siguientes criterios técnicos:

- Condiciones estables de temperatura y humedad ambiental.
- Uso de sustratos orgánicos precompostados o estabilizados, libres de procesos fermentativos activos.
- Ausencia de residuos contaminantes o tóxicos.
- Accesibilidad operativa para el manejo y monitoreo del ensayo.
- Adecuado drenaje y aireación, evitando acumulación de humedad excesiva.

B. Materiales para el lombricario

Para la implementación del lombricario se emplearon tubos galvanizados como soporte estructural del techo, cubiertas de láminas tipo dura-techo, plástico negro para el revestimiento de las camas y malla sombra (sarán) para proteger el sistema del exceso de radiación solar.

Los sustratos orgánicos utilizados fueron bovinza, pollinaza y residuos vegetales, todos obtenidos de la propia Granja Experimental Río Suma y de mercados locales del cantón El Carmen. Se empleó una camada inicial de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) como organismo transformador del material orgánico.

C. Construcción del lombricario

La estructura del lombricario se construyó utilizando tubos galvanizados, seleccionados por su resistencia mecánica y durabilidad en ambientes húmedos. Se optó por camas de cemento, las cuales reducen el ingreso de agentes patógenos externos y facilitan el control sanitario del sistema.

Cada cama constituyó una unidad experimental, con dimensiones estandarizadas de 1 m² de superficie y 40 cm de profundidad, adecuadas para el desarrollo de las lombrices y la descomposición del sustrato. Las camas fueron revestidas internamente con plástico negro, con el fin de evitar filtraciones, pérdidas de material y deterioro estructural, asegurando un ciclo productivo estable.

D. Inoculación de lombrices

Cada unidad experimental fue inoculada con una densidad inicial de 1 kg de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), equivalente a un rango aproximado de 600 a 1 000 individuos adultos por metro cuadrado, según el peso promedio determinado en el lote de cría.

Las lombrices fueron aclimatadas previamente a las condiciones de temperatura y humedad del sustrato y posteriormente distribuidas de manera uniforme sobre el material orgánico precompostado, garantizando un inicio homogéneo y controlado del proceso de vermicompostaje.

E. Preparación del sustrato

Los sustratos orgánicos fueron recolectados de diferentes áreas de la Granja Experimental Río Suma. El estiércol bovino se obtuvo del área de ordeño, mientras que la pollinaza procedió de galpones avícolas independientes. Ambos materiales fueron sometidos a un proceso de precompostaje durante 15 días, con el fin de reducir la carga microbiana patógena y evitar procesos fermentativos perjudiciales.

Los residuos vegetales se recolectaron de mercados del cantón El Carmen y se integraron a los tratamientos según las proporciones establecidas en el diseño experimental.

F. Alimentación y riego

La alimentación de las lombrices se realizó de forma semanal, suministrando a cada unidad experimental el mismo tipo y proporción de sustrato correspondiente a su tratamiento. Esta estrategia permitió mantener una oferta homogénea de nutrientes y fibra orgánica, favoreciendo la eficiencia digestiva de *Eisenia fetida* y la producción uniforme de humus.

El riego se aplicó cada dos días o según la necesidad, manteniendo la humedad del sustrato entre 70 % y 80 %, rango óptimo para la respiración cutánea de las lombrices y la actividad microbiana descomponedora. El control del exceso o déficit hídrico permitió optimizar el proceso de vermicompostaje y preservar el bienestar de los organismos.

G. Toma de datos

Durante el desarrollo del ensayo se realizó un monitoreo periódico de las condiciones ambientales, específicamente temperatura y humedad del sustrato, en cada unidad experimental. Asimismo, se registró el avance del proceso de vermicompostaje y se cuantificó la producción parcial y final de humus, permitiendo evaluar el desempeño productivo de cada tratamiento.

H. Análisis de resultados

Al finalizar el ciclo experimental de 90 días, el humus producido fue recolectado y se tomaron muestras representativas de cada tratamiento para su análisis químico en laboratorio. Se evaluaron parámetros como pH, conductividad eléctrica y contenido de macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio), con el objetivo de determinar la calidad agronómica del humus obtenido.

I. Cosecha de humus

Concluido el ciclo de producción, las lombrices fueron separadas manualmente del material estabilizado. El humus fue secado bajo sombra, tamizado y pesado, permitiendo determinar la producción total por tratamiento y establecer comparaciones cuantitativas entre los diferentes sustratos orgánicos evaluados.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la lombricultura

Este estudio tiene como finalidad informar a la población sobre las técnicas para producir humus de lombriz, mediante una adecuada gestión y reciclaje de residuos orgánicos, transformándolos en humus sólido, de ser una alternativa productiva y con potencial de expansión como negocio, este proceso representa, en el futuro, una vía rápida y eficaz para la recuperación de suelos degradados en zonas rurales, esta tecnología también responde a una problemática ambiental actual: la acumulación desmedida de residuos orgánicos en vertederos y la carencia de materia orgánica en suelos agrícolas, la importancia del reciclaje se vuelve más evidente frente al crecimiento acelerado de las ciudades y la necesidad de reutilizar materiales descartados (Llivicura et al., 2021; Sánchez et al., 2022).

En la producción de humus de lombriz de la lombricultura, estudio realizado por evaluó el uso de residuos orgánicos, incluyendo estiércol de ganado vacuno, como sustratos para la producción de humus mediante lombricultura en la Granja Experimental Río Suma, los resultados indicaron que la combinación de estos residuos favoreció el crecimiento de las lombrices y mejoró la calidad del humus producido (Velásquez y Herrera, 1986).

En la misma graja experimental se llevó a cabo una investigación de aplicación de pollinaza como sustrato en el propagación de plántulas de plátano, evaluando la aplicación de pollinaza como sustrato alternativo en la propagación de plántulas de plátano de exportación, El estudio demostró que el uso de pollinaza contribuyó al desarrollo saludable de las plántulas, sugiriendo su potencial como componente en la producción de humus (Ramos, 2023).

En la elaboración de sustratos para la siembra de plátano se recolectó tierra de montaña y se combinó con aserrín y cal para elaborar sustratos destinados a la siembra de hijuelos de plátano de exportación, este enfoque destacó la importancia de la preparación adecuada de sustratos para optimizar el crecimiento de las plantas y, por ende, la calidad del humus producido (Sletto et al., 2015).

Cando et al. (2024), manifestó la producción de humus mediante la lombricultura utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), a partir de diferentes combinaciones de residuos orgánicos mezclados con estiércol de ganado vacuno, los tratamientos evaluados consistieron en mezclas al 50 % de: cáscara de cacao y estiércol, raquis de plátano y estiércol,

pollinaza y estiércol, residuo de mercado y estiércol, además de un tratamiento control con estiércol de ganado vacuno al 100 %

2.2 Lombricario

El lombricario es el espacio físico diseñado específicamente para el cultivo de lombrices y la producción de humus o vermicompost, su correcto diseño, ubicación y manejo son determinantes para el éxito del proceso de lombricultura, estos sistemas pueden adaptarse a diferentes escalas, desde pequeñas unidades familiares hasta proyectos comunitarios o industriales, y tienen como objetivo principal proporcionar un ambiente óptimo para el desarrollo de las lombrices y la transformación de la materia orgánica (Cando et al., 2024).

El diseño más común consiste en camas rectangulares construidas sobre el suelo, delimitadas con bloques o madera, estas camas deben permitir un buen drenaje y facilitar el acceso para tareas de alimentación, monitoreo y cosecha, es recomendable instalar techos de plástico agrícola, zinc o policarbonato sostenidos por estructuras de tubos galvanizados, los cuales protegen el sistema de condiciones climáticas adversas y prolongan su vida útil (Muraira-Soto et al., 2023).

Durante el compostaje, los microorganismos descomponen y estabilizan la materia orgánica a nivel bioquímico, no obstante, las lombrices de tierra mejoran este proceso al favorecer la aireación, desmenuzar el sustrato y, en consecuencia, incrementar significativamente la actividad microbiana, para llevar a cabo el compostaje con lombrices de forma adecuada, es necesario mantener una temperatura entre 25 y 40 °C, un pH cercano a la neutralidad (entre 6,5 y 8,5) y una humedad elevada, que oscile entre el 60 % y el 80 %, durante un período inicial de 2 a 4 meses (Rincones et al., 2023).

El lombricario posibilita la conversión eficiente de desechos orgánicos como restos de frutas, verduras, estiércol y otros residuos agrícolas en un producto valioso y natural, contribuyendo significativamente a la reducción de la contaminación ambiental y al manejo sostenible de residuos (Alcívar-Cedeño et al., 2016).

El humus generado es un fertilizante natural enriquecido con nutrientes esenciales, microorganismos benéficos, hormonas de crecimiento y materia orgánica estabilizada, que mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Rincones et al., 2023).

La incorporación del humus incrementa la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, favorece el desarrollo radicular y, en consecuencia, promueve un mayor rendimiento

en los cultivos (Muraira-Soto et al., 2023). Los lombricarios pueden variar en tamaño y materiales, desde sistemas caseros hasta instalaciones industriales, el diseño debe asegurar una buena aireación, adecuado drenaje y facilitar la cosecha del humus, optimizando así la productividad (Cando et al., 2024).

Es esencial monitorear la presencia de enfermedades, plagas y posibles contaminantes o sustancias tóxicas en el sustrato para mantener un ambiente saludable para las lombrices (Edwards, 2004). La alimentación debe ser periódica y rotativa para evitar la compactación del sustrato y mantener condiciones óptimas para la actividad biológica de las lombrices (Vergara, 2019).

Figura 2. Muestra una compostera de madera con compartimientos, y un túnel de cultivo



Fuente: tomado de Cando et al. (2024).

Figura 3. Lombricario bajo cubierta de forma empírica



Fuente: tomado de Vergara, (2019).

2.3 Sustrato

El sustrato constituye el medio esencial donde las lombrices, principalmente *Eisenia fetida*

se desarrollan, se alimentan y llevan a cabo la descomposición de la materia orgánica para la obtención de humus de alta calidad, la composición y manejo adecuado del sustrato determinan no solo la salud y reproducción de las lombrices, sino también la eficiencia y el rendimiento del proceso de vermicompostaje (A. A. F. Sánchez & Fernández, 2009). Este es un sustrato equilibrado en nutrientes, con adecuada humedad, pH neutro y buena aireación, es clave para optimizar la transformación de residuos orgánicos en un fertilizante natural, rico en microorganismos benéficos y nutrientes esenciales para la agricultura sostenible (Rodríguez-Fernández, 2017).

Los sustratos orgánicos son materiales naturales utilizados para mejorar las propiedades físicas del suelo, como su estructura, retención de humedad y disponibilidad de nutrientes para las plantas, uno de sus mayores aportes es la capacidad de mejorar suelos erosionados o compactados, al promover la formación de poros y aumentar la capacidad del suelo para almacenar agua (Jarquín-Campos & Urbina Correa, 2025).

De acuerdo con Domínguez y Edwards (2011), el tipo de sustrato utilizado tiene un impacto significativo en la calidad del vermicompost producido. Materiales como estiércol bovino, restos de cosechas, residuos de cocina y hojas secas ofrecen diferentes contenidos de carbono y nitrógeno, lo cual influye en el equilibrio nutricional del compost y en la actividad microbiana del sistema. Una relación C/N adecuada (entre 25:1 y 30:1) es fundamental para lograr una descomposición eficiente sin generar malos olores ni pérdidas de nutrientes (Abreu Cruz et al., 2018).

Asimismo, los sustratos ricos en celulosa o materia vegetal fibrosa aportan una liberación lenta de nutrientes, lo que permite un suministro prolongado para las plantas una vez aplicado el humus. Además, fomentan la biodiversidad microbiana y mejoran la capacidad del suelo para resistir enfermedades y plagas (Alcívar-Cedeño et al., 2016). En este contexto, la selección y combinación de sustratos debe hacerse con base en criterios técnicos, considerando su origen, contenido de humedad, capacidad de retención, y relación C/N, para asegurar una producción eficiente y sostenible de humus (Vergara, 2019).

Por lo tanto, el uso de sustratos orgánicos en la lombricultura no solo aporta al reciclaje de residuos agroindustriales y domésticos, sino que también mejora las condiciones físico-

químicas del suelo y promueve una agricultura regenerativa, adaptada al cambio climático y a los principios de la economía circular (Cando et al., 2024).

Figura 4. *Proporcionan soporte físico a las plantas, retienen agua y nutrientes, permiten el intercambio gaseoso necesario para el desarrollo de las raíces*



Fuente: tomado de Vergara, (2019).

2.4 Bovinaza

La Bovinaza es un subproducto de la ganadería que se utiliza ampliamente como enmienda orgánica en la agricultura, está compuesto por excrementos y orina de bovinos mezclados con material de cama, como paja o aserrín, que aportan materia orgánica y nutrientes esenciales para el suelo, este tipo de abono es reconocido por su capacidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, fomentando un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas (Chávez et al., 2020).

El estiércol de ganado vacuno es uno de los sustratos más utilizados en lombricultura por su alta disponibilidad y su contenido equilibrado de nutrientes, es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, y contiene una buena proporción de materia orgánica parcialmente descompuesta que resulta ideal para la alimentación de lombrices (Maraña-Santacruz et al., 2018).

Este estiércol debe ser precompostado para evitar la presencia de microorganismos patógenos y para estabilizar su temperatura y humedad. Cuando es bien manejado, el estiércol bovino favorece el desarrollo de una población activa de lombrices y produce un humus de excelente calidad estructural y nutricional (Rincones et al., 2023).

2.5 Uso de Bovinaza

La Bovinaza es uno de los sustratos más utilizados en la producción de humus mediante lombricultura, debido a su composición equilibrada de nutrientes y a su textura favorable para

la actividad de las lombrices rojas californianas (*Eisenia fetida*), este material proporciona una fuente estable de alimento para las lombrices, favoreciendo su reproducción y acelerando el proceso de descomposición de la materia orgánica (Chávez et al., 2020).

Antes de ser utilizado en los lombricarios, el estiércol bovino debe pasar por un proceso de precompostaje para reducir la temperatura y la concentración de compuestos amoniacales que pueden resultar tóxicos para las lombrices, este tratamiento inicial también ayuda a disminuir patógenos y semillas de malezas, garantizando un producto final más seguro y de mayor Calidad (Andrade et al., 2025).

La combinación de bovinaza con otros residuos orgánicos, como restos vegetales o residuos de cosecha, puede mejorar las propiedades del sustrato, aportando una diversidad de nutrientes y favoreciendo la biodiversidad microbiana en el vermicompost, esta práctica también optimiza la relación carbono-nitrógeno y mejora la eficiencia del proceso de humificación (Maraña-Santacruz et al., 2018).

El humus obtenido a partir de la bovinaza presenta una alta concentración de microorganismos benéficos, ácidos húmicos y fúlvicos, lo que lo convierte en un excelente biofertilizante para cultivos agrícolas. Su aplicación regular al suelo mejora la estructura, la capacidad de retención de agua y la disponibilidad de nutrientes, contribuyendo a una agricultura más sostenible y productiva (A. A. F. Sánchez & Fernández, 2009).

2.6 Manejo de la bovinaza para su aplicación agrícola y compostaje

El manejo adecuado del estiércol bovino es fundamental para evitar impactos ambientales negativos. Cuando se almacena y aplica de forma descontrolada puede contaminar fuentes hídricas y generar emisiones de gases de efecto invernadero, la implementación de sistemas eficientes, como el compostaje, ayuda a prevenir la escorrentía de nutrientes (nitrógeno y fósforo), a controlar malos olores y a mantener la calidad del agua en zonas agrícolas sensibles (Muraira-Soto et al., 2023).

El compostaje aeróbico de la bovinaza, especialmente cuando se mezcla con enmiendas como zeolitas, permite transformar los desechos en materia orgánica estabilizada con altos niveles de macro y micronutrientes útiles para cultivos agrícolas. Este proceso ayuda a eliminar olores desagradables y reduce la pérdida de nutrientes, logrando un compost más nutritivo y seguro para su aplicación en el campo (Terry et al., 2012).

Para aplicar bovinaza de forma segura en los lotes agrícolas, es importante respetar las condiciones climáticas y el estado del material. Se recomienda aplicarlo durante otoño o invierno, sobre suelo en barbecho y preferiblemente precompostado (Terry et al., 2012). Si se utiliza estiércol sin compostar, es crucial permitir un margen de tiempo antes de la siembra para controlar patógenos y lograr una distribución uniforme del material. Además, la aplicación de estiércol compostado contribuye a reducir costos logísticos y mejora la uniformidad del riego de nutrientes (Jarquín-Campos & Urbina-Correa, 2025).

El compostaje no solo mejora la calidad del estiércol como fertilizante, sino que también representa una solución higiénica y operativa (Terry et al., 2012). Eleva la temperatura de la pila por encima de 50 °C, eliminando bacterias y virus, y permite obtener un material homogéneo y seco, lo que facilita su manejo con maquinaria agrícola. Esto convierte al estiércol compostado en un producto más confiable y eficiente para sistemas hortícolas intensivos (Primicias Rurales, 2025).

Figura 5. *Es materia orgánica en descomposición, compost o abono*



Fuente: Primicias-Rurales, (2025)

2.7 Sustratos de Residuos Orgánicos

Los residuos orgánicos incluyen materiales biodegradables que provienen de fuentes vegetales, animales o mixtas, generados en actividades agrícolas, domésticas, industriales y de servicios (Muraira-Soto et al., 2023). Entre estos se encuentran restos de alimentos, residuos de poda, estiércoles y subproductos agroindustriales, se caracterizan por su alto contenido en carbono, nitrógeno, minerales y materia orgánica, la composición química y física de estos residuos varía considerablemente según su origen, pero generalmente presentan una relación carbono/nitrógeno (C/N) que es crucial para su tasa de descomposición y estabilidad durante

los procesos de tratamiento biológico, como el compostaje o el vermicompostaje (A. A. F. Sánchez & Fernández, 2009).

2.8 Uso de los Residuos Orgánicos

El compost obtenido de materiales orgánicos funciona como una enmienda eficaz para el suelo, optimiza su estructura, permite una mejor retención de agua, ayuda a la aireación y asegura la estabilidad de los nutrientes indispensables para el crecimiento saludable de las plantas, lo que disminuye considerablemente la necesidad de fertilizantes químicos (Bertan et al., 2022).

2.9 Manejo de residuos orgánicos para su aplicación agrícola y compostaje

En la aplicación agrícola, el compostaje y la vermicompostaje son dos de las técnicas más extendidas para transformar residuos orgánicos en insumos de alta calidad (Muraira-Soto et al., 2023). El compostaje aerobio permite la descomposición controlada de la materia orgánica, mientras que el vermicompostaje, mediante la acción de lombrices como *Eisenia fetida*, genera un producto más rico en microorganismos y nutrientes fácilmente asimilables por las plantas (Rincones et al., 2023).

Figura 6. Residuos orgánicos en proceso de compostaje



Fuente: Primicias-Rurales, (2025)

2.10 Lombrices que producen Humus

Las lombrices son organismos esenciales en la producción de humus, ya que transforman la materia orgánica en un abono altamente nutritivo y biológicamente activo, entre las más utilizadas en lombricultura destacan tres especies principales:

2.10.1 La *Eudrilus eugeniae*, (lombriz africana).

La *Eudrilus eugeniae*, comúnmente conocida como lombriz africana, es originaria de África Occidental y ha sido ampliamente utilizada en procesos de vermicompostaje debido a su alta tasa de reproducción y eficiencia en la descomposición de materia orgánica, es de rápido crecimiento y esta especie se adapta bien a climas cálidos y húmedos, lo que la hace ideal para regiones tropicales y subtropicales, su capacidad para consumir grandes cantidades de residuos orgánicos y transformarlos en humus de alta calidad la convierte en una herramienta valiosa para la agricultura sostenible (Aira et al., 2007).

Esta especie presenta un rendimiento óptimo en climas cálidos y húmedos, con temperaturas ideales entre 25 °C y 30 °C, lo que la hace especialmente adecuada para zonas tropicales y subtropicales (Suthar, 2009).

Su principal valor en la agricultura sostenible radica en su capacidad para consumir y transformar grandes volúmenes de residuos orgánicos en humus de alta calidad, un biofertilizante rico en macronutrientes (N, P, K), microorganismos benéficos y sustancias húmicas que mejoran la fertilidad y la estructura del suelo (Domínguez y Edwards, 2011). Diversos estudios han demostrado que *E. eugeniae* acelera el proceso de compostaje al fragmentar y pre-digerir la materia orgánica, lo que facilita la acción microbiana y reduce significativamente el tiempo de obtención del compost (Andrade et al., 2025).

Sus beneficios agronómicos, esta especie representa un recurso con valor económico diversificado: su biomasa puede destinarse a la producción de harina proteica para alimentación animal y acuicultura, mientras que su vermicomposta contribuye a la reducción de desechos orgánicos y a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de su descomposición anaerobia en vertederos (Muraira-Soto et al., 2023).

Entre los beneficios que aporta al compostaje, destacan la aceleración del proceso de descomposición, la producción de vermicomposta rica en nutrientes, y la mejora de la estructura del suelo (Andrade et al., 2025).

Figura 7. *Lombriz africana (Eudrilus eugeniae)*



Fuente: Muraira-Soto et al. (2023).

2.11 *La Perionyx excavatus*, (lombriz azul o asiática)

La *Perionyx excavatus*, conocida como lombriz azul o asiática, es originaria de regiones tropicales del sur y sureste de Asia, posiblemente del área del Himalaya, esta especie ha ganado popularidad en sistemas de vermicompostaje debido a su capacidad para procesar rápidamente residuos orgánicos y producir humus de alta calidad, su adaptación a climas cálidos y húmedos la hace ideal para países tropicales, donde puede ser criada comercialmente para la producción de fertilizantes naturales (Rincones et al., 2023).

Esta especie se desarrolla óptimamente en climas cálidos y húmedos, con un rango de temperatura ideal entre 25 °C y 30 °C, y requiere un nivel de humedad constante para mantener su actividad biológica (Velásquez & Herrera, 1986). A diferencia de *Eisenia fetida*, *P. excavatus* presenta una tasa de reproducción y crecimiento más rápida, alcanzando la madurez sexual en tan solo 4 a 6 semanas, lo que incrementa su potencial de producción en sistemas intensivos (Kale, 2014). Su capacidad de procesamiento de residuos puede superar a otras especies comúnmente utilizadas, lo que la convierte en una opción eficiente para proyectos de compostaje a gran escala (Rincones et al., 2023).

El vermicompost producido por *P. excavatus* se caracteriza por su elevado contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, así como por su riqueza en compuestos húmicos y fúlvicos, lo que mejora la estructura del suelo, aumenta su capacidad de retención de agua y favorece la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Abreu-Cruz et al., 2018).

Su manejo requiere mayor estabilidad en las condiciones ambientales, esta especie es más sensible a variaciones bruscas de temperatura, humedad y pH que *Eisenia fetida* o *Eudrilus eugeniae*, por lo que su crianza demanda un control más cuidadoso, especialmente en climas no tropicales (Rincones et al., 2023).

Entre sus beneficios destacan su alta eficiencia en la descomposición de materia orgánica, su rápida tasa de reproducción y la calidad del vermicompost que genera, rico en nutrientes esenciales para el suelo, además, *Perionyx excavatus* puede procesar mayor cantidad de residuos que otras especies como *Eisenia fetida*, lo que la convierte en una opción favorable para compostaje a gran escala. Sin embargo, requiere condiciones ambientales más estables, lo que implica un manejo más cuidadoso (Velásquez & Herrera, 1986).

2.12 *Eisenia fetida* (Roja californiana)

2.13 Origen

Eisenia fetida, comúnmente llamada lombriz roja californiana, no es originaria de California, como sugiere su nombre, sino de regiones templadas del hemisferio norte, particularmente de Europa Occidental y partes de Asia, donde habita naturalmente suelos ricos en materia orgánica, como bosques húmedos y zonas agrícolas tradicionales, se cree que su distribución global actual se debe principalmente a la actividad humana, a través del comercio agrícola y la introducción intencionada para proyectos de compostaje y lombricultura (Muraira-Soto et al., 2023).

Esta especie pertenece a la familia *Lumbricidae* y ha sido objeto de estudio desde el siglo XIX, cuando se observó su eficacia en la descomposición de residuos orgánicos, a lo largo del siglo XX, su uso se intensificó en California debido a programas de agricultura sostenible y compostaje en la década de 1970, lo que le dio el nombre popular de “roja californiana”, desde entonces, su distribución se ha expandido por todo el mundo, convirtiéndose en la especie más utilizada en sistemas de vermicompostaje tanto a nivel doméstico como industrial (Lugo-Soto et al., 2013).

Tabla 4: Clasificación taxonómica de *Eisenia fetida*

Reino	<i>Animalia</i>
Filo	<i>Annelida</i>
Clase	<i>Clitellata</i>
Subclases	<i>Oligochaeta</i>
Orden	<i>Haplotaxida</i>
Familia	<i>Lumbricidae</i>
Genero	<i>Eisenia</i>
Especie	<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)

Fuente: Lugo-Soto et al., (2013).

El nombre “lombriz californiana” proviene de su crianza intensiva en California durante la década de 1950, cuando se buscaba una especie capaz de transformar residuos orgánicos en compost de alta calidad, a partir de estos esfuerzos, *Eisenia fetida* fue seleccionada por su rápida reproducción, resistencia y eficiencia en la producción de humus, lo que impulsó su uso en la lombricultura comercial, ha sido introducida en múltiples países, adaptándose a diversos climas templados y húmedos (Jarquín-Campos & Urbina Correa, 2025).

Eisenia fetida se encuentra distribuida en todos los continentes, excepto en la Antártida, gracias a su versatilidad y valor ecológico. Su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ambientales y su utilidad en el reciclaje de residuos orgánicos la han convertido en una de las especies más utilizadas en compostaje doméstico, agrícola e industrial, esta expansión global ha sido posible por su origen europeo y su posterior domesticación en América del Norte (Pineda-Insuasti et al., 2017)

2.14 Reproducción de la *Eisenia fetida*

La lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) es un anélido terrestre de carácter hermafrodita que alcanza su madurez reproductiva alrededor de los tres meses de vida y mantiene esta capacidad de forma continua. Su cópula se desarrolla generalmente durante la noche y puede extenderse entre 30 y 240 minutos (Abreu-Cruz et al., 2018). Como resultado del apareamiento, el organismo forma una cápsula u ooteca cada 7 a 10 días, de la cual, tras un periodo de incubación de aproximadamente 14 a 21 días, emergen entre 4 y 20 crías (Terry et al., 2012)

2.15 Condiciones medioambientales óptimas

La *Eisenia fetida* se desarrolla de manera óptima en climas templados, preferiblemente entre 15 °C y 25 °C, aunque puede adaptarse a un rango de 10 °C a 30 °C, temperaturas fuera de este intervalo pueden afectar negativamente su metabolismo y su capacidad de reproducción, además, requiere ambientes con alta humedad en el sustrato, idealmente entre el 70 % y el 85 %, ya que la falta de humedad puede generar estrés e incluso provocar su muerte (Lugo-Soto et al., 2013).

El pH ideal para su crecimiento se encuentra entre 6,0 y 8,0, es decir, desde ligeramente ácido hasta levemente alcalino; valores extremos pueden frenar su desarrollo, también necesita sustratos bien aireados para garantizar un suministro constante de oxígeno, ya que la falta de este gas (anoxia) puede ser letal, en cuanto a su dieta, esta especie es muy versátil y se alimenta

de una gran variedad de residuos orgánicos, como estiércol, restos de alimentos y desechos agrícolas (Michel-Aceves et al., 2008).

2.16 Importancia

El ciclo de vida de *Eisenia fetida* comienza con la producción de cocones, pequeñas cápsulas que contienen entre 2 y 4 embriones. En condiciones óptimas de temperatura (15–25 °C) y humedad, los cocones eclosionan en aproximadamente 21 días, dando lugar a lombrices juveniles que alcanzan la madurez sexual en tan solo 60 días, esta rápida tasa de reproducción permite mantener poblaciones estables y productivas en sistemas de vermicompostaje, lo que la convierte en una especie ideal para el reciclaje de residuos orgánicos (Muraira-Soto et al., 2023).

Una de las principales ventajas de *Eisenia fetida* en el compostaje es su capacidad para acelerar la descomposición de materia orgánica, al vivir en las capas superficiales del suelo, esta lombriz epigea se encuentra en contacto directo con restos de cocina, estiércol y residuos vegetales, los cuales consume y transforma en humus de alta calidad, este proceso libera nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, mejorando la fertilidad del suelo y promoviendo cultivos más saludables (Rincones et al., 2023).

Sus beneficios ecológicos, *Eisenia fetida* desempeña un papel clave en la agricultura sostenible. Su actividad mejora la estructura del suelo, aumenta la retención de agua y reduce la necesidad de fertilizantes químicos, gracias a su versatilidad y resistencia, esta especie ha sido adoptada en todo el mundo como una herramienta biológica para el manejo de residuos y la regeneración de suelos degradados (Muraira-Soto et al., 2023).

2.17 Comportamiento y adaptabilidad de la *Eisenia fetida*

La lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) es una especie epigea, lo que significa que habita en las capas superiores del suelo, especialmente en ambientes ricos en materia orgánica como compost, estiércol y residuos vegetales, a diferencia de otras lombrices que excavan túneles profundos, esta especie prefiere zonas húmedas, bien aireadas y con alta carga orgánica, lo que la convierte en una opción ideal para el vermicompostaje superficial (Muraira-Soto et al., 2023).

Esta lombriz destaca por su notable capacidad de adaptación a diversos entornos, incluyendo espacios reducidos y condiciones ambientales variables, siempre que se mantengan

niveles adecuados de humedad, temperatura y oxigenación. Su comportamiento fotofóbico, es decir, su aversión a la luz, la impulsa a permanecer enterrada bajo la materia orgánica, donde se mantiene activa en la descomposición de residuos, gracias a su resistencia y capacidad reproductiva, puede prosperar en sistemas domésticos, urbanos y controlados, incluso ante leves fluctuaciones térmicas (Maraña-Santacruz et al., 2018).

Además, *Eisenia fetida* posee una alta eficiencia en la conversión de residuos orgánicos en biomasa y vermicompost, lo que la hace económicamente rentable y ecológicamente eficaz., por estas razones, es ampliamente utilizada en proyectos educativos, iniciativas de reciclaje urbano y programas de agricultura sostenible (Durán & Henríquez, 2009).

2.18 Producción de vermicompost *Eisenia fetida*

La producción de vermicompost mediante *Eisenia fetida* es un proceso biológico que aprovecha la capacidad digestiva de esta lombriz para transformar residuos orgánicos en un fertilizante natural de alta calidad, al alimentarse de materia en descomposición, *E. fetida* acelera la fragmentación física y química de los residuos, generando un producto rico en nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, además de compuestos bioactivos que mejoran la salud del suelo (Cando et al., 2024).

Para que el proceso de vermicompostaje sea eficiente, es necesario mantener condiciones ambientales controladas, la temperatura ideal oscila entre 15 °C y 25 °C, con una humedad relativa entre 70 % y 90 %, y un pH cercano a la neutralidad, estas condiciones favorecen la actividad metabólica de las lombrices y de los microorganismos asociados, permitiendo que el proceso de transformación de residuos se complete en un periodo de 45 a 90 días, dependiendo del tipo y cantidad de material procesado (Rincones et al., 2023).

El vermicompost obtenido con *Eisenia fetida* no solo mejora la estructura física del suelo, sino que también incrementa su capacidad de retención de agua y aireación, contiene microorganismos beneficiosos y hormonas vegetales que estimulan el crecimiento radicular y fortalecen la resistencia de las plantas frente a enfermedades, el humus de lombriz es ampliamente utilizado en agricultura orgánica, jardinería y recuperación de suelos degradados (Velásquez & Herrera, 1986).

2.19 Funciones que destaca la *Eisenia fetida* (lombriz roja californiana)

Una de las funciones más importantes de *Eisenia fetida* es la transformación de materia

orgánica en humus estabilizado, a través de la ingestión y digestión de residuos orgánicos, esta lombriz fragmenta físicamente los materiales y activa procesos microbianos que aceleran su descomposición, el vermicompost resultante posee una estructura granulada, rica en nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, además de ácidos húmicos y fúlvicos que mejoran la retención de agua y la aireación del suelo (Dominguez y Edwards., 2011)

Otra función clave es su aporte a la microbiota beneficiosa y la actividad enzimática del sustrato. El tracto digestivo de *E. fetida* alberga comunidades microbianas activas que sintetizan enzimas como celulasas, proteasas y fosfatasa, esenciales para la transformación bioquímica de los residuos. El humus generado no solo contiene una microbiota más diversa que el sustrato original, sino que también presenta propiedades bioestimulantes que favorecen el crecimiento vegetal (Aira et al., 2007).

Además, *Eisenia fetida* destaca por su eficiencia en la reducción de residuos orgánicos. Esta lombriz puede consumir diariamente entre el 60 % y el 100 % de su peso corporal en materia orgánica, lo que permite una disminución significativa del volumen de desechos en poco tiempo. Este proceso se realiza sin generar olores desagradables ni lixiviados tóxicos, lo que la convierte en una herramienta ecológica ideal para el tratamiento de residuos urbanos y agroindustriales (Carbo & Jenny, 2023)

Finalmente, su alta tasa reproductiva y adaptabilidad ecológica hacen de *E. fetida* una especie ideal para sistemas de vermicompostaje escalables. Al alcanzar la madurez sexual entre las 4 y 6 semanas, y producir hasta cinco cocones por semana, cada uno con múltiples crías, esta lombriz puede expandir rápidamente su población en condiciones óptimas. Su prolificidad garantiza la estabilidad del sistema y permite su implementación en diversos contextos, desde proyectos familiares hasta iniciativas comunitarias (Nuñez y Pérez, 2018).

Figura 8. *Lombriz roja californiana (Eisenia fetida)*



Fuente: Lugo-Soto et al., (2013).

2.20 Humus de Lombriz

El humus es una sustancia compuesta por una variedad de compuestos orgánicos de naturaleza coloidal, que se forma a partir de la descomposición de residuos vegetales mediante la acción de organismos y microorganismos beneficiosos, como bacterias y hongos. su característica más notable es su color negro intenso, resultado de su alto contenido de carbono, esta sustancia se encuentra principalmente en la capa superficial de suelos con alta actividad biológica, como los de los ecosistemas forestales (Abreu-Cruz et al., 2018).

La composición y calidad de la lombricomposta dependen del valor nutricional de los desechos que consume la lombriz; por ello, un manejo adecuado de estos residuos para crear una mezcla equilibrada resultará en una lombricomposta de alta calidad, cuanta más diversidad tenga el origen de la composta, mayor será su valor nutritivo, los suelos ricos en humus son más sueltos y menos propensos a la sequía, lo que facilita la absorción inmediata de los nutrientes fertilizantes (Lugo-Soto et al., 2013).

Su pH neutro permite aplicarlo directamente en contacto con las raíces, eliminando completamente el riesgo de choque por trasplante y favoreciendo la germinación de las semillas, además, contiene sustancias fitorreguladores que fortalecen la inmunidad de las plantas, ayudando a controlar la aparición de plagas, además de aportar nutrientes y hormonas vegetales, este humus posee una carga bacteriana significativa que transforma los nutrientes en formas fácilmente asimilables por las plantas (Chávez et al., 2020).

El humus de lombriz es el producto final del proceso de vermicompostaje, en el cual lombrices como *Eisenia fetida* transforman residuos orgánicos en un fertilizante natural altamente nutritivo, este material tiene una textura granulada, color oscuro y olor a tierra húmeda, lo que indica su estabilidad biológica y ausencia de patógenos (Velásquez & Herrera, 1986).

Durante el proceso digestivo, las lombrices fragmentan físicamente los residuos y estimulan la actividad microbiana, lo que acelera la descomposición y genera compuestos húmicos, estos compuestos mejoran la estructura del suelo y facilitan la absorción de nutrientes por las plantas (Muraira-Soto et al., 2023).

El humus producido por *Eisenia fetida* contiene macro y micronutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, además de microorganismos beneficiosos

que promueven el desarrollo radicular y la resistencia a enfermedades (Paco, Loza-Murguía, et al., 2011). Este biofertilizante es considerado uno de los más completos y equilibrados, ya que mejora la capacidad de retención de agua, la aireación del suelo y la actividad biológica, su pH neutro lo hace compatible con una amplia variedad de cultivos (Salinas-Vásquez et al., 2014).

Tabla 5: Composición química promedio del humus de lombriz (*Eisenia fetida*)

Parámetro	Valor Promedio	Unidad
Nitrógeno total (N)	2.1%	Sobre materia seca
Nitrógeno orgánico	1.5%	Forma disponible para las plantas
Carbono orgánico (C)	20%	De origen biológico
Relación C/N	9.5	Ideal para estabilidad biológica
Materia orgánica total	40%	Mejora estructura y retención de agua
Sustancia orgánica extraíble	6%	Porcentaje de la materia orgánica total
Sustancia humificada	10%	De la sustancia orgánica extraíble
Fósforo (P)	0.5–1.2%	Variable según el sustrato
Potasio (K)	0.8–1.5%	Alta disponibilidad
Calcio (Ca)	1.0–2.0%	Mejora la estructura del suelo
Magnesio (Mg)	0.3–0.6%	Micronutriente esencial
pH	7.5	Neutro, compatible con la mayoría de cultivos
Conductividad eléctrica (CE)	1.2–2.5 mS/cm	Indicador de salinidad
Cenizas	30–35%	Indicador de minerales residuales

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

ESTADO DEL ARTE

Diversos estudios han demostrado la eficacia del vermicompost en la mejora de suelos agrícolas. Por ejemplo, (De la Cruz,2023) evaluó la combinación de residuos orgánicos con estiércol vacuno para producir humus con *Eisenia fetida*, concluyendo que esta especie se adapta bien a distintos sustratos y genera humus de calidad uniforme.

El manual técnico de vermicompostaje elaborado por InfoAgrónomo (2024) ofrece una guía práctica para implementar sistemas de compostaje con lombrices, destacando su utilidad en agricultura, horticultura, paisajismo y recuperación de suelos degradados.

En Bolivia, Blanco Villacorta (2023) revisó 99 trabajos sobre vermicompostaje como alternativa para potenciar la agricultura urbana. Su estudio resalta el papel de *Eisenia fetida* en el reciclaje de residuos sólidos y la producción de fertilizantes ecológicos en contextos urbanos.

La Corporación Biológica (2024) desarrolló un manual de vermicompostaje aplicado en espacios educativos, comunitarios y rurales, demostrando que esta técnica puede ser implementada con bajo costo y alto impacto ambiental y social.

Además, investigaciones como las de Carvajal y Mera (2010) han explorado el uso del vermicompost como sustituto de fertilizantes sintéticos en cultivos como la albahaca, evidenciando mejoras en la producción y calidad de las plantas.

CAPITULO III

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO

3.1.1. Antecedentes

Dominguez & Edwards (2011), evaluaron la producción de humus utilizando diferentes sustratos orgánicos mediante lombricultura con *Eisenia fetida*. Los autores demostraron que las mezclas balanceadas de residuos orgánicos incrementaron significativamente la biomasa de lombrices y el rendimiento del humus. Este efecto fue atribuido a una mayor disponibilidad de nutrientes y a una estructura física favorable del sustrato, que optimizó la actividad biológica y la estabilización de la materia orgánica.

Flores-Pincay, (2025), analizaron el desempeño productivo de *Eisenia fetida* alimentada con estiércol bovino y residuos orgánicos mixtos. Los resultados evidenciaron que los sustratos combinados favorecieron la dinámica poblacional y la producción de humus, en comparación con sustratos simples. Los autores concluyeron que la diversidad de materiales orgánicos mejora la eficiencia del proceso de vermicompostaje y la calidad del producto final.

Zhang et al. (2013), estudiaron la valorización de residuos orgánicos agropecuarios mediante vermicompostaje como estrategia de manejo sostenible. Los resultados indicaron que el uso de residuos locales permitió obtener humus con adecuados niveles de nutrientes y buena estabilidad química. El estudio resalta la importancia del vermicompostaje como alternativa ambientalmente viable para la gestión de residuos y la recuperación de la fertilidad del suelo.

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

3.2.1. Ubicación de la propuesta

Latitud: 0°15' S y Longitud: 79°26' O

3.2.2. Metodología de la propuesta

La propuesta se desarrolló mediante la implementación de un sistema de lombricultura orientado a la producción de humus sólido, utilizando sustratos orgánicos disponibles en la Granja Experimental Río Suma. Para ello, se construyeron camas de lombricultura de 1 m², elaboradas con estructuras metálicas galvanizadas y protegidas con cubierta tipo Novacero,

con el fin de garantizar estabilidad estructural, durabilidad y condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo de *Eisenia fetida*.

El sistema experimental se estructuró con cuatro tratamientos y tres repeticiones, conformando un total de doce unidades experimentales. Los tratamientos estuvieron definidos por el tipo de sustrato orgánico utilizado: estiércol bovino, gallinaza, residuos vegetales y una mezcla de estos materiales, previamente sometidos a un proceso de precompostaje para asegurar su estabilización y evitar efectos negativos sobre las lombrices.

Las camas fueron diseñadas con drenaje natural, adecuada aireación y control de humedad, factores clave para favorecer la actividad biológica de las lombrices y la transformación eficiente de la materia orgánica en humus. El manejo del sistema incluyó riego periódico, monitoreo de temperatura y humedad del sustrato, y suministro regular del alimento orgánico según el tratamiento correspondiente.

Para la construcción y funcionamiento del lombricario se priorizó el uso de materiales resistentes a la humedad y corrosión, como tubos galvanizados, láminas metálicas y plásticos protectores, lo que permitió asegurar la funcionalidad del sistema y reducir costos de mantenimiento. Asimismo, se emplearon instrumentos básicos de control ambiental para garantizar condiciones óptimas durante todo el ciclo productivo.

La implementación de este sistema permitió evaluar la producción de humus, el comportamiento poblacional de las lombrices y la calidad química del producto final, generando información técnica aplicable a sistemas agrícolas locales. Esta propuesta constituye una alternativa sostenible para el aprovechamiento de residuos orgánicos, contribuyendo a la mejora de la fertilidad del suelo y a la reducción del uso de fertilizantes químicos en la zona de El Carmen.

Figura 9. Área destinada para la construcción del lombricario



Fuente: Baque (2025)

Figura 10. *Aplicación de concreto en bases del lombricario*



Fuente: Baque (2025)

Figura 11. *Implementación de estructura del lombricario*



Fuente: Baque (2025)

Figura 12. *Instalación del techado del lombricario*



Fuente: Baque (2025)

Figura 13. *Finalización del lombricario*



Fuente: Baque (2025)

Figura 14. *Colocación de plástico para las camas de lombriz*



Fuente: Baque (2025)

Figura 15. *Adquisición de pollinaza para alimento de lombrices*



Fuente: Baque (2025)

Figura 16. *Recolección de bovinaza para alimento de lombrices*



Fuente: Baque (2025)

Figura 17. *Recolección de lombrices para los tratamientos*



Fuente: Baque (2025)

Figura 18. *Pesado de lombrices para cada tratamiento*



Fuente: Baque (2025)

Figura 19. *Medición de lombrices*



Fuente: Baque (2025)

Figura 20. *Colocación de primera capa de materia orgánica*



Fuente: (Baque, 2025)

Figura 21. *Asignación de lombrices en camas*



Fuente: (Baque, 2025)

Figura 22. *Aglomeración de sustratos orgánicos con las lombrices*



Fuente: (Baque, 2025)

Figura 23. *Suministrando residuos vegetales a las lombrices*



Fuente: (Baque, 2025)

3.2.3. Descripción funcional de los componentes

El sistema de lombricultura fue construido con materiales metálicos y de obra civil que garantizaron estabilidad estructural, durabilidad y condiciones adecuadas para la producción de humus y lixiviado de lombriz.

El electrodo ESAB 6011 de 1/8" se empleó en la soldadura de tubos y correas galvanizadas, permitiendo uniones firmes y resistentes capaces de soportar cargas, vibraciones y condiciones operativas del sistema. Como protección anticorrosiva, se aplicó spray de aluminio sobre las uniones soldadas, incrementando la resistencia del metal frente a la humedad propia del proceso.

El disco de corte Norton de 7" permitió realizar cortes precisos en los elementos metálicos, asegurando uniformidad dimensional durante el armado. La varilla Adelca de 12 mm se utilizó como refuerzo estructural y soporte del plástico impermeable, evitando deformaciones y filtraciones en las camas de cría.

La base del sistema se construyó con cemento Rocafuerte, arena y ripio chispa de 3/4", conformando una superficie sólida, nivelada y con adecuada capacidad de drenaje. Esta combinación evitó la acumulación excesiva de humedad y favoreció la aireación del sustrato, condiciones esenciales para la actividad biológica del sistema.

Los tornillos autoperforantes de 2" se emplearon para la fijación del techo y componentes secundarios, garantizando un ensamblaje seguro. Las correas galvanizadas de 60×2 mm y 80×2 mm, junto con el tubo cuadrado galvanizado de 75×20 mm, constituyeron la estructura principal del lombricario, proporcionando soporte y estabilidad frente al peso del sustrato orgánico húmedo.

Finalmente, el techo Novacero de 0,30×5,00 m actuó como cubierta protectora, reduciendo la incidencia de la radiación solar directa y las precipitaciones, lo que permitió mantener condiciones estables de temperatura y humedad dentro del sistema.

- **Beneficios sociales**

El sistema de producción de humus con sustratos orgánicos de la Granja Experimental Río Suma fortaleció las capacidades técnicas y ambientales de la comunidad académica y agrícola local. Su implementación promovió el aprovechamiento de residuos orgánicos, la producción de bioinsumos y la adopción de prácticas agroecológicas sostenibles, contribuyendo a la reducción de costos productivos, la generación de conocimiento aplicado y el fortalecimiento de la seguridad alimentaria.

La implementación del lombricario en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, constituyó un modelo demostrativo de gestión sostenible de residuos orgánicos. Este sistema fortaleció la formación práctica y científica de los estudiantes, integrando principios de economía circular y producción agroecológica dentro del entorno universitario.

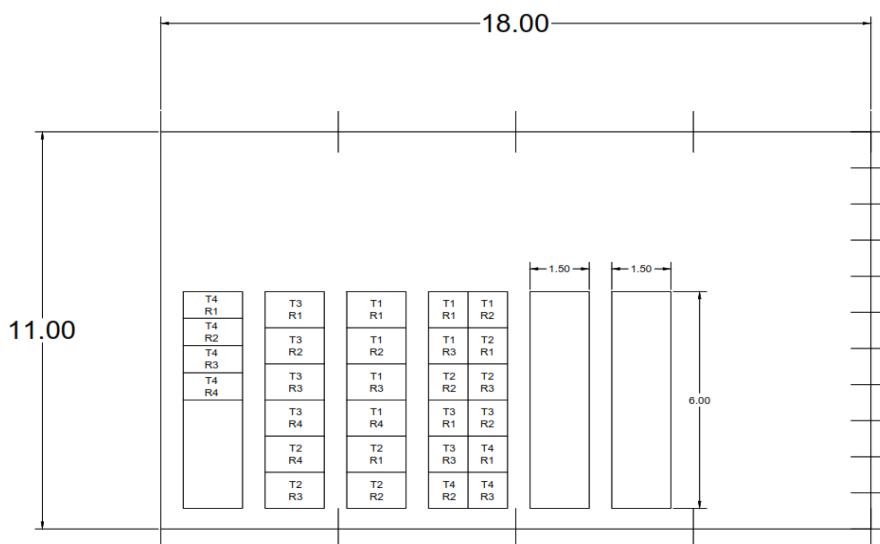
- **Ahorro de agua**

La implementación del sistema permitió proyectar una reducción del consumo de agua del 25 al 35 %, atribuida a la mejora en la retención hídrica del sustrato orgánico. La mayor porosidad y estabilidad estructural del material favoreció la conservación de la humedad, disminuyendo la frecuencia de riego y optimizando el uso del recurso hídrico.

3.2.4. Esquema del lombricario

La implementación del lombricario en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Extensión El Carmen, constituyó un modelo demostrativo de gestión sostenible de residuos orgánicos. Este sistema fortaleció la formación práctica y científica de los estudiantes, integrando principios de economía circular y producción agroecológica dentro del entorno universitario.

Figura 24. *Esquema de la implementación del lombricario*



3.2.5. Desglose de gastos

El desglose presentado corresponde a los costos directos de materiales empleados en la construcción e implementación de las camas de lombricultura. Los valores fueron obtenidos a partir de comprobantes comerciales válidos y reflejan una inversión total de USD 2 150,00, destinada a garantizar estabilidad estructural, durabilidad del sistema y condiciones adecuadas para la producción de humus con *Eisenia fetida*.

Tabla 6. Desglose de costos de adquisición e implementación de las camas de lombricultura con *Eisenia fetida*

Concepto	Comprobante (fecha)	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
Subtotal		1 895,53
IVA e impuestos (15 %)		254,47
TOTAL		2 150,00

3.2.6. Cronograma

Tabla 7. Cronograma de la Primera Fase

Actividades	Primer parcial								Segundo parcial							
	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		
TRABAJO RELACIONADOS															X	X

Tabla 8. Cronograma de la segunda Fase

Actividades	Primer parcial								Segundo parcial							
	Sep				Oct				Nov				Dic			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
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	

3.3. Plan de implementación

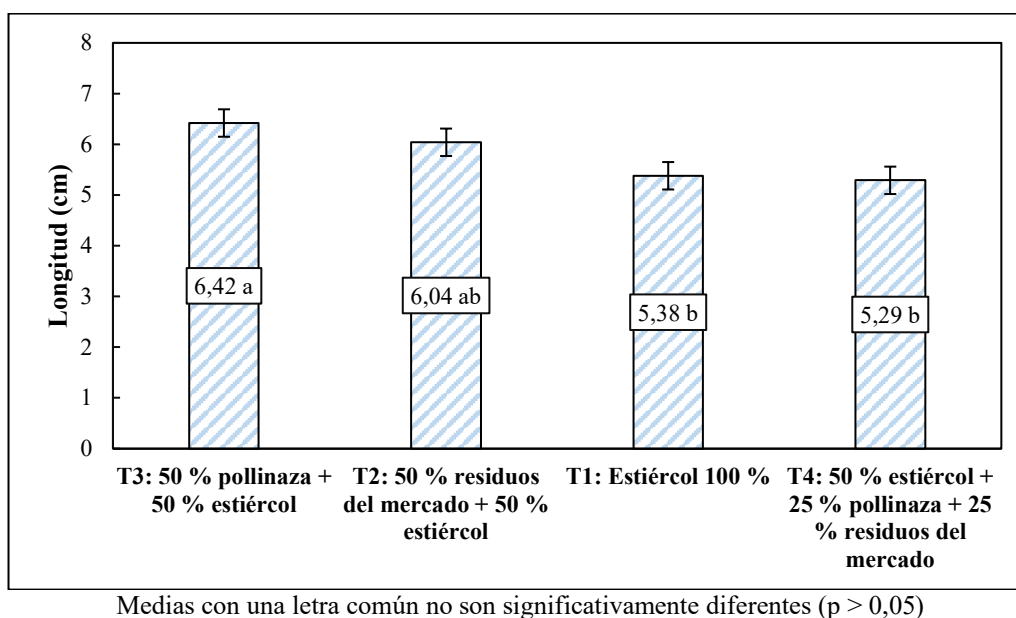
Descripción de la actividad	Acción ejecutada
Área destinada para la construcción del lombricario	Se delimitó y adecuó un espacio específico dentro de la Granja Experimental Río Suma, considerando accesibilidad, drenaje natural y condiciones ambientales favorables para la lombricultura.
Aplicación de concreto en las bases del lombricario	Se realizó el vaciado de concreto en las bases estructurales con el fin de proporcionar estabilidad, nivelación y soporte adecuado para las camas del sistema de lombricultura.
Implementación de la estructura del lombricario	Se ensambló la estructura metálica principal mediante soldadura de tubos y correas galvanizadas, garantizando resistencia mecánica y durabilidad frente a la humedad.
Instalación del techado del lombricario	Se colocó el techado de Novacero para proteger el sistema de la radiación solar directa y de las precipitaciones, manteniendo condiciones controladas de temperatura y humedad.
Finalización del lombricario	Se concluyó el armado general del sistema, verificando la firmeza estructural y la correcta disposición de cada uno de los componentes constructivos.
Colocación de plástico para las camas de lombriz	Se instaló plástico impermeable en el interior de las camas con el fin de evitar filtraciones, conservar la humedad y facilitar la recolección del lixiviado.
Adquisición de pollinaza para alimento de lombrices	Se obtuvo pollinaza como fuente orgánica de alimentación, seleccionando material en condiciones adecuadas para su incorporación al sistema.
Recolección de estiércol bovino para alimento de lombrices	Se recolectó estiércol bovino proveniente de la granja, el cual fue destinado como sustrato orgánico base para la alimentación y actividad biológica de las lombrices.
Recolección de lombrices para los tratamientos	Se realizó la selección manual de lombrices (<i>Eisenia fetida</i>) destinadas a cada tratamiento experimental.
Pesado de lombrices para cada tratamiento	Se pesaron las lombrices utilizando una balanza, con el fin de estandarizar la cantidad asignada a cada tratamiento.
Medición de lombrices	Se efectuó la medición morfológica de las lombrices como parte del control inicial del material biológico.
Colocación de la primera capa de materia orgánica	Se distribuyó uniformemente la primera capa de sustrato orgánico en las camas, estableciendo la base del sistema de vermicompostaje.
Asignación de lombrices en las camas	Se incorporaron las lombrices en cada cama según el diseño experimental previamente establecido.
Aglomeración de sustratos orgánicos con las lombrices	Se favoreció la mezcla e interacción del sustrato orgánico con las lombrices, asegurando condiciones homogéneas dentro de las camas.
Suministro de residuos vegetales a las lombrices	Se suministraron residuos vegetales de forma controlada como complemento alimenticio, promoviendo la descomposición orgánica y la producción de humus.

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. Longitud de la lombriz (cm)

Los resultados de la longitud promedio de las lombrices (*Eisenia fetida*) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0,0045$). El tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) registró la mayor longitud promedio, con 6,42 cm, mientras que el tratamiento T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado) presentó la menor longitud, con 5,29 cm. Los tratamientos T2 (50 % residuos de mercado + 50 % estiércol) y T1 (estiércol 100 %) alcanzaron valores intermedios de 6,04 cm y 5,38 cm, respectivamente, evidenciando diferencias en el crecimiento longitudinal de las lombrices en función del tipo de sustrato orgánico empleado.

Figura 25. Longitud promedio de las lombrices (*Eisenia fetida*) en la evaluación de la producción de humus con sustrato orgánico en la graja experimental rio suma

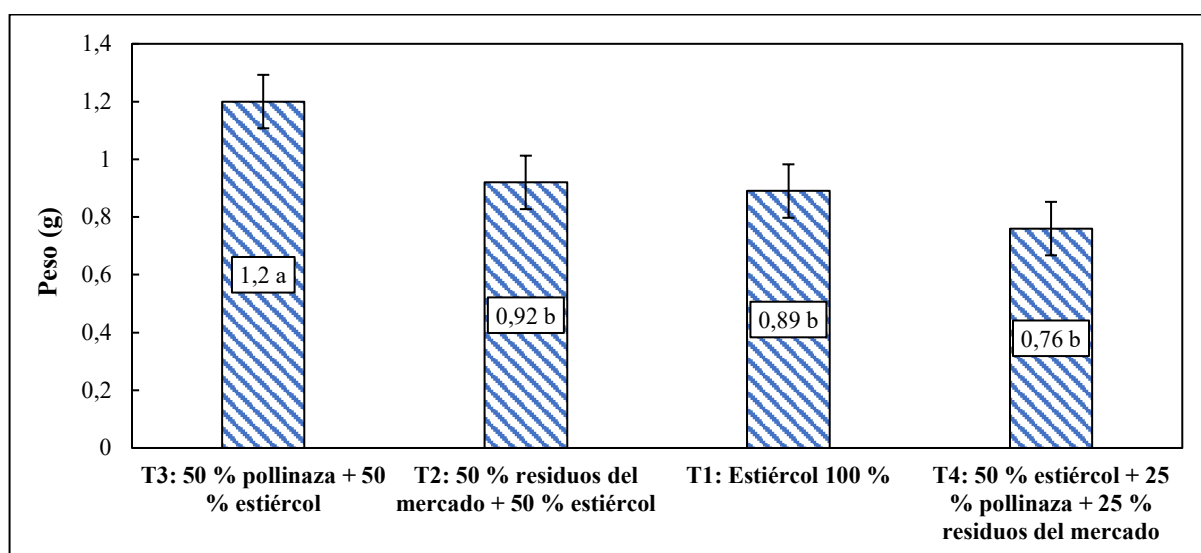


Los hallazgos reportados por Sinchiguano, (2015), evidenciaron que, durante los primeros 30 días de alimentación, las lombrices alcanzaron una mayor longitud cuando se empleó raquis de banano como sustrato, registrando un valor promedio de 4,95 cm. No obstante, al extender el periodo de evaluación a 45 y 60 días, no se observaron diferencias significativas en la longitud de las lombrices entre los distintos materiales evaluados, incluidos raquis de banano, raquis de palma, raquis de coco y residuos vegetales domiciliarios, alcanzando valores promedio de 4,75 cm y 5,09 cm, respectivamente.

3.4.2. Peso (g)

Los resultados del peso promedio de las lombrices (*Eisenia fetida*) mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0,0106$). El tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) registró el mayor peso promedio, con 1,20 g, mientras que el tratamiento T4 (50 % estiércol + 25 % pollinaza + 25 % residuos del mercado) presentó el menor peso, con 0,76 g, evidenciando una respuesta contrastante del crecimiento ponderal de las lombrices en función del sustrato orgánico utilizado.

Figura 26. Peso (g) promedio de las lombrices (*Eisenia fetida*) en la evaluación de la producción de humus con sustrato orgánico en la graja experimental rio suma



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

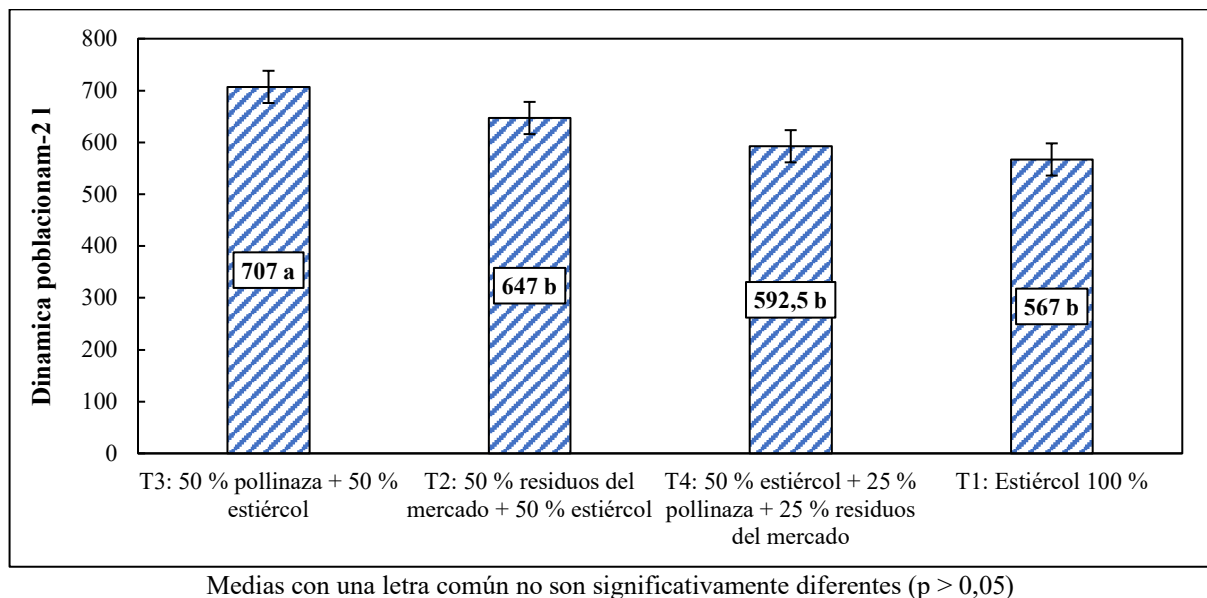
Los resultados reportados por Gutiérrez *et al.* (2020), evidenciaron diferencias significativas en la biomasa de las lombrices ($p < 0,05$), destacándose el tratamiento con combinación de sustratos orgánicos, que alcanzó un peso promedio de 0,61 g a los 36 días, lo que sugiere un efecto positivo de la diversidad de residuos sobre el crecimiento de las lombrices.

De manera similar, Cajas (2009), determinó diferencias altamente significativas en la biomasa de lombrices californianas al evaluar sustratos a base de aserrín y estiércol, donde el tratamiento testigo presentó la mayor biomasa (6,7 kg), seguido del tratamiento con 50 % aserrín y 50 % estiércol, que alcanzó 5,7 kg, evidenciando la influencia del tipo y proporción del sustrato en el desempeño productivo.

3.4.3. Densidad poblacional de lombrices

Los resultados de la densidad poblacional de lombrices (*Eisenia fetida*) por m² no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p > 0,05$). El tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol) registró la mayor densidad poblacional, con 707 individuos m⁻², mientras que el tratamiento T1 (estiércol 100 %) presentó la menor densidad, con 567 individuos m⁻², evidenciando una variación poblacional asociada al tipo de sustrato orgánico empleado.

Figura 27. Dinámica poblacional m⁻² promedio de las lombrices (*Eisenia fetida*) en la evaluación de la producción de humus con sustrato orgánico en la graja experimental rio suma



Diversos estudios han demostrado que la composición y proporción de los sustratos orgánicos influyen de manera significativa en la dinámica poblacional de las lombrices. Gutiérrez et al. (2020) reportaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la producción de coscones, donde la combinación de distintos residuos orgánicos presentó los valores más altos, mientras que los sustratos basados únicamente en estiércoles registraron los valores más bajos.

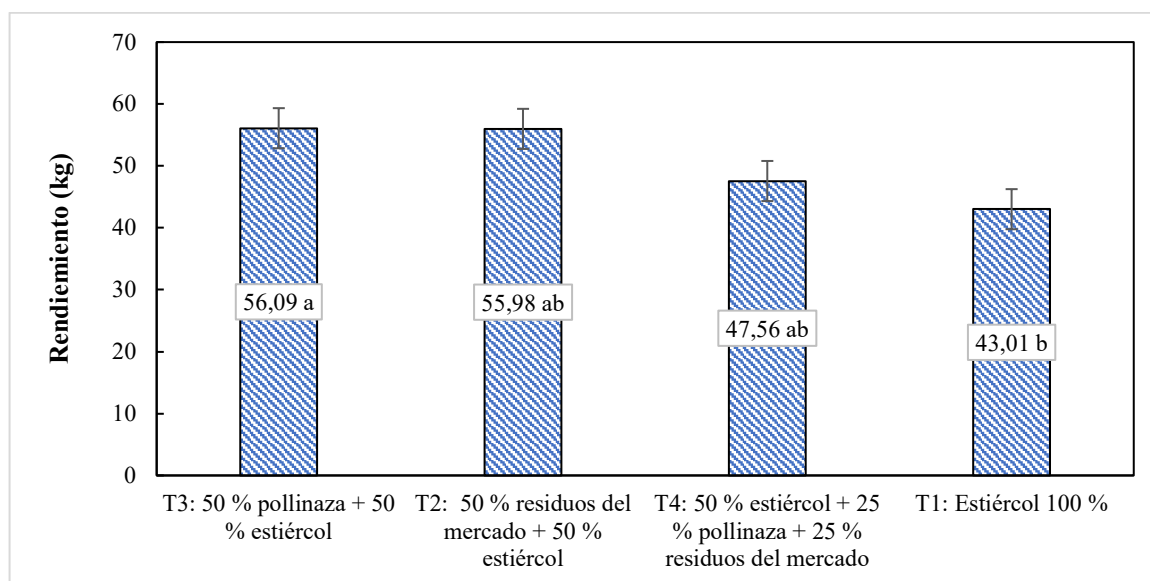
De forma concordante, Sinchiguano, (2015) y Paco *et al.*, (2011) señalaron que el uso de residuos vegetales diversificados favoreció el incremento poblacional de lombrices, especialmente a partir de los 45 días de evaluación. Asimismo, Cajas (2009) y Limachi (2018), confirmaron que las mezclas equilibradas de estiércol y materiales fibrosos generaron mayores densidades poblacionales en comparación con sustratos simples, evidenciando la importancia

de la diversidad orgánica para el desarrollo poblacional de *Eisenia fetida*.

3.4.4. Rendimiento (kg)

Los resultados del rendimiento promedio (kg) en la producción de humus con *Eisenia fetida* mostraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (0,0001). El tratamiento T3 (residuos vegetales de cosecha) registró el mayor rendimiento, con 56,09 kg, mientras que el tratamiento T1 (estiércol 100 %) presentó el menor rendimiento, con 43,01 kg, evidenciando una respuesta contrastante en la producción de humus en función del tipo de sustrato orgánico utilizado.

Figura 28. Rendimiento kg promedio de las lombrices (*Eisenia fetida*) en la evaluación de la producción de humus con sustrato orgánico en la graja experimental rio suma



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

Los resultados reportados por Sinchiguano (2015), evidenciaron que el tipo de sustrato orgánico influyó directamente en el rendimiento de humus, donde el raquis de coco presentó la mayor producción (40,37 kg), seguido del raquis de palma (34,12 kg), mientras que el raquis de banano registró el menor rendimiento (28,82 kg), confirmando la importancia de la composición del material vegetal en la eficiencia del compostaje.

3.4.5. Análisis químico del humus

El análisis químico del humus de lombriz evidenció diferencias en la concentración de macronutrientes entre los tratamientos evaluados. El tratamiento T1 presentó los mayores

contenidos de nitrógeno (1,8 %), fósforo (1,0 %) y potasio (1,6 %), mientras que el tratamiento T3 registró valores inferiores de 1,5 % de N, 0,9 % de P y 1,4 % de K, lo que indicó una mayor disponibilidad nutricional del humus obtenido bajo el tratamiento T1. Estos resultados sugirieron que la composición del sustrato influyó directamente en la calidad química del humus, reflejándose en una mayor concentración de macronutrientes esenciales para la nutrición vegetal.

Tabla 9. *Análisis químico (NPK) del humus de lombriz obtenido en los tratamientos T1 (estiércol bovino 100 %) y T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol bovino)*

Tratamiento	N (%)	P (%)	K (%)
T1	1,8	1,0	1,6
T3	1,5	0,9	1,4

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

La instalación del lombricario en la Granja Experimental Río Suma permitió establecer un sistema funcional y estable para la producción de lombriz y humus, evidenciándose un adecuado desarrollo biológico de *Eisenia fetida* bajo los sustratos orgánicos evaluados. El sistema implementado garantizó condiciones apropiadas de manejo, favoreciendo el crecimiento, la reproducción y la actividad productiva de las lombrices.

En relación con la cuantificación del rendimiento por metro cuadrado, los resultados demostraron que el tratamiento T3 (50 % pollinaza + 50 % estiércol bovino) alcanzó el mayor rendimiento de humus, con 56,09 kg, lo que indicó que la combinación de estos sustratos orgánicos optimizó el proceso de vermicompostaje y mejoró la eficiencia productiva del sistema.

El análisis químico de la composición mineral del humus evidenció diferencias en el contenido de macronutrientes entre los tratamientos. El tratamiento T1 (estiércol bovino 100 %) presentó los mayores valores de nitrógeno (1,8 %), fósforo (1,0 %) y potasio (1,6 %), lo que reflejó una mayor concentración de nutrientes esenciales en el humus obtenido a partir de este sustrato.

RECOMENDACIONES

- Implementar de forma prioritaria el uso combinado de pollinaza y estiércol bovino en la producción de humus de lombriz, debido a que este sustrato presentó el mayor rendimiento productivo, optimizando la eficiencia del sistema de vermicompostaje en la Granja Experimental Río Suma.
- Complementar la producción de humus con análisis periódicos de composición química, a fin de garantizar la calidad nutricional del producto final y facilitar su uso adecuado como fertilizante orgánico en diferentes sistemas agrícolas.
- Replicar el sistema de lombricultura a escala productiva y en diferentes épocas del año, con el objetivo de evaluar su estabilidad, sostenibilidad y desempeño bajo distintas condiciones ambientales y de manejo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 annum*. *Centro Agrícola*, 45(1), 52-61.
- Aira, M., Monroy, F., & Domínguez, J. (2007). Earthworms strongly modify microbial biomass and activity triggering enzymatic activities during vermicomposting independently of the application rates of pig slurry. *Science of the total Environment*, 385(1-3), 252-261.
- Alcívar-Cedeño, U., Dueñas-Rivadeneira, A., Sacon-Vera, E., Bravo-Sánchez, L., & Villanueva-Ramos, G. (2016). Influencia de los tipos de secado para la obtención de harina de lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) a escala piloto. *Tecnología Química*, 36(2), 187-196.
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2010). Agroecología: Potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la inseguridad alimentaria en el mundo. *Revista de economía crítica*, 10, 62-74.
- Álvarez, C., & Sierra, V. (1995). Metodología de la investigación científica. *Santiago de Cuba: Universidad de Oriente*.
- Andrade, D. Y., Campi, R. I., Carrera, J. J., Sánchez, D. G., & Gutiérrez, B. J. C. (2025). Microorganismos como aceleradores en el proceso de pre-compostaje para lombricultura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), Article 2. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17287
- Barbaro¹, L. A., Karlanian, M. A., Morisigue, D. E., Rizzo, P. F., Riera, N. I., Della Torre, V., & Crespo, D. E. (2011). Compost de ave de corral como componente de sustratos. *Ciencia del suelo*, 29(1), 83-90.
- Bertan, F. A. B., da Silva Pereira Ronning, E., Marchioro, M. L. K., Oldoni, T. L. C., Dekker, R. F. H., & da Cunha, M. A. A. (2022). Valorization of pineapple processing residues through acetification to produce specialty vinegars enriched with red-Jambo extract of *Syzygium malaccense* leaf. *Scientific Reports*, 12, 19384. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23968-2>
- Bravo, C. M., Angulo, L. M., González, Y. A., Martínez, M. M., Carmona, J. C., & Vergara Garay, O. (2018). Reproductive evaluation of the California red worm *Eisenia fetida* fed with different substrates in the low tropics in Colombia. *Livestock Research for*

Rural Development, 30.

- Cajas, S. F. (2009). *Efecto de la Utilización de Aserrín en la Combinación con Estiercol Bovino «Como Sustrato en la Producción de Humus de Lombriz (Eisenia Foética) Lombriz Roja Californiana»* [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2397>
- Cando, L. E. C., Vaca, C. V. B., Cabezas, L. A. M., & Carrión, E. N. Q. (2024). Potencialidades de la Lombricultura, en la Educación Ambiental, para Optimizar el Aprendizaje de la Química Verde. *Polo del Conocimiento*, 9(2), 807-827.
- Chávez, A., Torres, C., Espinoza-Vera, A., Zambrano Pazmiño, D., Gonzalo, V. B. A., Zambrano Gavilanes, E., & Velázquez Vines, J. (2020). efectos de la cepa nativa de trichoderma sp. y lixiviado de vermicompost bovino sobre el crecimiento foliar y contenido de clorofila en arroz (*Oryza sativa* L.) en fase de semillero. *ecuador es calidad*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.36331/revista.v7i2.104>
- Contreras-Ramos, S. M., Alvarez-Bernal, D., & Dendooven, L. (2006). *Eisenia fetida* increased removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from soil. *Environmental Pollution*, 141(3), 396-401.
- Dominguez, J., & Edwards, C. A. (2011). Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. *Vermiculture technology: earthworms, organic waste and environmental management*. CRC Press, Boca Raton, 27-40.
- Flores, M. D., Franco, M. E. V. E., Ricalde, D. C., Garduño, A. A. L., & Apáez, M. R. (2013). *Metodología de la investigación*. Editorial Trillas, SA de CV.
- Flores Pincay, E. A. (2025). *Producción de humus de lombriz roja californiana Eisenia fetida en diferentes sustratos y densidades de crianza*.
- 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=tu&g_ep=EgoyMDI1MDUyNi4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D
- Gutiérrez, A. C., Ramos, B. J. S., Castañed, R. J. P., & Cáceres, B. L. Q. (2020). CRIANZA DE *Eisenia fetida* (LOMBRIZ ROJA) EN DIFERENTES SUSTRATOS DE DESARROLLO BIOLÓGICO. *Ecología Aplicada*, 19(2), 87-92.
- INAMHI. (2022, abril 16). *Anuario meteorológico*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf.

- 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>
- Limachi, E. (2018). Efecto de tres dosis de sustratos en la alimentación de la lombriz roja californiana (*Eisenia foétida*) con estiércol bovino y aserrín descompuesto en Sapecho, Alto Beni: Edgar Limachi Mendoza. *Apthapi*, 4(2), 1128-1138.
- 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>
- Lugo-Soto, M., Jiménez, C., Molina, F., & González, J. (2013). Efecto de *Trichoderma harzianum* y humus líquido en el establecimiento vegetativo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray. *Zootecnia Tropical*, 31(1), 24-34.
- 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.
- Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M., Martínez-Rojero, R., Rodríguez-Morán, N., Ariza-Flores, R., & Barrios-Ayala, A. (2008). Producción masiva de *Trichoderma harzianum* Rifai en diferentes sustratos orgánicos. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 14(2), 185-191.
- Molina-Lores, L. B., Lussón-Puncet, J. A., Ávila-Góngora, Y., Cutiño-Mendoza, A., & Bell-Mesa, T. D. (2022). Efecto de *Trichoderma harzianum* y *Glomus cubense* en la producción de plántulas de tomate. *Revista Transdisciplinaria De Estudios Sociales y Tecnológicos*, 2(3), 42-48.
- Muraira-Soto, M., Cardoza-José, Z. A., Pérez-López, E., & Mora-Solís, R. P. (2023). Reproducción y ganancia en masa de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*) con estiércol bovino y ovino. *Ciencia y Agricultura*, 20(3), 16287-16287.

- Nogales, R., Romeo, E., & Fernandez, M. (2014). *Vermicompostaje: Procesos, productos y aplicaciones III.5* (Ediciones Mundi-Prensa). Ediciones Mundi-Prensa.
- Paco, G., Loza, M., Mamani, F., & Sainz, H. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia fetida*) 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. (2011). Efecto de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia fetida*) 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.
- Pineda-Insuasti, J. A., Benavides-Sotelo, E. N., Duarte-Trujillo, A. S., Burgos-Rada, C. A., Soto-Arroyave, C. P., Pineda-Soto, C. A., Fierro-Ramos, F. J., Mora-Muñoz, E. S., & Álvarez-Ramos, S. E. (2017). Producción de biopreparados de *Trichoderma* spp: Una revisión. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(1), 47-52.
- Ramos, J. N. G. (2023). LA LOMBRICULTURA EN EL PERÚ Y EL MUNDO: INICIOS, ANTECEDENTES HISTÓRICOS. *Sagasteguiana*, 11(2), Article 2.
- Rincones, P. A., Zapata, J. E., Figueroa, O. A., & Parra, C. (2023). Evaluación de sustratos sobre los parámetros productivos de la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*). *Información tecnológica*, 34(2), 11-20.
- Rodríguez-Fernández, P. A. (2017). Impacto del lixiviado de humus de lombriz sobre el crecimiento y productividad del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Ciencia en su PC*, 2, 44-58.
- Römbke, J., Aira, M., Backeljau, T., Breugelmans, K., Domínguez, J., Funke, E., Graf, N., Hajibabaei, M., Pérez-Losada, M., & Porto, P. G. (2016). DNA barcoding of earthworms (*Eisenia fetida*/andrei complex) from 28 ecotoxicological test laboratories. *Applied Soil Ecology*, 104, 3-11.
- Salinas-Vásquez, F., Sepúlveda-Morales, L., & Sepúlveda-Chavera, G. (2014). Evaluación de la calidad química del humus de lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) elaborado a partir de cuatro sustratos orgánicos en Arica. *Idesia (Arica)*, 32(2), 95-99.
- Sánchez, A. A. F., & Fernández, P. A. R. (2009). Influencia de dosis creciente de lixiviado de abonos mixtos microbianos y lixiviado humus de lombriz sobre algunas variables morfoagronómicas en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ciencia en su PC*, 2, 100-114.
- Sánchez, C. P., Ramírez, I. P., & Llorente, M. G. (2022). Iniciativas agroecológicas en el

- Estado español: Caracterización desde la innovación social, económica y ambiental. *Almenara: revista extremeña de ciencias sociales*, 14, 47-56.
- Sánchez, L. (2025). *Evaluación de sustratos orgánicos para reproducción del hongo trichoderma sp. En la zona Amazonia-Orellana, 2024* [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/23528>
- Sinchiguano, L. Á. (2015). *Fuentes de alimentación de la lombriz roja californiana (Eusemia foétida) en la producción de humus, Mocache 2014*. <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4651>
- Sletto, B., Dávila, T., Brigmon, N., Clifton, M., Rizzo, R., & Sertzen, P. (2015). Lombricultura comunitaria y economías alternativas con enfoque de género en asentamientos informales. *Letras Verdes: Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 17, 86-107.
- Terry, F. A. J., Peñalver, D. A., López, M. R., Peralta, M. P., Cárdenas, M. L. O., Corona, M. P., & López, R. C. (2012). Uso de humus de lombriz en la formulación de sustratos para la aclimatización de cultivos tropicales. *Centro agrícola*, 39(3), 37-44.
- Velásquez, L., & Herrera, C. (1986). Aplicaciones de la harina de lombriz (*Eisenia fetida*) en nutrición animal: Aves broilers; truchas arco-iris. *Alimentos*, 11(4), 52-55.
- Vergara, F. (2019). *Oportunidad de exportación para el abono y lixiviado de lombriz roja elaborado en la Avícola La Esperanza*. [Tesis de Grado, Universitaria Agustiniiana]. <https://backend.uniagustiniana.edu.co/server/api/core/bitstreams/d425bb9c-95fa-44e6-9ea0-c6696b14a177/content>
- Zhang, L., Sun, X., Tian, Y., & Gong, X. (2013). Effects of brown sugar and calcium superphosphate on the secondary fermentation of green waste. *Bioresource Technology*, 131, 68-75.

ANEXOS

Anexo 1. *Análisis en la varianza de la variable del peso en la producción de humus con sustratos orgánicos de la granja experimental Rio Suma*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0,36	3	0,12	2,67	0,0106	
Tratamiento	0,36	3	0,12	2,67	0,0106	*
Error	0,36	8	0,04			
Total	0,72	11				
CV (%)						12,45

Anexo 2. *Análisis en la varianza de la variable del longitud (cm) en la producción de humus con sustratos orgánicos de la granja experimental Rio Suma*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	10,52	3	3,51	3,92	0,0045	
Tratamiento	10,52	3	3,51	3,92	0,0045	*
Error	39,36	44	0,89			
Total	49,87	47				
CV (%)						25,89

Anexo 3. *Análisis en la varianza de la variable densidad poblacional en la producción de humus con sustratos orgánicos de la granja experimental Rio Suma*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	0,36	3	0,12	2,67	0,0106	
Tratamiento	0,36	3	0,12	2,67	0,0106	*
Error	0,36	8	0,04			
Total	0,72	11				
CV (%)						23,90

Anexo 4. *Acta de entrega*

Anexo 5. Resultados de los análisis físico-químicos del humus de lombriz obtenido a partir de sustratos orgánicos en la Granja Experimental Río Suma

Fecha de recepción: martes, 30 de diciembre de 2025
 Fecha de realización: viernes, 02 de enero de 2026
 Fecha de finalización: sábado, 10 de enero de 2026
 Fecha de entrega: miércoles, 14 de enero de 2026

****PROPIETARIO:** Bryan Baque Reyes
****RUC:** 1004641336
****HACIENDA:** Granja Experimental
****SOLICITANTE:** Bryan Baque Reyes
Nº DE MUESTRAS: 2
ENSAYOS SOLICITADOS: NKP
METODO: Cromatografía
MUESTRA TOMADA POR: Muestra proporcionada por el cliente
OBSERVACIÓN: N/O

****TELÉFONO:** 0960534698
****UBICACIÓN:** Manabí-El Carmen-El Carmen
****MAIL:** bryanbaque089@gmail.com
RESPONSABLE: M.V.Z. Hernán Calderón
TIPO DE MUESTRA: Humus de Lombriz

RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN: T2

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD
N	15	0,8 - 2,5 %
P	1	1,5 - 2,5 %
K	10	1,5 - 4,0 %

Estos resultados son válidos solo para la (s) muestra (s) analizada(s) y se prohíbe la reproducción parcial de este documento, sin la autorización de ANIMALB. CIA LTDA.

o ANIMALAB CIA. LTDA informa que los resultados emitidos aplican a las muestras como se recibieron.

Dr. Hernán Calderón
 Médico Veterinario DAS → I
 N° Reg 1920-09-861214

M.V.Z. HERNAN CALDERON
DIRECTOR TÉCNICO "ANIMALAB LTDA"

La información marcada " ha sido suministrada por el cliente; El cliente asume la responsabilidad de la veracidad de estos datos, la información del cliente se considera de carácter confidencial y de dominio privado excepto lo requerido por la ley.

Fecha de realización: viernes, 02 de enero de 2026
 Fecha de finalización: sábado, 10 de enero de 2026
 Fecha de entrega: miércoles, 14 de enero de 2026

****PROPIETARIO:** Bryan Baque Reyes
****RUC:** 1004641336
****HACIENDA:** Granja Experimental
****SOLICITANTE:** Bryan Baque Reyes
Nº DE MUESTRAS: 2
ENSAYOS SOLICITADOS: NKP
METODO: Cromatografía
MUESTRA TOMADA POR: Muestra proporcionada por el cliente
OBSERVACIÓN: N/O

****TELÉFONO:** 0960534698
****UBICACIÓN:** Manabí-El Carmen-El Carmen
****MAIL:** bryanbaque089@gmail.com
RESPONSABLE: M.V.Z. Hernán Calderón
TIPO DE MUESTRA: Humus de Lombriz

RESULTADOS

IDENTIFICACIÓN: T3

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD
N	15	0,8 - 2,5 %
P	0,9	1,5 - 2,5 %
K	14	1,5 - 4,0 %

Estos resultados son válidos solo para la (s) muestra (s) analizada(s) y se prohíbe la reproducción parcial de este documento, sin la autorización de ANIMALB. CIA LTDA.

o ANIMALAB CIA. LTDA informa que los resultados emitidos aplican a las muestras como se recibieron.

Dr. Hernán Calderón
 Médico Veterinario DAS → I
 N° Reg 1920-09-861214

M.V.Z. HERNAN CALDERON
DIRECTOR TÉCNICO "ANIMALAB LTDA"

La información marcada " ha sido suministrada por el cliente; El cliente asume la responsabilidad de la veracidad de estos datos, la información del cliente se considera de carácter confidencial y de dominio privado excepto lo requerido por la ley.

Anexo 6. *Pesaje de lombrices (*Eisenia fetida*) durante la evaluación productiva del humus obtenido con sustratos orgánicos en la Granja Experimental Río Suma.*



Anexo 7. *Medición biométrica de lombrices (longitud corporal) en el proceso de producción de humus con sustratos orgánicos en la Granja Experimental Río Suma.*



Anexo 8. Toma de muestra para el análisis de suelo



Anexo 9. Certificado de copilatio



INFORME DE ANÁLISIS
magister

Tesis Bryan Baque

4%

Textos sospechosos

- 📄 4% Similitudes
0% similitudes entre comillas (Ignorado)
0% entre las fuentes mencionadas (Ignorado)
- 🗣️ 4% Idiomas no reconocidos (Ignorado)
- 🤖 21% Textos potencialmente generados por la IA (Ignorado)

Nombre del documento: Tesis Bryan Baque.docx Depositante: Marco De la Cruz Chicalza Número de palabras: 15.851
 ID del documento: 30a81d1919e0425e29d7c3b95bcd52886a9d849d Fecha de depósito: 3/2/2026 Número de caracteres: 109.818
 Tamaño del documento original: 6,84 MB Tipo de carga: Interface fecha de fin de análisis: 3/2/2026

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes de similitudes

Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ucv.edu.pe 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (51 palabras)
2	repositorio.uteq.edu.ec Dinámica poblacional de la Eiseña foetida alimentada... 9 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (65 palabras)
3	repositorio.unesum.edu.ec 25 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (63 palabras)
4	ciencia.lasalle.edu.co Evaluación de la producción de humus en Eiseña Foetida... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (81 palabras)
5	dspace.espoch.edu.ec Diseño, construcción y evaluación de un prototipo biológ... 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (78 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	doi.org Comparación del compostaje y vermicompostaje en la calidad del suelo... Viene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (38 palabras)
2	doi.org Criterios sobre la crianza del caracol de Jardín Cantereus Aspersus (Mull... Viene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
3	doi.org Reproducción y ganancia en masa de la lombriz roja californiana (Eiseña... Viene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (37 palabras)
4	Documento de otro usuario #169:682 Viene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
5	Documento de otro usuario #764:913 Viene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)

Fuentes ignoradas

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

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis Janira Medranda.docx Tesis Janira Medranda #17125 Viene de mi biblioteca	15%		Palabras idénticas: 15% (2347 palabras)
2	Tesis Gabriela Moreira.docx Tesis Gabriela Moreira #1460a Viene de mi biblioteca	9%		Palabras idénticas: 9% (1481 palabras)
3	Tesis Brigitte Moreira.docx Tesis Brigitte Moreira #6ee25e Viene de mi biblioteca	9%		Palabras idénticas: 9% (1453 palabras)
4	GLOVER STEVEN ZAMBRANO VERA_FINAL.docx GLOVER STEVEN ZAMB... #1004a7 Viene de mi grupo	3%		Palabras idénticas: 3% (509 palabras)
5	Anderson Jair Romero Sandoval.docx Anderson Jair Romero Sandoval #70a5d0 Viene de mi grupo	3%		Palabras idénticas: 3% (407 palabras)
6	Jennifer Patricia Palma Chavez.docx Jennifer Patricia Palma Chavez #9b39d4 Viene de mi grupo	2%		Palabras idénticas: 2% (365 palabras)