



**CARRERA:**

INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**TÍTULO:**

EVALUACIÓN DEL USO DE *Eisenia foetida* PARA EL  
MEJORAMIENTO DE SUELOS CON DIFERENTES ORÍGENES  
DE MATERIA ORGÁNICA.

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.**

MODALIDAD PROYECTO DE DISERTACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE:

INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**AUTOR:**

AVILA CAICEDO ALFREDO JOSUE

**ASESOR:**

EDUARDO REBOLLEDO G.

**ESMERALDAS, AGOSTO 2025**

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de Integración Curricular en Modalidad Proyecto de Disertación aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por Lineamientos de la Unidad de Integración Curricular de la Sede Esmeraldas previa la obtención del título de “Evaluación del uso de *Eisenia foetida* para el mejoramiento de suelos con diferentes orígenes de materia orgánica.”

.....  
Mgt. Eduardo Rebolledo  
**Asesor de Tesis**

.....  
Mgt. Merida Ortiz  
**Lector 1**

.....  
Mgt. Karla Solís  
**Lector 2**

.....  
Mgt. Jonathan Arguello  
**Coordinador**

## AUTORÍA

Yo, **Alfredo Avila Caicedo** Portador/a de la cédula de identidad No. 0850240300 declaro que los resultados obtenidos en trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de “Evaluación del uso de *Eisenia foetida* para el mejoramiento de suelos con diferentes orígenes de materia orgánica.” son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola, exclusiva responsabilidad legal y académica.

.....

Alfredo Ávila Caicedo

C.I. 0850240300

## CERTIFICACIÓN

Mgt. Eduardo Rebolledo M, docente investigador de la PUCE Sede Esmeraldas, certifica que: El trabajo de integración curricular realizado por Alfredo Ávila Caicedo, bajo el título “Evaluación del uso de *Eisenia foetida* para el mejoramiento de suelos con diferentes orígenes de materia orgánica.”, reúne los requisitos de calidad, originalidad y presentación exigibles a una investigación científica y que han sido incorporadas al documento final las sugerencias realizadas, en consecuencia, está en condiciones de ser sometido a la valoración del Tribunal encargado de juzgarla.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma la presente en Esmeraldas, mes año.

.....

Mgt. Eduardo Rebolledo M

Asesor

## **DEDICATORIA**

Alfredo Ángel Avila S.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la fortaleza, la salud y las oportunidades necesarias para llegar hasta aquí. Su guía ha sido mi luz en los momentos de duda y cansancio.

A mis abuelos, por sus enseñanzas, su ejemplo de trabajo y humildad, y por sembrar en mí los valores que hoy me sostienen. Gracias por su amor incondicional y por ser parte esencial de mi vida.

A toda mi familia, por estar presente en cada etapa de este camino. Por sus palabras de ánimo, su paciencia y su confianza en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mi padre, que ya no está físicamente conmigo, pero cuya presencia ha sido constante en cada logro. Esta meta también es tuya. Gracias por tu ejemplo, por tu amor eterno y por ser mi inspiración para nunca rendirme. Tu recuerdo vive en cada página de este trabajo.

A quienes, de una u otra forma, me acompañaron durante esta etapa: gracias por sus consejos, compañía y apoyo. Este logro no habría sido posible sin ustedes.

## Índice

Resumen.....	12
1. Introducción.....	13
1.1. Descripción del problema .....	14
1.2. Justificación .....	14
1.3. Objetivos .....	15
Objetivo General.....	15
Objetivos Específicos.....	15
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	16
1. Bases teóricas .....	16
b) Beneficios del Humus.....	17
c) Interacción de Lombrices con el Suelo.....	18
d) Adaptación y Ecología del Suelo.....	19
2. Antecedentes.....	20
3. Bases legales.....	23
Constitución de la República del Ecuador (2008).....	23
Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017) .....	23
Ley Orgánica de Soberanía Alimentaria (2010) .....	24
Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI, 2010).....	24
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	25
1. Área de estudio .....	25
OE1.- Implementar 2 tratamientos de distintos orígenes de materia orgánica que recibirán siembras de <i>Eisenia foetida</i> .....	25
OE2.- Caracterizar las variables fisicoquímicas del sustrato tratado con <i>Eisenia foetida</i> al inicio y final del experimento. ....	26
OB3.- Evaluar el desarrollo de <i>E. Foetida</i> para cada tratamiento.....	27
3. Procesamiento de datos.....	27
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	28
1. OE2. Caracterizar las variables fisicoquímicas del sustrato tratado con <i>Eisenia foetida</i> al inicio y final del experimento. ....	28
a) Resultados Iniciales .....	28
a. Parámetros Principales del Suelo (Macronutrientes) Iniciales .....	28

b.	Micronutrientes.....	29
c.	Materia Orgánica y pH .....	29
d.	Textura del Suelo.....	30
b)	Resultados Finales .....	30
a)	Parámetros Principales del Suelo (Macronutrientes).....	30
b)	Micronutrientes.....	31
c)	Materia Orgánica y pH .....	31
d)	Textura del Suelo.....	31
1.3.	Variación de resultados iniciales y finales.....	32
a)	Variación de parámetros Principales del Suelo (Macronutrientes).....	32
b)	Variación de Micronutrientes .....	33
c)	Variación de Materia Orgánica y pH.....	34
d)	Variación de textura.....	34
e)	Comportamiento de variables fisicoquímicas del suelo hacia el final de la experiencia (diferencias entre valores iniciales y finales) .....	35
2.	OB3.- Evaluar el desarrollo de <i>E. Foetida</i> para cada tratamiento.....	36
a)	Diferencia de peso/crecimiento (g).....	37
b)	Peso final (g).....	38
c)	Peso inicial y final con la diferencia de peso <i>E. foetida</i> .....	39
.....	.....	39
d)	Diferencia de longitud (cm).....	40
e)	Análisis de la longitud final de lombrices bajo diferentes tratamientos .....	41
f)	Relación entre longitud y masa corporal de lombrices según tratamiento .....	42
3.	Análisis estadístico: ANOVA de biomasa final de lombrices .....	43
CAPITULO IV: DISCUSIÓN .....		44
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		47
CONCLUSIONES.....		47
RECOMENDACIONES .....		48
Bibliografía .....		49
ANEXOS: .....		52
EVIDENCIAS.....		57



57

### **Tablas de ilustraciones**

Tabla 1 Parámetros principales del suelo: resultados iniciales .....	28
Tabla 2 Micronutrientes: resultados iniciales .....	29
Tabla 3 Materia Orgánica y PH: resultados iniciales .....	29
Tabla 4 Textura del suelo: resultados iniciales.....	30
Tabla 5 Parámetros principales del suelo: resultados finales.....	30
Tabla 6 Micronutrientes: resultados finales .....	31
Tabla 7 Materia orgánica y PH: resultados finales .....	31
Tabla 8 Textura del suelo: resultados finales .....	32
Tabla 9 Variación de parámetros principales del suelo: resultados iniciales y finales .....	32
Tabla 10 Variación de micronutrientes: resultados iniciales y finales3 .....	33
Tabla 11 Variación de materia orgánica y pH: resultados iniciales y finales.....	34
Tabla 12 Variación de textura: resultados iniciales y finales .....	34
Tabla 13 Variación poblacional de Eisenia foetida en los diferentes tratamientos	36
Tabla 14 Resultados del ANOVA para la longitud final y peso de las lombrices. .	43

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Instalaciones del vivero del campus Tachina de la PUCESE .....	25
Ilustración 2 Mezcla de tratamiento.....	26
Ilustración 3 Variables fisicoquímicas del suelo. (valores iniciales y finales).....	35
Ilustración 4 Diferencia de peso y crecimiento de Eusenia Foetida .....	37
Ilustración 5 Peso final de Eusenia Foetida .....	38
Ilustración 6 Peso inicial y final con la diferencia de peso.....	39
Ilustración 7 Diferencia de longitud de Eusenia Foetida .....	40
Ilustración 8 Análisis de longitud final de Eusenia Foetida.....	41
Ilustración 9 Relación entre longitud y masa corporal de Eusenia Foetida.....	42

## **Abreviaturas**

<b>T0:</b>	<b>Tratamiento de control (sin residuos)</b>
<b>T1:</b>	<b>Tratamiento con residuos vegetales</b>
<b>T2:</b>	<b>Tratamiento con residuos animales</b>
<b>TI:</b>	<b>Tabla inicial de muestras</b>
<b>TF:</b>	<b>Tabla final de muestras</b>

## Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el uso de *Eisenia foetida* para mejorar la fertilidad y estructura del suelo mediante diferentes tipos de materia orgánica. Se realizaron tres tratamientos en condiciones controladas: tierra sola (control), tierra con residuos vegetales y lombrices, y tierra con residuos animales y lombrices. Se analizaron propiedades fisicoquímicas del suelo y el crecimiento de las lombrices al inicio y final del experimento. Los tratamientos con materia orgánica mejoraron significativamente la calidad del suelo, destacando el tratamiento con residuos animales por su mayor aumento en nutrientes como fósforo (78ppm), hierro(126ppm) y manganeso(67,9ppm), aunque con una disminución del pH(6,3ppm). La textura del suelo evolucionó hacia una clase franco-arcillosa, ideal para la retención de agua y nutrientes. El desarrollo de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* fue superior en tratamientos con materia orgánica vegetal. Estos resultados respaldan el uso de la vermicultura como una estrategia sostenible para el reciclaje de residuos y la mejora de suelos degradados.

**Palabras clave:** *Eisenia foetida*, vermicompostaje, mejoramiento del suelo, materia orgánica, fertilidad del suelo.

## 1. Introducción.

El deterioro progresivo de los suelos agrícolas es un problema ambiental y productivo que afecta a diversas regiones de América Latina y el mundo, comprometiendo la capacidad de estos ecosistemas para sostener cultivos y mantener servicios ecológicos esenciales (De la Cruz Chicaiza, 2023). Entre las causas principales se encuentran el uso excesivo de insumos químicos, la contaminación por agroquímicos, la pérdida de materia orgánica y el manejo inadecuado de residuos orgánicos, factores que disminuyen la fertilidad y la estructura del suelo (Baldeon et al., 2024).

Debido a esta circunstancia, existe una necesidad urgente de encontrar sustitutos sostenibles que permitan la restauración y preservación del suelo agrícola. Con respecto a esto, el proceso de vermicompostaje, que utiliza gusanos de tierra, en particular *E. foetida*, para convertir los desechos orgánicos en enmiendas beneficiosas, ha demostrado ser un método eficaz. También ayuda con el reciclaje de desechos y mejora las características físicas, químicas y biológicas del suelo, fomentando la actividad microbiana, la fertilidad y la retención de agua, todos los cuales son críticos para el bienestar del ecosistema agrícola.

Por otra parte, el compostaje de lombrices se ha convertido en un método viable para mejorar la calidad del suelo mediante la biotransformación de los residuos orgánicos en respuesta a estas dificultades. Este método convierte los desechos vegetales y animales en estiércol orgánico rico en nutrientes, microbios útiles y productos químicos bioactivos utilizando gusanos de tierra, principalmente *E. foetida* (Alcivar, 2023). Además de acelerar la descomposición de la materia orgánica, la actividad biológica de estos gusanos mejora las características físicas y químicas del suelo, incluyendo su porosidad, capacidad para retener agua y contenido de nutrientes vitales (Sánchez & Martínez, 2023).

Se ha demostrado en numerosos estudios que el vermicompost producido a partir de *E. foetida* aumenta drásticamente la biomasa microbiana y promueve un entorno vegetal más sano, ayudando a restaurar los suelos degradados y reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos (Baldeon et al., 2024). La eficacia del vermicompostaje depende principalmente del tipo de residuo orgánico utilizado como sustrato, lo que hace hincapié en la necesidad de evaluar sus efectos sobre la base de la composición del material de entrada y el lugar de origen.

El presente estudio se enfoca en evaluar el efecto de *E. foetida* sobre diferentes tipos de residuos orgánicos (animal y vegetal) aplicados al suelo. Se busca analizar cómo influye la actividad biológica de la lombriz en la mejora de la calidad del sustrato, a partir de mediciones de biomasa, cambios fisicoquímicos y parámetros como la textura, pH, materia orgánica y contenido de nutrientes.

## **1.1. Descripción del problema**

El uso de *E. foetida* (lombriz roja californiana) es reconocido por su capacidad para transformar materia orgánica en humus de alta calidad, lo que mejora la fertilidad y estructura del suelo (Morales, Nieto-Garibay & Carvajal, 2010).

Su aplicación sigue siendo limitada debido a la escasez de información sobre su desempeño en diferentes tipos de suelo y condiciones climáticas. Esta falta de información ralentiza la adopción de esta tecnología por agricultores y técnicos, quienes demandan evidencias claras sobre los beneficios, manejo adecuado y efectos a largo plazo del uso de *E. foetida* en la mejora de suelos agrícolas.

Por ende, persisten interrogantes sobre su adaptabilidad y las mejores prácticas para su implementación en diversos escenarios agrícolas y agroecológicos (FAO, 2011). Ante esta necesidad, la presente investigación busca evaluar su efectividad como herramienta en el mejoramiento de suelos, mediante pruebas en el vivero del Campus de Tachina de la PUCESE, proporcionando información técnica que facilite su aplicación en distintos contextos y promueva su uso generalizado para la recuperación y mantenimiento de suelos, fomentando así prácticas agrícolas sostenibles en la región.

## **1.2. Justificación**

La aplicación de *E. foetida* (lombriz roja californiana) en la mejora de suelos se fundamenta en su reconocida capacidad para descomponer materia orgánica y producir humus, lo que enriquece la fertilidad, estructura y retención hídrica del suelo. Estudios previos han demostrado que el humus generado por estas lombrices aporta nutrientes esenciales y mejora las propiedades físicas del suelo (Chicaiza, 2007).

Sin embargo, la eficacia de *E. foetida* en las condiciones edáficas y climáticas específicas de Esmeraldas, no ha sido suficientemente evaluada. Esta carencia de información genera

incertidumbre entre agricultores y profesionales del sector, limitando su adopción en prácticas agrícolas sostenibles en la región. Aunque investigaciones como la de Chaupis (2023) han abordado la eficacia de *E. foetida* en suelos contaminados con metales pesados en cultivos de cacao, aún es necesario profundizar en su adaptabilidad y manejo en los diversos contextos agrícolas propios de Esmeraldas y en el entorno particular del campus.

Adicionalmente, el aumento de los problemas medioambientales asociados a la acumulación de desechos orgánicos ha impulsado la búsqueda de soluciones ecológicas y eficaces para su manejo. Con estos antecedentes a analizar su efecto en diferentes tipos de suelo presentes en el Vivero del Campus de Tachina permitirá formular recomendaciones concretas para su aplicación en los sistemas agrícolas locales, fomentando así una agricultura más sustentable y resiliente frente al cambio climático en la región.

Por lo tanto, se constituye en un aporte para esta investigación una herramienta sostenible en la mejora de la calidad del suelo y la gestión de residuos orgánicos, con el objetivo de proporcionar una base sólida para su uso en diferentes condiciones

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo General**

- Evaluar el uso de *Eisenia foetida* para el mejoramiento de suelos con diferentes orígenes de materia orgánica, analizando su efectividad en la mejora de la fertilidad y la estructura del suelo.

#### **Objetivos Específicos**

- Implementar 2 tratamientos de distintos orígenes de materia orgánica que recibirán siembras de *Eisenia foetida*.
- Caracterizar las variables fisicoquímicas del sustrato tratado con *Eisenia foetida* al inicio y final del experimento.
- Evaluar el desarrollo de *E. Foetida* para cada tratamiento

# CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

## 1. Bases teóricas

### a) Efectos del Vermicompostaje

El vermicompostaje es el proceso de descomposición de los biorresiduos realizado por la actividad de ciertas especies de lombrices, principalmente las del género *Eisenia*. (Mendoza, 2022)

*E. foetida*, conocida como lombriz roja californiana, juega un papel crucial en el proceso de vermicompostaje. Este proceso biológico consiste en la descomposición de materia orgánica por parte de las lombrices, las cuales convierten los residuos en vermicompost. El vermicompost producido es rico en nutrientes, mejora la estructura del suelo y aumenta su capacidad de retención de agua. La teoría detrás de este proceso se basa en la interacción entre las lombrices y los microorganismos del suelo, que descomponen eficientemente la materia orgánica, promoviendo un ciclo natural de nutrientes (Cedeño et al., 2023).

El vermicompostaje es una técnica ecológica y económica que facilita la descomposición, transformación y estabilización de residuos orgánicos mediante la acción combinada de lombrices y microorganismos. Como resultado de este proceso, se obtiene la vermicompost, un material estable, uniforme y de textura fina. Gracias a su eficiencia, esta tecnología permite convertir desechos orgánicos en insumos de alto valor, ideales para la restauración ecológica y la mejora de la fertilidad del suelo (Villegas y Laínes, 2017).

Del mismo modo, el vermicompostaje es un proceso bioquímico que se puede entender a través de su actividad enzimática, la cual ocurre en el suelo y es clave para descomponer compuestos orgánicos complejos en sustancias solubles que las plantas pueden absorber con facilidad. Esta actividad ha despertado un gran interés, especialmente en los ciclos de los elementos esenciales para la vida. Otro aspecto relevante es el papel de la biodiversidad microbiana en la transformación de los residuos, aunque su estudio sigue siendo limitado debido a la complejidad y variabilidad del (Villegas y Laínes, 2017).

Por otra parte, se ha comprobado que la incorporación de vermicompost en suelos y sustratos de cultivo mejora significativamente el crecimiento y la productividad de diversos cultivos hortícolas, como el tomate, la lechuga, los pimientos, los ajos y las fresas. También favorece el desarrollo de algunas plantas medicinales, leguminosas como

el garbanzo verde y gramíneas como el sorgo y el arroz. Asimismo, su aplicación beneficia el crecimiento de hierbas aromáticas como la albahaca, frutales como el plátano y la papaya, así como plantas ornamentales, entre ellas geranios, tapetes, petunias, crisantemos y flores de pascua (Domínguez et al., 2010).

### **b) Beneficios del Humus**

El humus producido por las lombrices presenta múltiples beneficios para el suelo, actúa como un agente de mejora al aumentar la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, además de mejorar su aireación y estructura. Teóricamente, el humus también promueve la actividad microbiana benéfica, contribuye a la mejora de la fertilidad del suelo y reduce la erosión del mismo. Esta sustancia orgánica estabilizada desempeñó un papel importante en el incremento de la actividad biológica del suelo, favoreciendo su salud general y productividad.

El humus de lombriz es un fertilizante bio-orgánico de alta calidad obtenido mediante el vermicompostaje. En este proceso, las lombrices de tierra, en simbiosis con microorganismos, descomponen la materia orgánica y la transforman en un material estable y rico en nutrientes. Este producto no solo aporta elementos esenciales para el crecimiento vegetal, sino que también mejora la estructura del suelo, optimiza la retención de agua y estimula la actividad microbiana, lo que lo convierte en una enmienda ideal para la agricultura y la restauración ecológica (Mendoza et al, 2024).

El humus de lombriz aporta múltiples beneficios al suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que contribuye a su recuperación y mayor fertilidad:

#### **Beneficios físicos**

- **Mejora la estructura del suelo**, promoviendo la formación de agregados estables que optimizan la porosidad, aireación e infiltración de agua, facilitando el crecimiento radicular (Domínguez y Edwards, 2010).
- **Aumenta la retención de agua**, reduciendo la evaporación y asegurando mayor disponibilidad hídrica en zonas áridas (Bravo y Loor, 2021).
- **Reduce la compactación**, mejorando la porosidad y favoreciendo la infiltración del agua y la expansión de las raíces.

### **Beneficios químicos**

- **Aporta nutrientes esenciales**, como nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos en formas fácilmente asimilables (Aruquipa, 2021).
- **Mejora la capacidad de intercambio catiónico (CIC)**, permitiendo una mejor retención y liberación de nutrientes, lo que optimiza la fertilidad del suelo (Pati, 2021).
- **Regula el pH**, ayudando a equilibrar la acidez o alcalinidad y creando un ambiente óptimo para la actividad microbiana y el crecimiento vegetal (Álvarez, 2023).

### **Beneficios biológicos**

- **Aumenta la actividad microbiana**, promoviendo la descomposición de materia orgánica, la liberación de nutrientes y la protección contra enfermedades (Carvajal y Mera, 2010).
- **Estimula el crecimiento vegetal**, gracias a la presencia de hormonas y enzimas bioestimulantes (Arancon *et al.*, 2004).
- **Mejora la resistencia a plagas y enfermedades**, fortaleciendo las defensas naturales de las plantas a través de microorganismos beneficiosos y compuestos bioactivos (Fuentes, 2022).

### **c) Interacción de Lombrices con el Suelo**

*E. foetida* dentro del suelo a través de sus movimientos y excreciones. Al airear el suelo y fragmentar la materia orgánica, las lombrices mejoraron la estructura del suelo, favoreciendo la circulación de aire y agua. Esta interacción facilitó la acción de otros organismos del suelo, como bacterias y hongos, que también contribuyeron a la descomposición de la materia orgánica. Esta dinámica biológica fortaleció la salud y productividad del suelo, promoviendo un ecosistema más equilibrado y resistente.

Por otra parte, las lombrices de tierra son clave para mantener la salud y fertilidad del suelo. Su actividad biológica afecta positivamente las características físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo tanto a los ecosistemas naturales como a los agrícolas.

### **Propiedades físicas**

- **Estructura del suelo:** Las lombrices mejoran la aireación y porosidad del suelo al crear madrigueras y aumentar la proporción de grandes agregados, lo cual es especialmente útil en suelos con estructura deficiente. También aumentan la infiltración de agua, reduciendo la pérdida de suelo. Sin embargo, pueden aumentar la erosión al remover la cobertura superficial y depositar excretas que, durante lluvias intensas, pueden ser arrastradas (Suen a Campo, 2020).

### **Propiedades químicas**

- **Ciclo de nutrientes:** Las lombrices de tierra mejoran la fertilidad del suelo y su capacidad de infiltración, aunque no son una solución universal. A pesar de ser fundamentales en la descomposición de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes, aún se sabe poco sobre muchas especies. Su impacto es crucial para la salud del suelo, pero su papel debe ser comprendido con cautela, ya que las condiciones ambientales y las especies locales influyen en su efectividad. (Ibáñez, 2011).

### **Propiedades biológicas**

- **Interacción con microorganismos:** Las lombrices afectan la actividad y la estructura de las comunidades microbianas del suelo. Al consumir y expulsar materia orgánica, contribuyen a la dispersión de microorganismos y fomentan su actividad, lo que favorece la descomposición y el reciclaje de nutrientes (Ibáñez, 2011).

Además, la presencia de lombrices de tierra puede aumentar significativamente la presencia de nutrientes en el suelo, reduce la erosión y aumenta la actividad microbiana. Estos efectos combinados hacen que el suelo sea más fértil y capaz de soportar una mayor biodiversidad de plantas y otros organismos (Contreras, 2024).

#### **d) Adaptación y Ecología del Suelo**

La teoría de la adaptación de *E. foetida* a diferentes tipos de suelos y climas se fundamenta en principios de ecología del suelo. Estas lombrices tenían un rango específico de condiciones óptimas para su actividad, y su efectividad variaba según el tipo de suelo,

pH, temperatura y otros factores ambientales. Se estudian las condiciones locales para entender mejor cómo se adaptaban a diversos entornos y cómo su actividad impactaba el mejoramiento del suelo en contextos específicos. Este estudio permite identificar las mejores condiciones para maximizar su rendimiento en la mejora de la calidad del suelo.

Por otra parte, los suelos albergan una biodiversidad vasta y compleja, estructurada en una combinación de minerales, materia orgánica y poros llenos de aire y agua. Su estudio ha evolucionado desde la descripción de su formación y composición hasta el análisis de su funcionamiento como hábitat. La adaptación de los organismos a este entorno ha dado lugar a diversas estrategias biológicas, lo que permite comprender cómo interactúan los procesos físicos, químicos y biológicos en el suelo. Además, la relación entre la disponibilidad de nutrientes y las necesidades de los organismos es clave para entender la ecología del suelo y su papel en los ecosistemas (Lavelle, 2001).

La adaptación de los sistemas agrícolas a un enfoque más ecológico es fundamental para la conservación del suelo y su biodiversidad. El uso excesivo de agroquímicos, como el bromuro de metilo, ha generado impactos negativos en la ecología del suelo, afectando el microbiota y reduciendo su capacidad de autorregulación. Frente a esto, surgen alternativas como la agricultura sustentable, que promueve el uso de materia orgánica local para mejorar la fertilidad del suelo y reducir la dependencia de insumos externos. Un enfoque ecológico en la gestión del suelo no solo contribuye a la seguridad alimentaria, sino que también ayuda a mitigar los efectos del cambio climático mediante la captura de carbono y la reducción del impacto ambiental de los agroquímicos (Bello et al., 2004).

## **2. Antecedentes**

En el Guayas, Ecuador, Alcívar (2023) evaluó la influencia de sustratos orgánicos estiércol bovino, gallinaza, residuos vegetales y agroindustriales sobre el crecimiento y reproducción de *E. foetida*. Se establecieron cuatro tratamientos: T1 (residuos vegetales + estiércol bovino), T2 (residuos vegetales + gallinaza), T3 (residuos vegetales + residuos agroindustriales) y T4 (mezcla de T1, T2 y T3). El ensayo tuvo una duración de 60 días y se inició con 1 kg de lombrices por tratamiento, realizando mediciones de cocones, juveniles, adultos y biomasa. Los resultados indicaron que T1 y T3 fueron los más

eficientes, registrando entre 15,8 y 19,3 cocones por muestra, hasta 7,8 individuos adultos y una biomasa de 1,8 g. El estudio concluyó que *E. foetida* presenta alta adaptabilidad a diferentes sustratos, pero su rendimiento reproductivo y de crecimiento depende de la calidad y composición del material orgánico utilizado.

Igualmente, Guevara (2024) realizó un estudio centrado en la crianza y reproducción de la lombriz roja californiana (*E. foetida*), llevándolo a cabo en condiciones controladas. En este estudio se evaluaron factores como la temperatura, la humedad, el tipo de sustrato y la densidad poblacional para determinar su influencia en el crecimiento y reproducción de las lombrices. Los resultados mostraron que la temperatura óptima para su desarrollo oscila entre 20 y 25 °C, mientras que la humedad del sustrato ideal se encuentra entre 70 % y 80 %. Además, se observó que los sustratos ricos en materia orgánica, principalmente estiércol y residuos vegetales, favorecen una mayor tasa reproductiva. En cuanto a la densidad poblacional, se encontró que mantener aproximadamente el 60 % del espacio de la compostera ocupado por lombrices considerada una densidad moderada optimiza la reproducción y el crecimiento, aumentando la tasa reproductiva en un 40 % en comparación con densidades más altas. Este estudio también indicó que la implementación de estrategias adecuadas de manejo, incluyendo la adición de material de anidación y la selección correcta de especies, puede incrementar la tasa de reproducción hasta en un 60 %. Estos hallazgos aportan información relevante para mejorar las prácticas de vermicompostaje y promover el uso sostenible de *E. foetida* en la agricultura y la gestión de residuos orgánicos.

En Bucaramanga, Colombia, Rubiano (2023) realizó un estudio sobre la producción de lombricomposta en Colombia evaluó la viabilidad de diferentes sustratos (contenido ruminal, estiércol equino, estiércol bovino y estiércol porcino) para el desarrollo de *E. foetida* y la calidad del compost resultante. El objetivo fue determinar cuál de estos sustratos favorecía más el crecimiento, reproducción y características morfológicas de las lombrices. Se realizaron análisis semanales de los sustratos entre julio y septiembre, encontrando que el estiércol bovino (T3) fue el que permitió un mayor número de lombrices, mientras que el estiércol equino (T2) favoreció una mayor producción de huevos. Se evaluaron parámetros como longitud, peso, materia seca, materia orgánica, pH, carbono y nitrógeno en cada sustrato, con el contenido ruminal (T1) presentando los mejores valores en materia seca y el estiércol porcino (T4) destacando en materia orgánica. Se concluyó que el estiércol equino es el sustrato más adecuado para la crianza

de *E. foetida*, debido a su bajo contenido de nitrógeno, lo que favorece el desarrollo de la lombriz, seguido por el estiércol bovino como una opción también favorable para la producción de lombricomposta.

Por otra parte, en Bolivia, Gabriel *et al.*, (2011) realizó un estudio con el objetivo de evaluar la biotransformación de los residuos orgánicos, de restos de cocina (Rc), pulpa de café (Pc) y cartón (C) mediante métodos de compostaje y vermicompostaje. La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental, módulo de lumbricultura de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Unidad Académica Campesina de Carmen Pampa, ubicada en la comunidad de Carmen Pampa del Municipio de Coroico Departamento de La Paz–Bolivia. El diseño utilizado fue completamente al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones, para comparar entre métodos de obtención en calidad utilizó la prueba de efectos fijos y para cantidad la prueba “t” de Student. La cantidad de sustrato inicial estudiado en compostaje fue de 1m<sup>3</sup> y vermicompostaje de 0,02m<sup>3</sup> llegando a culminar la investigación en 120 días. Los resultados en descomposición se obtienen en menor tiempo mediante el método vermicompostaje en Pc con tiempo de tres meses de un 98.33% seguido por el C y Rc; mientras en compostaje fue el tratamiento con Rc de 3 meses con 3 semanas con un 90.40% de descomposición, seguido por Pc y C. En cantidad, a partir de 1m<sup>3</sup> de sustrato inicial se obtuvo mayor bioabono con Pc 271.62 kg, 465.83 kg, Rc 249.71 kg, 446.00 kg y C 212.48 kg, 404.00 kg, en compost y vermicompost respectivamente. La composición química de los bioabonos de Rc, Pc, C en N y P son tipificados como bajos, K alto, Ca en compost bajo y vermicompost medio, Mg medio, MO bajo y pH ligeramente alcalino a neutro en los dos métodos de obtención.

Rahman y Hajam (2024) llevaron a cabo un estudio para determinar el medio óptimo que favorece la supervivencia, crecimiento y reproducción de *E. foetida* utilizando diferentes combinaciones de residuos de cocina, estiércol de vaca y paja de arroz. En su experimento, evaluaron varias proporciones de estos sustratos para analizar su impacto en las tasas de supervivencia y reproducción de las lombrices. El estudio mantuvo las condiciones ambientales controladas, con temperaturas entre 20 °C y 28 °C y humedad relativa del 50 % al 60 %, durante un periodo de 90 días. Los resultados mostraron que combinaciones específicas de residuos de cocina y estiércol influyeron significativamente en la supervivencia y en la calidad del vermicompost producido. Además, el estudio destacó la importancia de utilizar un medio adecuado para optimizar la eficiencia en la

conversión de residuos y mejorar la calidad del vermicompost, lo que es fundamental para la sostenibilidad en el reciclaje de materia orgánica mediante el uso de *E. foetida*.

### **3. Bases legales**

Para garantizar un fundamento sólido en el desarrollo de este proyecto, la investigación se apoya en las normativas, leyes, reglamentos y acuerdos vigentes en Ecuador.

#### **Constitución de la República del Ecuador (2008)**

La Constitución ecuatoriana establece principios fundamentales en materia ambiental y de desarrollo sostenible. El **Artículo 14** reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Este derecho implica la adopción de políticas que protejan la biodiversidad y fomenten prácticas sostenibles, promoviendo la conservación y el uso responsable de los recursos naturales. En este contexto, el aprovechamiento de residuos orgánicos mediante técnicas como el vermicompostaje se alinea con los principios constitucionales de protección ambiental y desarrollo sustentable.

Por otro lado, el **Artículo 15** dispone que el Estado debe incentivar el uso de tecnologías ambientalmente limpias y garantizar la producción sustentable. Esto implica que tanto el sector público como el privado deben adoptar mecanismos que minimicen el impacto ambiental, promoviendo procesos productivos más eficientes y responsables.

Finalmente, el **Artículo 281** refuerza el compromiso del Estado con el desarrollo rural sustentable, priorizando prácticas agroecológicas que mantengan y restauren la fertilidad del suelo. Este principio es fundamental para la implementación de modelos de producción basados en el reciclaje de materia orgánica, asegurando que los residuos agrícolas y urbanos sean aprovechados como insumos valiosos para la regeneración de los suelos y la producción ecológica.

#### **Código Orgánico del Ambiente (COA, 2017)**

El Código Orgánico del Ambiente es la principal normativa en Ecuador en materia de protección y gestión ambiental. En su **Artículo 5**, se establecen los principios de prevención y sostenibilidad, los cuales son clave para garantizar una gestión adecuada de los residuos orgánicos.

Asimismo, el **Artículo 34** regula el manejo de residuos sólidos, estableciendo disposiciones para su tratamiento y aprovechamiento. En este marco, se promueve la transformación de residuos orgánicos en insumos útiles, como el abono producido a partir de lombrices. Esta normativa refuerza la necesidad de reducir la acumulación de desechos en vertederos y fomentar la economía circular mediante el reciclaje de materiales biodegradables.

### **Ley Orgánica de Soberanía Alimentaria (2010)**

El **Artículo 26** promueve el uso de abonos naturales y la conservación del suelo como mecanismos esenciales para garantizar la seguridad y calidad alimentaria. En este sentido, el vermicompostaje se presenta como una solución eficiente para fortalecer la fertilidad de la tierra sin recurrir a fertilizantes químicos, alineándose con los objetivos de esta normativa.

Por su parte, el **Artículo 27** impulsa el manejo sostenible del suelo y el aprovechamiento de residuos agroindustriales en la producción agrícola. La transformación de desechos orgánicos en fertilizantes naturales mediante procesos biológicos como la lombricultura permite una mejor gestión de los recursos, asegurando que los ciclos de producción sean más ecológicos y eficientes.

### **Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones (COPCI, 2010)**

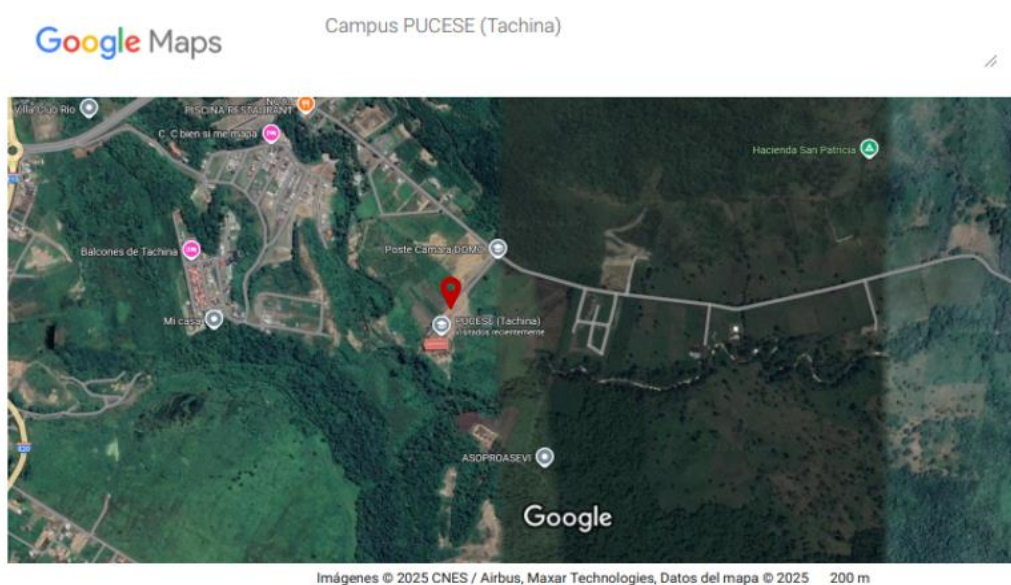
El Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones establece incentivos y regulaciones para promover una economía más sostenible y responsable con el medio ambiente. El **Artículo 285** incentiva la producción limpia y el uso de tecnologías amigables con el entorno, reconociendo la necesidad de reducir la contaminación y fomentar modelos productivos más sostenibles.

De igual manera, el **Artículo 287** establece beneficios para proyectos de producción sostenible y agroecológica, lo que puede incluir incentivos fiscales, financiamiento o apoyo técnico para iniciativas que promuevan la gestión responsable de los residuos orgánicos. De esta forma, la producción de abonos naturales a partir de lombrices puede ser una alternativa viable y respaldada por la normativa ecuatoriana, contribuyendo a un sistema agrícola más eficiente y ecológicamente equilibrado.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

### 1. Área de estudio

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Vivero del Campus de Tachina de PUCESE, ubicado en la parroquia Tachina, durante los meses de enero a febrero del 2025.



*Ilustración 1 Instalaciones del vivero del campus Tachina de la PUCESE*

### 2. Materiales y Métodos

**OE1.- Implementar 2 tratamientos de distintos orígenes de materia orgánica que recibirán siembras de *Eisenia foetida*.**

Se utilizaron 9 recipientes circulares de 40L, con tierra (12,5kg) que corresponde a 15 tarrinas llenas de tierra para cada recipiente, también se utilizaron 56 lombrices para cada tratamiento y replica donde el total de las lombrices utilizadas fueron 504, como base inicial en los tratamientos de control (0). Se prepararon 2 tratamientos, uno vegetal y el segundo animal, el tratamiento vegetal (1) corresponde a tallos de plátano(56g) triturados y secados al horno a una temperatura de 70° por 48 horas, para el segundo tratamiento (2) se usó como materia orgánica animal carne molida, secada al horno a una temperatura de 70° por 48 horas.

- Tratamiento 0: Tierra + lombrices.
- Tratamiento 1: Tierra + desperdicios vegetales+ lombrices
- Tratamiento 2: Tierra + desperdicios animales + lombrices



Ilustración 2 Mezcla de tratamiento

El diseño experimental se instaló el 23 de octubre en el área central entre los viveros PUCESE, manteniendo el espacio libre de maleza. Cada tratamiento recibió 1 litro de agua semanalmente y se cubrió con malla para evitar el escape de lombrices o la entrada de otros insectos. Además, las tinas se colocaron en estantes metálicos cubiertos con sedán para protegerlas.

**OE2.- Caracterizar las variables fisicoquímicas del sustrato tratado con *Eisenia foetida* al inicio y final del experimento.**

Se enviaron muestras integradas de cada tratamiento y del control (1 kg por tratamiento) al laboratorio de la Estación Experimental Tropical “Pichilingue” del INIAP, ubicado en el kilómetro 5 de la carretera Quevedo–El Empalme, apartado 24. En dicho laboratorio se a registrar el nivel de pH del suelo y se estimó el contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, cobre, manganeso, zinc, boro, materia orgánica y textura del suelo.

Las muestras iniciales se en enviaron el día 26 de febrero y las muestras finales 25 de junio del presente año, tardándose un total de 15 días laborables en comunicar los resultados

### **OB3.- Evaluar el desarrollo de *E. Foetida* para cada tratamiento.**

El desarrollo de *E. foetida* fue evaluado hasta la etapa final del experimento, a partir del seguimiento de 56 lombrices distribuidas equitativamente en los tratamientos. Para ello, se registraron variables como el peso individual y grupal, así como los conteos iniciales y finales de ejemplares, con el fin de analizar su adaptación, crecimiento y comportamiento en respuesta a los diferentes tipos de residuos orgánicos aplicados al sustrato.

Al final del experimento, se procedió a extraer manualmente cada lombriz de cada tina para realizar un conteo, medición y pesado individual, de la misma manera que se hizo al inicio. Esto permitió obtener datos precisos sobre el crecimiento y la adaptación de las lombrices durante el periodo experimental, garantizando una comparación directa y fiable entre las condiciones iniciales y finales de cada tratamiento.

### **3. Procesamiento de datos**

Con el fin de determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos, se utilizó un ANOVA (Análisis de Varianza) variables de procedimientos iniciales y finales de una vía, el cual es una prueba estadística que permite comparar las medias de tres o más grupos para verificar si al menos uno de ellos difiere significativamente del resto. Esta herramienta es útil cuando se desea evaluar el efecto de un solo factor (en este caso, el tipo de tratamiento) sobre una o varias variables cuantitativas.

Cuando el ANOVA arrojó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), se aplicó una prueba post hoc de Test de comparaciones posteriores de medias de Tukey, la cual permite realizar comparaciones múltiples entre las medias de los tratamientos para identificar en cuáles grupos se producen dichas diferencias. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando los programas Excel (para el procesamiento preliminar de datos) y RStudio (para el análisis estadístico inferencial).

## CAPÍTULO III. RESULTADOS

### 1. OE2. Caracterizar las variables fisicoquímicas del sustrato tratado con *Eisenia foetida* al inicio y final del experimento.

#### a) Resultados Iniciales

##### a. Parámetros Principales del Suelo (Macronutrientes) Iniciales

Tabla 1 Parámetros principales del suelo: resultados iniciales

Tratamiento	Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ppm)	Fosforo P (ppm)	Potasio K (meq/100 ml)	Calcio Ca (meq/100 ml)	Magnesio Mg (meq/100 ml)	pH
T-1: Muestra	39	50	1.34	25	5.5	7.2
T0: Control	61	106	1.62	23	3.5	7.4
T1: Vegetal	41	40	2.21	25	5.1	7.2
T2: Animal	234	66	2.3	26	5.2	7.3

El tratamiento T2 (Animal) presentó las concentraciones más altas de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y fósforo (P), aunque registró los niveles más bajos de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y pH. Por su parte, el tratamiento T1 (Vegetal) obtuvo el mayor contenido de potasio (2,00 ppm) y el pH más alcalino (7,4). El control (T0) mostró, en general, los valores más bajos para la mayoría de los parámetros, con excepción del pH. Finalmente, la muestra T-1 presentó valores intermedios y equilibrados, destacando por un buen contenido de calcio y magnesio.

## b. Micronutrientes

Tabla 2 Micronutrientes: resultados iniciales

Tratamiento	Zinc Zn (ppm)	Hierro Fe (ppm)	Manganeso Mn (ppm)	Boro B (ppm)
<b>T-1: Muestra</b>	1.0	12	7.4	0.73
<b>T0: Control</b>	3.7	21	14.8	0.42
<b>T1: Vegetal</b>	2.8	8	7.7	0.94
<b>T2: Animal</b>	5.4	11	21.9	2.08

El tratamiento T2 (Animal) se caracteriza por sus altos niveles de zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B), lo que contribuye a mejorar la calidad nutricional del suelo. El tratamiento T1 (Vegetal) presenta un buen contenido de boro (0,94 ppm) y niveles aceptables de manganeso. El control (T0) destaca por registrar la concentración más alta de hierro (Fe), con 21 ppm. En contraste, la muestra T-1 exhibe niveles bajos en todos los micronutrientes, especialmente en zinc y manganeso.

## c. Materia Orgánica y pH

Tabla 3 Materia Orgánica y PH: resultados iniciales

Tratamiento	Materia Orgánica M.O. (%)	Clasificación	pH
<b>T-1: Muestra</b>	1.7	Baja	7.2
<b>T0: Control</b>	1.0	Baja	7.4
<b>T1: Vegetal</b>	1.6	Baja	7.2
<b>T2: Animal</b>	3.0	Media	7.3

El tratamiento T2 (Animal) presentó el mayor contenido de materia orgánica, con un 3,0%, clasificado como “medio”. Tanto el tratamiento T1 (Vegetal) como la muestra T-1 registraron niveles bajos de materia orgánica, aunque superiores a los del control (T0). En cuanto al pH, este se mantuvo en un rango neutro a alcalino, siendo el control (T0) el que alcanzó el valor más alto (7,4).

#### d. Textura del Suelo

Tabla 4 Textura del suelo: resultados iniciales

Tratamiento	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
T-1: Muestra	26	40	34	Franco-Arcilloso
T0: Control	26	56	18	Franco-Arenoso
T1: Vegetal	32	34	34	Franco-Arcilloso
T2: Animal	32	32	36	Franco-Arcilloso

La muestra T-1, junto con los tratamientos T1 y T2, presenta una textura franco-arcillosa, considerada favorable para la retención de nutrientes y agua. En contraste, el control (T0) muestra una textura franco-arenosa, menos adecuada para cultivos debido a su mayor capacidad de drenaje y menor retención de nutrientes. La mayor proporción de arcilla se registró en el tratamiento T2 (Animal), con un 36%.

#### b) Resultados Finales

##### a) Parámetros Principales del Suelo (Macronutrientes)

Tabla 5 Parámetros principales del suelo: resultados finales

Tratamiento	Amonio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (ppm)	Fosforo P (ppm)	Potasio K	Calcio Ca	Magnesio Mg	pH
T0: Control	17	50	1,40	18	4,9	7,2
T1: Vegetal	23	58	2,00	20	4,7	7,4
T2: Animal	31	78	1,10	15	4,5	6,3

El tratamiento T2 (Animal) registró las concentraciones más altas de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y fósforo (P), aunque presentó los valores más bajos de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y pH. El tratamiento T1 (Vegetal) obtuvo el mayor contenido de potasio (2,00 ppm)

y un pH más alcalino (7,4). Por su parte, el control (T0) presentó valores intermedios en la mayoría de los parámetros evaluados.

### b) Micronutrientes

*Tabla 6 Micronutrientes: resultados finales*

<b>Tratamiento</b>	<b>Zinc Zn (ppm)</b>	<b>Hierro Fe (ppm)</b>	<b>Manganeso Mn (ppm)</b>	<b>Boro B (ppm)</b>
<b>T0: Control</b>	3,6	10	40,6	1,34
<b>T1: Vegetal</b>	4,2	14	26,5	1,02
<b>T2: Animal</b>	4,7	126	67,9	1,09

El tratamiento T2 (Animal) presentó las concentraciones más altas de zinc (Zn), hierro (Fe) y manganeso (Mn), destacando especialmente el contenido de hierro (126 ppm) y manganeso (67,9 ppm). En cuanto al boro (B), el valor más alto se registró en el control (T0), con 1,34 ppm.

### c) Materia Orgánica y pH

*Tabla 7 Materia orgánica y PH: resultados finales*

<b>Tratamiento</b>	<b>Materia Organica M.O. (%)</b>	<b>Clasificación</b>	<b>pH</b>
<b>T0: Control</b>	3,9	Media	7,2
<b>T1: Vegetal</b>	3,5	Media	7,4
<b>T2: Animal</b>	3,9	Media	6,3

Todos los suelos evaluados presentan un nivel medio de materia orgánica. En cuanto al pH, se observa que el tratamiento animal (T2) presenta el valor más ácido, con 6,3, mientras que el tratamiento vegetal (T1) alcanza el pH más alto, con 7,4.

### d) Textura del Suelo

Tabla 8 Textura del suelo: resultados finales

Tratamiento	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
<b>T0: Control</b>	21	44	35	Franco-Arcilloso
<b>T1: Vegetal</b>	29	38	37	Franco-Arcilloso
<b>T2: Animal</b>	29	34	37	Franco-Arcilloso

Las tres muestras de suelo presentan una textura franco-arcillosa; sin embargo, los tratamientos T1 y T2 contienen proporciones mayores de arena y arcilla en comparación con el control. Por su parte, el control (T0) muestra el mayor contenido de limo, alcanzando un 44%.

### 1.3. Variación de resultados iniciales y finales

#### a) Variación de parámetros Principales del Suelo (Macronutrientes)

Tabla 9 Variación de parámetros principales del suelo: resultados iniciales y finales

Parámetro	T0: Control	T1: Vegetal	T2: Animal
	Tabla I → Tabla F	Tabla I → Tabla F	Tabla I → Tabla F
<b>Amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</b>	61 → 17 (▼)	41 → 23 (▼)	234 → 31 (▼)
<b>Fosforo (P)</b>	106 → 50 (▼)	40 → 58 (▲)	66 → 78 (▲)
<b>Potasio (K)</b>	1.62 → 1.40 (▼)	2.21 → 2.00 (▼)	2.30 → 1.10 (▼)
<b>Calcio (Ca)</b>	23 → 18 (▼)	25 → 20 (▼)	26 → 15 (▼)
<b>Magnesio (Mg)</b>	3.5 → 4.9 (▲)	5.1 → 4.7 (▼)	5.2 → 4.5 (▼)
<b>pH</b>	7.4 → 7.2 (▼)	7.2 → 7.4 (▲)	7.3 → 6.3 (▼▼)

En el tratamiento Control, el contenido de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) se mantuvo en 61 mg/kg, mientras que el fósforo, el potasio, el calcio y el pH disminuyeron, siendo la reducción

más marcada en el fósforo (-52,8 %). Solo el magnesio presentó un aumento significativo (+40 %). En el tratamiento Vegetal, el  $\text{NH}_4^+$ , el potasio, el calcio y el magnesio disminuyeron, mientras que el fósforo y el pH aumentaron ligeramente. Finalmente, en el tratamiento Animal, el  $\text{NH}_4^+$  y los cationes sufrieron descensos importantes, el fósforo aumentó y el pH mostró una disminución notable.

#### b) Variación de Micronutrientes

Tabla 10 Variación de micronutrientes: resultados iniciales y finales<sup>3</sup>

Parámetro	T0: Control	T1: Vegetal	T2: Animal
	Tabla I → Tabla F	Tabla I → Tabla F	Tabla I → Tabla F
<b>Zinc (Zn ppm)</b>	3,7 → 3,6 (▼)	2,8 → 4,2 (▲)	5,4 → 4,7 (▼)
<b>Hierro (Fe ppm)</b>	21 → 10 (▼▼)	8 → 14 (▲▲)	11 → 12,6 (▲▲▲!!)
<b>Manganeso (Mn ppm)</b>	14,8 → 40,6 (▲▲)	7,7 → 26,5 (▲▲)	21,9 → 67,9 (▲▲)
<b>Boro (B ppm)</b>	0,42 → 1,34 (▲▲)	0,94 → 1,02 (▲)	2,08 → 1,09 (▼)

En términos de variación porcentual, los tratamientos mostraron comportamientos diferenciados según el micronutriente. El T0 (control) presentó una ligera disminución de Zn (-2,70 %) y una fuerte reducción de Fe (-52,38 %), mientras que Mn y B aumentaron notablemente (+174,32 % y +219,05 %, respectivamente). El T1 (vegetal) mostró incrementos en todos los elementos, destacando Mn (+244,16 %) y Fe (+75,00 %), con un aumento moderado de Zn (+50,00 %) y leve de B (+8,51 %). Por su parte, el T2 (animal) tuvo un comportamiento mixto: aumentaron Fe (+14,55 %) y Mn (+210,50 %), pero disminuyeron Zn (-12,96 %) y B (-47,60 %). Estos resultados indican que la fuente de materia orgánica influye de manera diferenciada en la disponibilidad final de micronutrientes, siendo el tratamiento vegetal el que logró los incrementos más consistentes.

### c) Variación de Materia Orgánica y pH

Tabla 11 Variación de materia orgánica y pH: resultados iniciales y finales

Parámetro	T0: Control	T1: Vegetal	T2: Animal
	Tabla I → Tabla F	Tabla I → Tabla F	Tabla I → Tabla F
<b>Materia Orgánica M.O. (%)</b>	1.0 → 3.9 (▲▲▲)	1.6 → 3.5 (▲▲)	3.0 → 3.9 (▲)
<b>Clasificación</b>	Baja → Media	Baja → Media	Media → Media (=)
<b>pH</b>	7.4 → 7.2 (▼)	7.2 → 7.4 (▲)	7.3 → 6.3 (▼▼)

En cuanto a la materia orgánica, todos los tratamientos mostraron incrementos notables. El control (T0) pasó de 1,0 % a 3,9 %, lo que representa un aumento del 290 %. El tratamiento con materia orgánica vegetal (T1) creció de 1,6 % a 3,5 % (+118,75 %), mientras que el tratamiento con materia orgánica animal (T2) aumentó de 3,0 % a 3,9 % (+30 %). En términos de clasificación, T0 y T1 pasaron de un nivel bajo a medio, mientras que T2 se mantuvo en la categoría media. Respecto al pH, el control presentó una ligera disminución (7,4 a 7,2; -2,7 %), T1 mostró un pequeño aumento (7,2 a 7,4; +2,8 %), y T2 evidenció una disminución más marcada (7,3 a 6,3; -13,7 %), reflejando cambios diferenciados en la acidez del suelo según el tipo de materia orgánica utilizada.

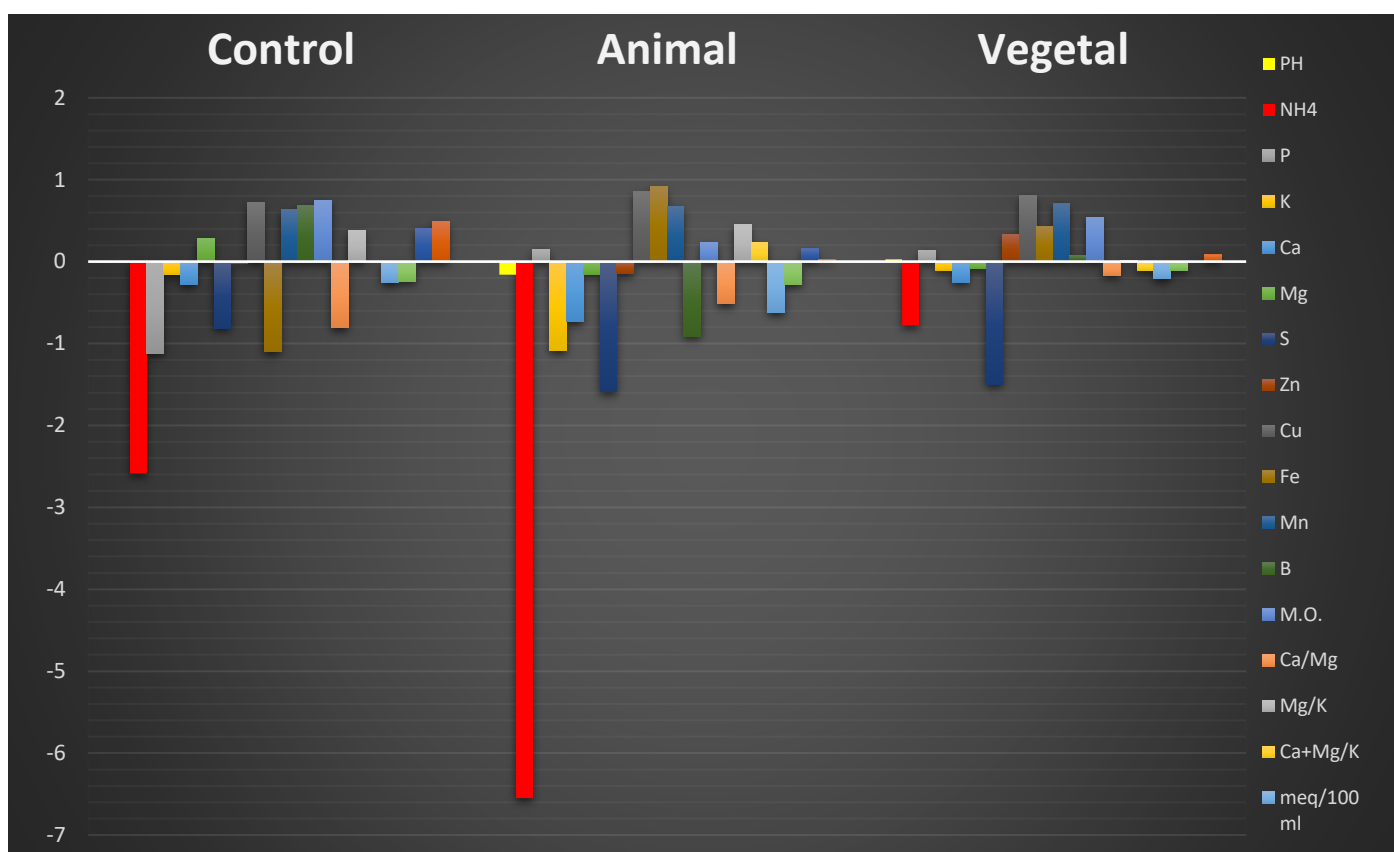
### d) Variación de textura

Tabla 12 Variación de textura: resultados iniciales y finales

Parámetro	T0: Control	T1: Vegetal	T2: Animal
	Tabla I → Tabla F	Tabla I → Tabla F	Tabla I → Tabla F
<b>Arena (%)</b>	26 → 21 (▼)	32 → 29 (▼)	32 → 29 (▼)
<b>Limo (%)</b>	56 → 44 (▼▼)	34 → 38 (▲)	32 → 34 (▲)
<b>Arcilla (%)</b>	18 → 35 (▲▲)	34 → 37 (▲)	36 → 37 (▲)
<b>Clase Textural</b>	Franco-Arenoso → Franco-Arcilloso (▲)	Franco-Arcilloso → Igual (=)	Franco-Arcilloso → Igual (=)

El análisis de la textura del suelo mostró cambios importantes en arena, limo y arcilla. En el control (T0), la arena y el limo disminuyeron, mientras que la arcilla casi se duplicó, cambiando la textura de franco-arenoso a franco-arcilloso. En los tratamientos vegetal (T1) y animal (T2), la arena disminuyó, el limo y la arcilla aumentaron ligeramente, manteniéndose la textura franco-arcillosa. En general, hubo un incremento de arcilla y reducción de arena, lo que mejora la capacidad de retención de agua y nutrientes del suelo.

**e) Comportamiento de variables fisicoquímicas del suelo hacia el final de la experiencia (diferencias entre valores iniciales y finales)**



*Ilustración 3 Variables fisicoquímicas del suelo. (valores iniciales y finales)*

## 2. OB3.- Evaluar el desarrollo de *E. Foetida* para cada tratamiento

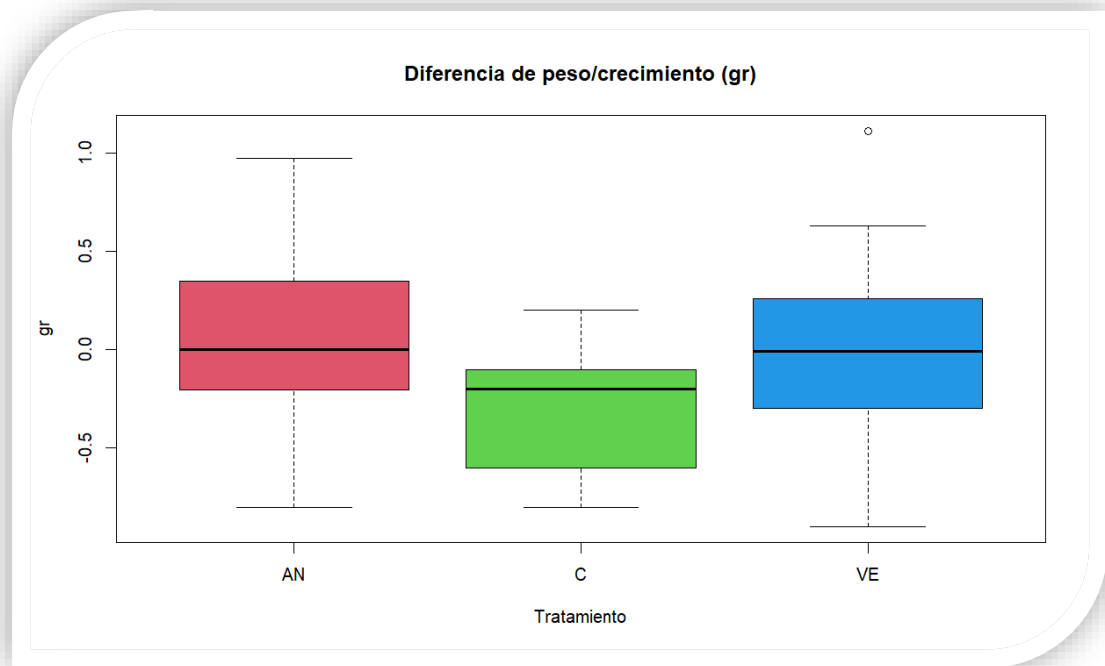
El crecimiento poblacional de *Eisenia foetida* es un indicador clave para evaluar la eficiencia de los diferentes tratamientos de sustrato, ya que refleja su capacidad reproductiva y adaptación a las condiciones del medio. La variación en el número de individuos puede estar influenciada por la disponibilidad y calidad de los nutrientes, así como por factores físicos y químicos del sustrato que favorecen o limitan su desarrollo.

Tabla 13 Variación poblacional de *Eisenia foetida* en los diferentes tratamientos

Tina	Tipo de Tratamiento	N.º		Variación Población (%)
		Lombrices Inicial	Lombrices Final	
1	Animal	56	205	266
2	Animal	56	185	230
1	Vegetal	56	63	13
2	Vegetal	56	58	4
1	Control	56	13	-77
2	Control	56	8	-86

Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento con residuos de origen animal presentó el mayor incremento poblacional de *E. foetida*, con aumentos del 266 % y 230 % en las tinas 1 y 2 respectivamente. El tratamiento con residuos vegetales evidenció incrementos más moderados, alcanzando un 13 % en la tina 1 y un 4 % en la tina 2. En contraste, el tratamiento control registró una disminución significativa de la población, con reducciones del 77 % y 86 % en las tinas 1 y 2 respectivamente, lo que evidencia que la ausencia de aporte nutritivo afectó de forma negativa la supervivencia y reproducción de las lombrices.

**a) Diferencia de peso/crecimiento (g)**

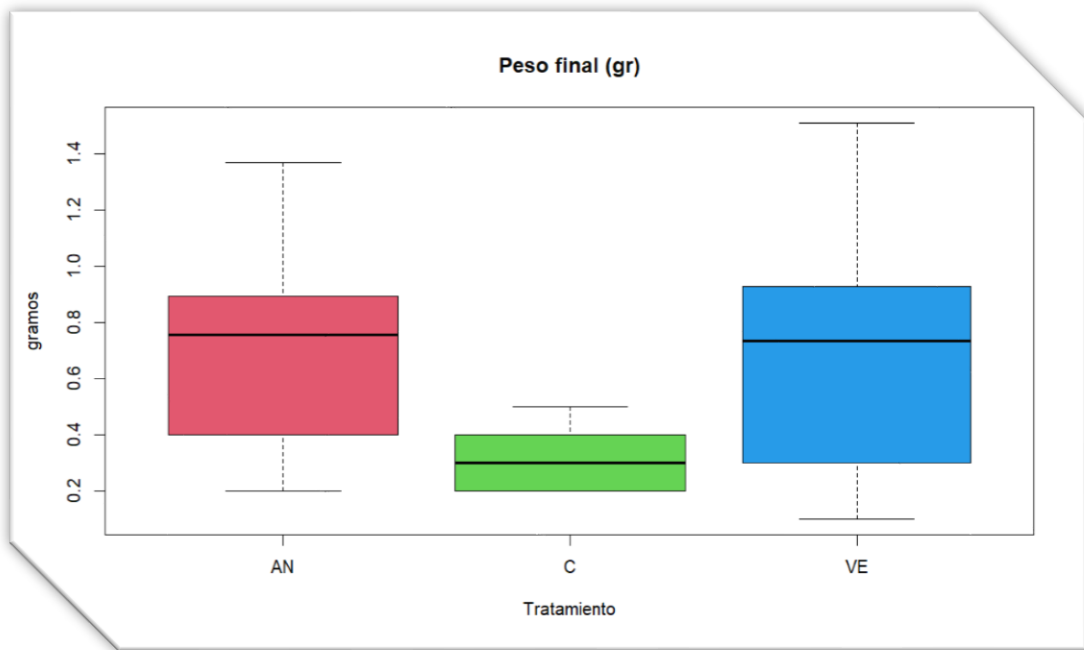


*Ilustración 4 Diferencia de peso y crecimiento de Eusenia Foetida*

Se representó la diferencia de peso (crecimiento en gramos) de las lombrices según el tratamiento aplicado. El gráfico de caja mostró que los tratamientos **AN** y **VE** presentaron distribuciones similares, con medianas próximas a cero, aunque **VE** presentó un valor atípico (outlier) en la parte superior. El tratamiento **C** mostró una mediana claramente negativa, lo que indicó una pérdida de peso en varias lombrices o un crecimiento muy limitado. La dispersión fue mayor en los tratamientos **AN** y **VE**, en comparación con **C**, que presentó menor variabilidad.

El tratamiento **C** fue el menos favorable en cuanto al crecimiento en peso, mientras que **AN** y **VE** propiciaron un mejor desarrollo, aunque con mayor dispersión en los resultados.

**b) Peso final (g)**

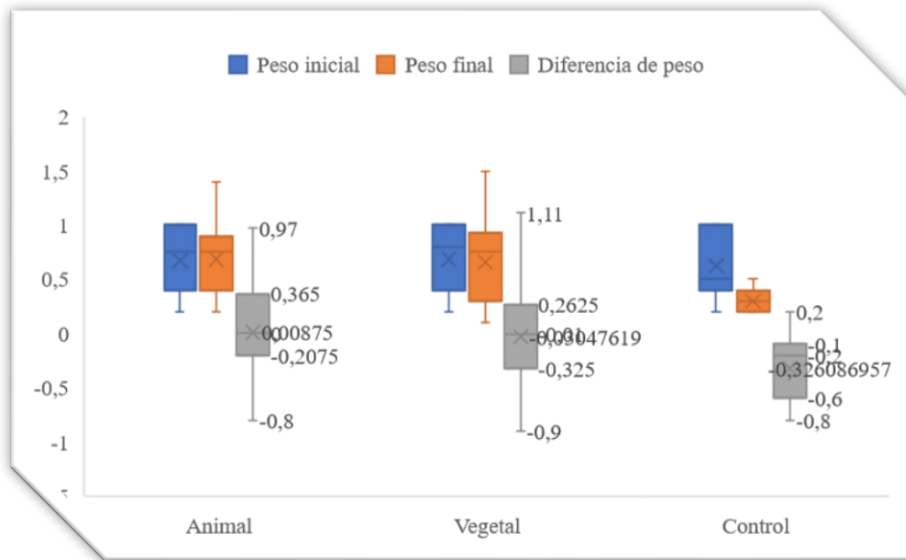


*Ilustración 5 Peso final de Eusenia Foetida*

Se analizó el peso final de las lombrices por tratamiento. El gráfico evidenció que los tratamientos AN y VE presentaron pesos finales similares, con medianas cercanas a 0,75 g y rangos amplios, que incluyeron valores máximos superiores a 1,3 g. El tratamiento C mostró una mediana significativamente inferior, en torno a 0,30 g, con menor rango intercuartílico y sin valores extremos.

Los tratamientos AN y VE permitieron alcanzar mayores pesos finales, mientras que el tratamiento C limitó claramente el desarrollo de las lombrices en términos de masa corporal.

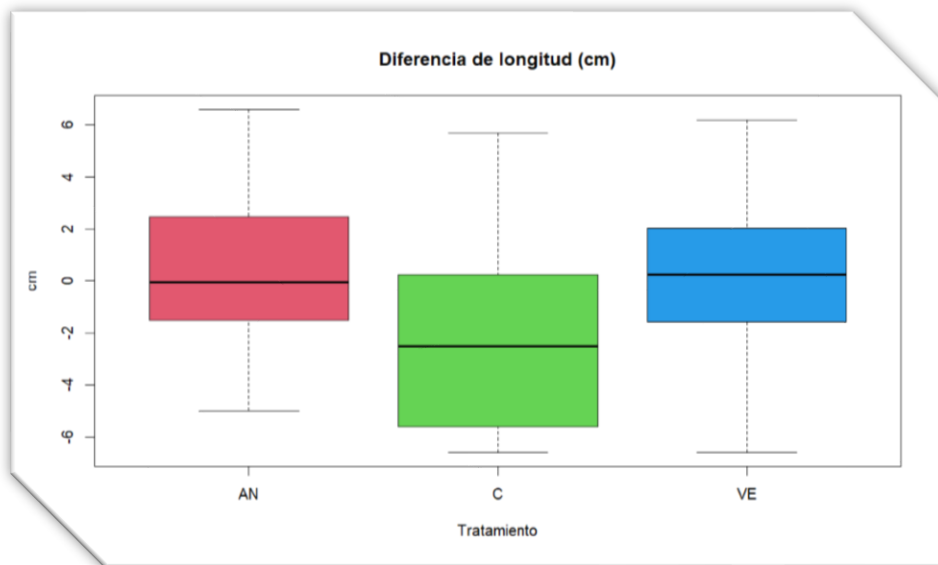
**c) Peso inicial y final con la diferencia de peso *E. foetida***



*Ilustración 6* Peso inicial y final con la diferencia de peso

El gráfico refleja de manera clara las variaciones de peso registradas en los tres tratamientos evaluados: Animal, Vegetal y Control. En el grupo Animal, los pesos iniciales oscilaron entre 0,2 y 1,0, mientras que los pesos finales se situaron entre 0,2 y 1,4. La diferencia de peso mostró tanto incrementos como reducciones, con ganancias máximas cercanas a +0,97 y pérdidas de hasta -0,8, lo que indica una respuesta heterogénea, pero con cierta estabilidad general. El grupo Vegetal presentó pesos iniciales similares, entre 0,2 y 1,0, y finales que variaron de 0,1 a 1,5. En este tratamiento se evidenció la mayor dispersión de resultados, con el incremento más alto (+1,11) y también la pérdida más pronunciada (-0,9), lo que sugiere que el efecto del tratamiento no fue uniforme en todos los individuos. En contraste, el grupo Control mostró un patrón más consistente, con pesos iniciales entre 0,2 y 1,0 y finales que no superaron los 0,5. En este caso, la mayoría de las diferencias fueron negativas, con pérdidas de hasta -0,8 y solo unos pocos incrementos leves de hasta +0,2, evidenciando una tendencia predominante a la reducción de peso. En conjunto, el gráfico permite observar que los tratamientos Animal y Vegetal generaron tanto aumentos como disminuciones de peso, aunque con mayor variabilidad en el segundo, mientras que el Control se mantuvo mayormente estable o en descenso.

#### d) Diferencia de longitud (cm)



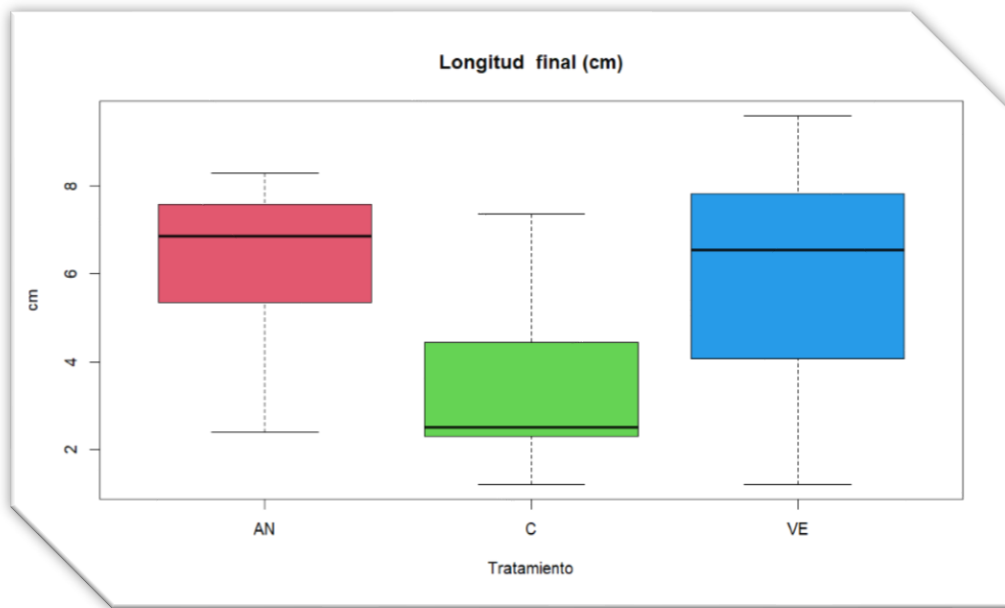
*Ilustración 7 Diferencia de longitud de Eisenia Foetida*

El gráfico de cajas muestra la variación en la longitud de las lombrices al finalizar el experimento, en comparación con su longitud inicial. El tratamiento Control (C) presenta una mediana negativa, lo que sugiere que en la mayoría de los casos las lombrices disminuyeron su tamaño o no crecieron significativamente. Este comportamiento podría interpretarse como una regresión en desarrollo, aunque también cabe considerar la posibilidad de que algunas de las lombrices medidas al final hayan sido descendencia (crías) nacidas durante el experimento, y no los individuos originales, lo cual abre una discusión sobre la precisión en el seguimiento individual.

En contraste, los tratamientos Vegetal (VE) y Animal (AN) mostraron medianas cercanas a cero, acompañadas de mayores rangos intercuartílicos y valores máximos positivos, lo que indica que hubo individuos con un crecimiento considerable en longitud, aunque con alta variabilidad entre réplicas.

El tratamiento Control resultó ser el menos efectivo para favorecer el crecimiento longitudinal de *Eisenia foetida*. En cambio, los tratamientos con materia orgánica (AN y VE) mostraron mejores resultados, aunque es importante considerar la variabilidad individual y el posible efecto de la reproducción durante el experimento, que podría haber influido en los datos de longitud final.

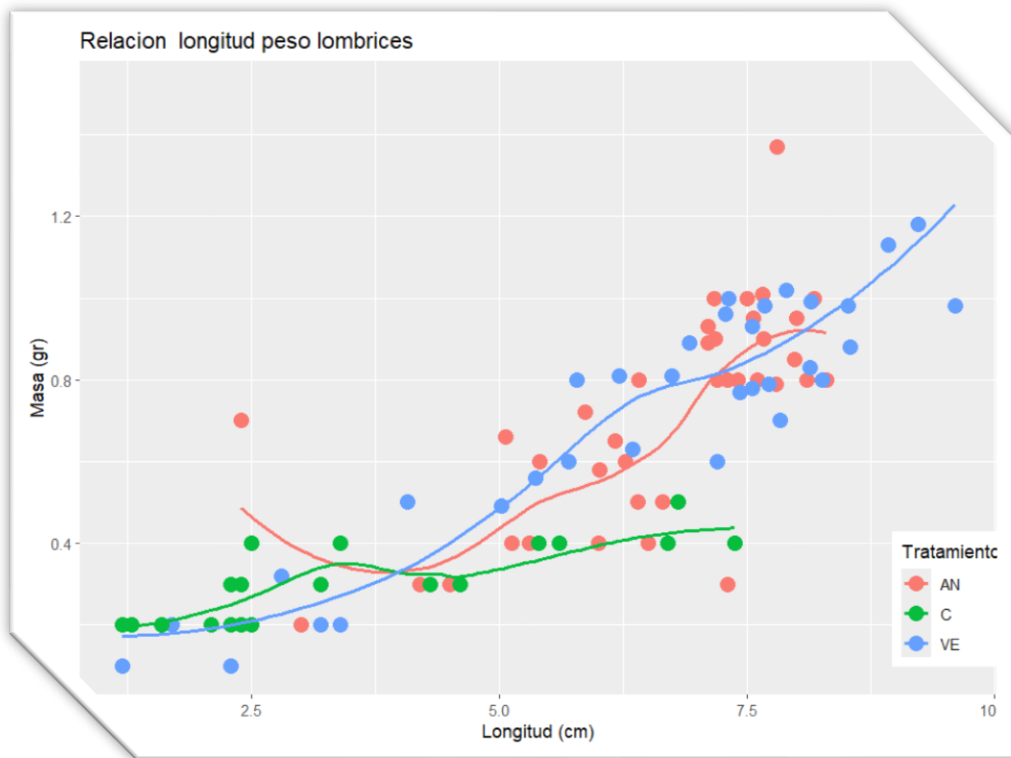
e) **Análisis de la longitud final de lombrices bajo diferentes tratamientos**



*Ilustración 8 Análisis de longitud final de Eusenia Foetida*

Se representó, mediante un diagrama de caja, la longitud final (en cm) de las lombrices sometidas a tres tratamientos: AN (Animal), C (Control) y VE (Vegetal). Se observó que el tratamiento AN presentó una mediana más alta, cercana a los 7 cm, con una distribución que osciló entre aproximadamente 2.5 y 8.3 cm. Por su parte, el tratamiento C mostró la mediana más baja, alrededor de 2.5 cm, lo que indicó un crecimiento limitado en comparación con los otros grupos. El tratamiento VE presentó una mediana intermedia, cercana a los 6.5 cm, pero con una mayor dispersión en los datos, evidenciando variabilidad en la respuesta de las lombrices a este tipo de alimento. Estos resultados sugirieron que la dieta influyó significativamente en el crecimiento final en longitud de los individuos.

**f) Relación entre longitud y masa corporal de lombrices según tratamiento**



*Ilustración 9 Relación entre longitud y masa corporal de Eusenia Foetida*

Se mostró la relación entre la longitud (cm) y la masa (gr) de las lombrices en los distintos tratamientos. Los puntos representaron los datos individuales, mientras que las líneas suavizadas indicaron las tendencias por tratamiento. Se observó una clara correlación positiva entre la longitud y la masa, especialmente en los tratamientos AN y VE. A medida que las lombrices crecieron en longitud, también aumentaron de manera significativa en masa. En el tratamiento AN, la relación fue creciente y relativamente constante a partir de los 4 cm. En el tratamiento VE, se evidenció un patrón más pronunciado, con un incremento considerable de masa a partir de los 5 cm de longitud. En cambio, en el tratamiento C, la relación fue débil y la masa se mantuvo baja, incluso en longitudes mayores, lo cual coincidió con la menor mediana observada en la longitud final.

### 3. Análisis estadístico: ANOVA de biomasa final de lombrices

El análisis de varianza (ANOVA) permite determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados en relación con variables de crecimiento y biomasa de *Eisenia foetida*. Este análisis compara la media de cada tratamiento y estima la probabilidad de que las diferencias observadas se deban al azar. Un valor de p menor a 0,05 indica que las diferencias son significativas, lo que sugiere que los tratamientos ejercen un efecto real sobre las variables analizadas.

Tabla 14 Resultados del ANOVA para la longitud final y peso de las lombrices.

Variable	G1	Residuales	F value	Pr (>F)	Nivel de comparación
Longitud final de lombrices	2	102	17.82	2.3 e-07	***
Peso	2	102	15.82	1.03 e-06	***

Los resultados indican que tanto la longitud final como el peso de *E. foetida* presentan diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) entre los tratamientos. El elevado valor de F obtenido en ambas variables (17,82 para longitud y 15,82 para peso) confirma que los tratamientos influyeron de manera determinante en el desarrollo de las lombrices. Estos hallazgos respaldan que las condiciones de alimentación y manejo del sustrato tienen un impacto directo en el crecimiento y biomasa de la población estudiada.

## CAPITULO IV: DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en el presente estudio sobre la influencia de diferentes tratamientos de materia orgánica (animal y vegetal) en el desarrollo de *Eisenia foetida* y en las propiedades fisicoquímicas del suelo coinciden con hallazgos reportados en investigaciones previas

En primer lugar, se observa que el tratamiento con materia orgánica animal (T2) mostró las mayores concentraciones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y fósforo (P) tanto al inicio como al final del experimento, pero también una disminución considerable del pH hacia niveles ácidos (6,3). Este comportamiento coincide con lo reportado por Gabriel et al. (2011), quienes encontraron que la descomposición de residuos ricos en nitrógeno, como los estiércoles animales, tiende a acidificar el medio, afectando la disponibilidad de nutrientes y la actividad microbiana. Este cambio en el pH podría tener implicaciones negativas si no se maneja adecuadamente, pues un suelo demasiado ácido puede limitar el crecimiento de las lombrices y la eficiencia del vermicompostaje. Por tanto, aunque la materia orgánica animal aporta nutrientes en alta concentración, es necesario controlar las condiciones para evitar impactos adversos.

Por otro lado, el tratamiento con materia orgánica vegetal (T1) mantuvo un pH más estable, cercano a la neutralidad, y presentó incrementos notables en potasio (K) y fósforo, elementos esenciales para el desarrollo de las plantas y microorganismos beneficiosos. Estos resultados guardan similitud con los obtenidos por Alcívar (2023) en Ecuador, quien demostró que residuos vegetales mejoran la calidad nutricional del suelo y favorecen la productividad de *Eisenia foetida*, gracias a una liberación más gradual de nutrientes y a una mejor estructura del sustrato. Además, la materia orgánica vegetal tiende a promover una mayor actividad biológica y diversidad microbiana, lo que se traduce en un suelo más saludable.

En cuanto a los micronutrientes, el tratamiento vegetal evidenció incrementos consistentes en zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B), que son fundamentales para procesos metabólicos y reproductivos de las lombrices. Guevara (2024) destacó en su estudio la importancia de un sustrato balanceado en materia orgánica para maximizar la tasa reproductiva y el crecimiento de *E. foetida*. La disponibilidad de estos micronutrientes contribuye no solo al bienestar fisiológico de las lombrices, sino también a la calidad del vermicompost producido.

El análisis del desarrollo y biomasa de *Eisenia foetida* reflejó que los tratamientos con materia orgánica, tanto animal como vegetal, favorecieron significativamente el crecimiento en peso y longitud corporal, superando al control sin materia orgánica. Este hallazgo está en línea con Rubiano (2023), quien subrayó que la calidad y composición del sustrato son determinantes para la viabilidad, crecimiento y reproducción de las lombrices. La mayor variabilidad observada en el tratamiento vegetal puede atribuirse a diferencias individuales en la adaptación a los nutrientes disponibles y a la posible reproducción durante el experimento, lo que también fue señalado por Rahman y Hajam (2024), quienes enfatizaron la importancia de la correcta combinación y manejo del sustrato para optimizar la eficiencia lombricultora.

Respecto a la textura del suelo, los cambios observados, particularmente la transición del tratamiento control de una textura franco-arenosa a franco-arcillosa, y el mantenimiento de la textura franco-arcillosa en los tratamientos con materia orgánica, tienen implicaciones positivas para la retención de agua y nutrientes. Gabriel et al. (2011) reportaron que una mayor proporción de arcilla favorece la capacidad del suelo para sostener microorganismos y lombrices, mejorando la descomposición y la calidad del compost. Esto también sugiere que la aplicación de materia orgánica contribuye a la mejora estructural del suelo, lo que puede traducirse en beneficios agronómicos a largo plazo.

No obstante, la disminución del pH observada en el tratamiento animal indica que un monitoreo constante es necesario para evitar la acidificación excesiva, que podría limitar la actividad biológica y la fertilidad del suelo. Por lo tanto, aunque la materia orgánica animal aporta nutrientes importantes, su uso debe acompañarse de prácticas de manejo adecuadas, como la mezcla con residuos vegetales o la aplicación de correctores de acidez, para mantener un ambiente óptimo para las lombrices y los procesos biológicos asociados.

Además, los resultados sugieren que la combinación de materia orgánica vegetal y animal podría representar una estrategia eficiente para equilibrar la nutrición del suelo y el desarrollo de *Eisenia foetida*, aprovechando los beneficios complementarios de cada tipo de residuo. Esto se alinea con las conclusiones de Alcívar (2023), quien encontró que mezclas de diferentes sustratos pueden mejorar la productividad y adaptabilidad de las lombrices.

Finalmente, es importante considerar que la respuesta de las lombrices a los diferentes sustratos también está influenciada por factores ambientales como la temperatura, humedad y densidad poblacional, tal como evidenció Guevara (2024). En este sentido, futuros estudios deberían incorporar estos parámetros para optimizar aún más las condiciones de vermicompostaje y maximizar el aprovechamiento de *Eisenia foetida* en la gestión sostenible de residuos orgánicos y la agricultura regenerativa.

## CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- El uso de *Eisenia foetida* en combinación con residuos orgánicos vegetales y animales mejoró significativamente las propiedades físicas y químicas del suelo, especialmente en los tratamientos con materia orgánica (T1 y T2).
- El tratamiento con residuos animales (T2) generó mayores incrementos en nutrientes clave como fósforo, hierro y manganeso, además de elevar el contenido de materia orgánica. No obstante, también provocó una caída en el pH del suelo, lo cual podría requerir correcciones agronómicas.
- Las lombrices mostraron mayor desarrollo en biomasa y longitud en los tratamientos con materia orgánica. Sin embargo, se observó una alta variabilidad entre individuos, posiblemente influenciada por factores como reproducción, competencia y disponibilidad de alimento.
- La textura del suelo evolucionó hacia una clase franco-arcillosa en la mayoría de los tratamientos, lo cual es favorable para la retención de agua y nutrientes. Incluso el tratamiento control (T0) presentó mejoras texturales.
- Los resultados respaldan el uso de la lumbricultura como una herramienta efectiva para el reciclaje de residuos orgánicos y la mejora de suelos degradados, con beneficios agronómicos y ambientales sostenibles a largo plazo.

## RECOMENDACIONES

- Fomentar el uso de residuos orgánicos animales y vegetales en prácticas agrícolas locales, ya que demostraron ser efectivos para mejorar la fertilidad del suelo y favorecer el desarrollo de *Eisenia foetida*.
- Monitorear periódicamente el pH del suelo, especialmente en tratamientos con residuos animales, para evitar condiciones ácidas que puedan afectar la disponibilidad de nutrientes y el crecimiento de cultivos sensibles.
- Controlar el número y seguimiento de lombrices adultas e identificar posibles crías, para asegurar una evaluación más precisa del crecimiento individual y evitar interferencias en los datos de biomasa y longitud.
- Implementar el vermicompostaje como estrategia sostenible para el manejo de residuos agroindustriales, especialmente en zonas rurales, reduciendo el impacto ambiental y generando un insumo útil para la mejora de suelos degradados.
- Promover más estudios a largo plazo sobre la estabilidad de los nutrientes en suelos tratados con vermicompost, así como su efecto en diferentes tipos de cultivos, para validar su aplicabilidad en diversas condiciones edafoclimáticas.

## Bibliografía

- Alcívar, M. (2023). Comportamiento de la Lombriz Roja Californiana (*Eisenia foetida*) en diferentes sustratos orgánicos. *JOURNAL OF SCIENCE AND RESEARCH* E-ISSN: 2528-8083. Vol. 8, N°. 4, Octubre – diciembre 2023. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9143399.pdf>
- Álvarez, H. (2023). Estudio comparativo en la estructura físico química de los suelos de sistemas agroforestales instalados por los proyectos de desarrollo alternativo en el Valle del Monzón–Tingo María. (Tesis de maestría - Universidad Nacional Agraria de la Selva). <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/982ffd5d-654b-4929-a69e-904c5b068a8c/content>
- Arancon, N., Edwards, C., Atiyeh, R., y Metzger, J. (2004). Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*, 93(2), 139-144.
- Aruquipa, O. (2021). Comportamiento agronómico de dos variedades de col rizada (*brassica oleracea* var. *sabellica*) bajo dos frecuencias de aplicación de caldo de humus de lombriz en el municipio de El Alto (Tesis de grado - Universidad Mayor de San Andrés). <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/25865>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Registro Oficial Suplemento No. 983. Recuperado de: [https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO\\_ORGANICO\\_AMBIENTE.pdf](https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf)
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). *Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones*. Registro Oficial Suplemento No. 351. Recuperado de: <https://www.gobiernoelectronico.gob.ec/wp-content/uploads/2018/10/C%C3%B3digo-Org%C3%A1nico-de-la-Producci%C3%B3n-Comercio-e-Inversiones-Copci.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). *Ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria*. Registro Oficial No. 583. Recuperado de: <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-04/LEY%20ORG%C3%81NICA%20DEL%20R%C3%89GIMEN%20DE%20LA%20SOBERAN%C3%8DA%20ALIMENTARIA%20-%20LORSA.pdf>
- Baldeon, S., Baltazar, K., y Ríos J. (2024). Eficiencia de la lombriz roja californiana en la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos. *Memoria Investigativa en Ingeniería*, 28(13), 183-192. Recuperado de: <https://doi.org/10.36561/ING.28.13>
- Bello, A., García-Álvarez, A., & Díez-Rojo, M. (2004). *Ecología del suelo y compostaje en sistemas agrarios*. I Conferencia Internacional ECO-BIOLOGÍA del SUELO y el COMPOST.

- Bravo, L. y Loor, J. (2021). Efecto del hidrogel y vermicompost sobre la productividad del pasto cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *P. Glaucum*) en época seca (Tesis de grado - ESPAM MFL). <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1437>
- Carvajal, J. y Mera, A. (2010). Fertilización biológica: técnicas de vanguardia para el desarrollo agrícola sostenible. *Producción+ limpia*, 5(2), 77-96. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3875676>
- Cedeño, K., Barrera, A., Torres, E., & Jácome, G. (2023). *Características físicas y transformación productiva y reproductiva de la Eisenia foetida en compostaje con residuos orgánicos*. *Revista de Investigación Talentos*, 10(2), 1–15. <https://doi.org/10.33789/talentos.10.2.186>
- Chaupis, A. (2023). “Eficacia de la lombriz (*Eisenia foetida*) para el tratamiento de suelos contaminados con metales pesados en suelos de cultivo de cacao Huánuco”. Recuperado de: <https://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14257/5020/Chaupis%20Garcia%2c%20Anais%20Isabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chicaiza, J. (2011). *bdigital*. Obtenido de Producción de lombriz roja californiana: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/8b20f22b-9d30-414b-bcf7-3e1536102792/content>
- Fernandez, S. (2009). *dspace*. Obtenido de Efectos de la utilizacion del aserrin en combinacion con estiercol bovino: <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/2397/1/17T1013.pdf>
- GreenPeace. (2024). *CAMBIO CLIMÁTICO*. Obtenido de greenpeace: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/>
- Lombrices californianas Ecuador. (2016). *lombrices Ecuador*. Obtenido de Vermicompostaje .
- Mendoza, J. (15 de abril de 2022). *composta red* . Obtenido de Vermicompostaje : <https://www.compostaenred.org/ufaq/que-es-el-vermicompostaje/>
- ONU. (2024). *17 objetivos para transformar nuestro mundo*. Obtenido de [www.un.org](http://www.un.org): <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Páez. (2012). *Gestión del cambio climático en países del área andina : estudio de caso de las Repúblicas de Ecuador y Colombia*. Obtenido de La Referencia: [https://www.lareferencia.info/vufind/Record/CO\\_8ae3500b1cbf60b35be529b7ddadc229](https://www.lareferencia.info/vufind/Record/CO_8ae3500b1cbf60b35be529b7ddadc229)
- Tenecela, X. (2007). *dspace*. Obtenido de Produccion de humus de lombriz mediante el aprovechamiento de y manejo de recursos organicos: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3252/1/TESIS.pdf>
- Toulkeridis, Tamayo, Baile, Mora, Reyes, Torres y Heredia. (2020). *Cambio Climático según los académicos ecuatorianos - Percepciones versus hechos*. Obtenido de scielo: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-85962020000100021#:~:text=Ecuador%20ha%20sufrido%20varios%20cambios,produktividad%20agr%C3%ADcola%20y%20los%20suministros](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-85962020000100021#:~:text=Ecuador%20ha%20sufrido%20varios%20cambios,produktividad%20agr%C3%ADcola%20y%20los%20suministros)



# ANEXOS: Análisis iniciales



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : AVILA CAICEDO ALFREDO JOSUE Dirección : ESMERALDAS / ATACAMES Ciudad : ATACAMES Teléfono : 0997092235 Fax : alfredan32@gmail.com	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : S/N Provincia : Esmeraldas Cantón : Tachina Parroquia : Tachina Ubicación : Vía al Tigre	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : N° Reporte : 12954 Fecha de Muestreo : 23/2/2025 Fecha de Ingreso : 26/2/2025 Fecha de Salida : 11/3/2025
---	---	---

N° Muestr. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			mg/100ml			ppm						
	Identificación	Area		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B		
114714	T-I: Muestra		7,2	PN	39 M	50 A	1,34 A	25 A	5,5 A	29 A	1,0 B	0,8 B	12 B	7,4 M	0,73 M	
114715	T0: Control		7,4	PN	61 A	106 A	1,62 A	23 A	3,5 A	29 A	3,7 M	1,1 M	21 M	14,8 M	0,42 B	
114716	T1: Vegetal		7,2	PN	41 A	30 A	2,21 A	25 A	5,1 A	35 A	2,8 M	0,7 B	8 B	7,7 M	0,94 M	
114717	T2: Animal		7,3	PN	234 A	66 A	2,30 A	26 A	5,2 A	44 A	5,4 M	0,7 B	11 B	21,9 A	2,08 A	



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.

<b>INTERPRETACION</b> pH MSA = Muy Acido    LA = Liger. Acido    T-Al = Liger. Alcalino    RC = Requiere Cal    B = Bajo A = Acido    PN = Prec. Neutro    M-AI = Media Alcalino    M = Medio MSA = Media Acido    N = Neutro    A = Alcalino    A = Alto	<b>METODOLOGIA USADA</b> pH = Sulfuric acid (1:2.5) N,P,K = Colorimetría S = Turbidimetría K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	<b>EXTRACTANTES</b> Otros Modificado N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn Fosfato de Calcio Monobásico BS
---	--	--

*[Signature]*  
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

*[Signature]*  
RESPONSABLE LABORATORIO



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Teléf: 052 783044 suelos.eetp@iniap.gob.ec

### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : AVILA CAICEDO ALFREDO JOSUE Dirección : ESMERALDAS / ATACAMES Ciudad : ATACAMES Teléfono : 0997092235 Fax : alfredan32@gmail.com	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : S/N Provincia : Esmeraldas Cantón : Tachina Parroquia : Tachina Ubicación : Vía al Tigre	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : N° de Reporte : 12954 Fecha de Muestreo : 23/2/2025 Fecha de Ingreso : 26/2/2025 Fecha de Salida : 11/3/2025
---	---	--

N° Muestr. Laborat.	mg/100ml			dS/m	C.E.		M.O.		Ca+Mg		Σ Bases	RAS	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na		C.E.	M.O.	Mg	K	Ca	Mg				Ca	Cl	Arena	
114714						1,7	B	4,5	4,10	22,76	31,84			26	40	34	Franco-Arcilloso
114715						1,0	B	6,5	2,16	16,36	28,12			26	26	18	Franco-Arenoso
114716						1,6	B	4,9	2,31	13,62	32,31			32	34	34	Franco-Arcilloso
114717						3,0	M	5,0	2,26	13,57	33,50			32	32	36	Franco-Arcilloso



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.

<b>INTERPRETACION</b> Al+H, Al y Na    C.E.    M.O. y Cl B = Bajo    NS = No Salino    S = Salino    B = Bajo M = Medio    LS = Lig. Salino    MS = Muy Salino    M = Medio T = Tóxico	<b>ABREVIATURAS</b> C.E. = Conductividad Eléctrica M.O. = Materia Orgánica RAS = Relación de Adsorción de Sodio	<b>METODOLOGIA USADA</b> C.E. = Conductimetría M.O. = Titulación de Walkley Black Al+H = Titulación con NaOH
--	--	---

*[Signature]*  
RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

*[Signature]*  
RESPONSABLE LABORATORIO

# Resultados finales



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.ectp@iniap.gob.ec

## REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : AVILA CAICEDO ALFREDO JOSUE Dirección : ESMERALDAS / ATACAMES Ciudad : ATACAMES Teléfono : 0997092235 Fax : alfredan32@gmail.com	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Pucese Campus Tachina Provincia : Esmeraldas Cantón : Esmeraldas Parroquia : Tachina Ubicación : Vía al Tigre	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : N° Reporte : 13290 Fecha de Muestreo : 20/6/2025 Fecha de Ingreso : 26/6/2025 Fecha de Salida : 15/7/2025
---	--	---

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		NH4	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
115883	M1 Control		7,2	PN	17 B	50 A	1,40 A	18 A	4,9 A	16 M	3,6 M	3,9 M	10 B	40,6 A	1,34 A
115884	M2 Animal		6,3	LAc	31 M	78 A	1,10 A	15 A	4,5 A	17 M	4,7 M	4,8 A	126 A	67,9 A	1,09 A
115885	M3 Vegetal		7,4	PN	23 M	58 A	2,00 A	20 A	4,7 A	14 M	4,2 M	3,6 M	14 B	26,5 A	1,02 A



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.

INTERPRETACION				METODOLOGIA USADA		EXTRACTANTES			
pH MAc = Muy Acido    LAc = Ligert. Acido    LAl = Lige. Alcalino    RC = Requiere Cal Ac = Acido    PN = Prac. Neutro    MAl = Media Alcalino MeAc = Media. Acido    N = Neutro    Al = Alcalino				Elementos de N a B B = Bajo M = Medio A = Alto		pH = Suelo: agua (1:2.5) N,P,B = Colorimetría S = Turbidimetría K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica		Olsen Modificado N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn Fosfato de Calcio Monobásico BS	

*W. J. J. J.*  
 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

*+ @chufel*  
 RESPONSABLE LABORATORIO



**ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24  
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.ectp@iniap.gob.ec

## REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

<b>DATOS DEL PROPIETARIO</b> Nombre : AVILA CAICEDO ALFREDO JOSUE Dirección : ESMERALDAS / ATACAMES Ciudad : ATACAMES Teléfono : 0997092235 Fax : alfredan32@gmail.com	<b>DATOS DE LA PROPIEDAD</b> Nombre : Pucese Campus Tachina Provincia : Esmeraldas Cantón : Esmeraldas Parroquia : Tachina Ubicación : Vía al Tigre	<b>PARA USO DEL LABORATORIO</b> Cultivo Actual : N° de Reporte : 13290 Fecha de Muestreo : 20/6/2025 Fecha de Ingreso : 26/6/2025 Fecha de Salida : 15/7/2025
---	--	--

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	C.E.	M.O.	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l)%	ppm	Textura (%)			Clase Textural	
	Al+H	Al	Na					Mg	K	K	Σ Bases			RAS	Cl	Arena		Limo
115883							3,9	M	3,6	3,50	16,36	24,30			21	44	35	Franco-Arcilloso
115884							3,9	M	3,3	4,09	17,73	20,60			25	38	37	Franco-Arcilloso
115885							3,5	M	4,2	2,35	12,35	26,70			29	34	37	Franco-Arcilloso



La muestra será guardada en el Laboratorio por tres meses. Tiempo en el que se aceptarán reclamos en los resultados.

INTERPRETACION				ABREVIATURAS		METODOLOGIA USADA	
Al+H, Al y Na    C.E.    M.O. y Cl B = Bajo    NS = No Salino    S = Salino    B = Bajo M = Medio    LS = Lig. Salino    MS = Muy Salino    M = Medio T = Tóxico    A = Alto				C.E. = Conductividad Eléctrica M.O. = Materia Orgánica RAS = Relación de Adsorción de Sodio		C.E. = Conductímetro M.O. = Titulación de Weikley Bloc Al+H = Titulación con NaOH	

*W. J. J. J.*  
 RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

*+ @chufel*  
 RESPONSABLE LABORATORIO

**Tabla de peso inicial y final con la diferencia de peso**

Tratamiento	Peso inicial	Peso final	Diferencia de peso
Animal	1	0,4	-0,6
Animal	1	0,8	-0,21
Animal	1	1	0
Animal	0,5	1	0,45
Animal	0,8	1	0,21
Animal	0,5	0,3	-0,2
Animal	0,2	0,8	0,6
Animal	0,4	0,3	-0,1
Animal	0,2	0,3	0,1
Animal	1	0,2	-0,8
Animal	1	0,7	-0,3
Animal	0,8	0,8	0
Animal	0,7	0,5	-0,2
Animal	0,4	0,4	0
Animal	0,8	0,6	-0,2
Animal	0,4	1	0,6
Animal	1	0,3	-0,7
Animal	1	0,2	-0,8
Animal	1	0,5	-0,5
Animal	0,5	0,3	-0,2
Animal	0,8	0,4	-0,4
Animal	0,5	0,9	0,4
Animal	0,2	0,8	0,6
Animal	0,4	0,7	0,32
Animal	0,2	0,9	0,7
Animal	1	1	0
Animal	1	0,6	-0,4
Animal	0,8	0,8	0
Animal	0,7	0,9	0,23
Animal	0,4	1	0,55
Animal	0,8	0,9	0,09
Animal	0,4	1,4	0,97
Animal	1	0,9	-0,15
Animal	1	0,8	-0,2
Animal	1	0,8	-0,2
Animal	0,5	0,7	0,15
Animal	0,8	0,4	-0,4
Animal	0,5	0,7	0,16
Animal	0,2	0,6	0,38
Animal	0,4	0,8	0,4

Vegetal	0,2	0,6	0,4
Vegetal	1	0,8	-0,2
Vegetal	1	0,7	-0,3
Vegetal	0,8	0,8	-0,02
Vegetal	0,7	0,8	0,1
Vegetal	0,4	0,9	0,49
Vegetal	0,8	1	0,2
Vegetal	0,4	1,5	1,11
Vegetal	1	1	-0,02
Vegetal	1	0,6	-0,44
Vegetal	1	0,6	-0,4
Vegetal	0,5	0,8	0,27
Vegetal	0,8	0,1	-0,7
Vegetal	0,5	1,1	0,63
Vegetal	0,2	0,4	0,2
Vegetal	0,4	0,3	-0,1
Vegetal	0,2	0,8	0,61
Vegetal	1	0,3	-0,7
Vegetal	1	0,2	-0,8
Vegetal	0,8	0,3	-0,48
Vegetal	0,7	1	0,26
Vegetal	0,4	0,8	0,39
Vegetal	0,8	0,6	-0,17
Vegetal	0,4	0,8	0,41
Vegetal	1	0,2	-0,8
Vegetal	1	0,3	-0,7
Vegetal	1	1	0,02
Vegetal	0,5	0,2	-0,3
Vegetal	0,8	0,9	0,08
Vegetal	0,5	0,3	-0,2
Vegetal	0,2	0,2	0
Vegetal	0,4	0,3	-0,1
Vegetal	0,2	0,3	0,1
Vegetal	1	1	-0,02
Vegetal	1	0,5	-0,5
Vegetal	0,8	1,2	0,38
Vegetal	0,7	0,8	0,13
Vegetal	0,4	0,9	0,53
Vegetal	0,8	1	0,19
Vegetal	0,4	0,5	0,09
Vegetal	1	1	-0,02
Vegetal	1	0,1	-0,9
Control	1	0,2	-0,8
Control	0,5	0,3	-0,2
Control	0,8	0,2	-0,6

Control	0,5	0,3	-0,2
Control	0,2	0,2	0
Control	0,4	0,2	-0,2
Control	0,2	0,2	0
Control	1	0,4	-0,6
Control	1	0,2	-0,8
Control	0,8	0,3	-0,5
Control	0,7	0,2	-0,5
Control	0,4	0,3	-0,1
Control	0,8	0,2	-0,6
Control	0,4	0,3	-0,1
Control	1	0,4	-0,6
Control	1	0,2	-0,8
Control	1	0,3	-0,7
Control	0,5	0,4	-0,1
Control	0,8	0,3	-0,5
Control	0,5	0,4	-0,1
Control	0,2	0,4	0,2
Control	0,4	0,5	0,1
Control	0,2	0,4	0,2

**EVIDENCIAS**



