



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto del vermicompost en el desarrollo de plantas de banano en la etapa  
de vivero**

**CORTEZ LOOR DOUGLAS ARIEL  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2022**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**Efecto del vermicompost en el desarrollo de plantas de banano en la  
etapa de vivero**

**CORTEZ LOOR DOUGLAS ARIEL  
INGENIERO AGRONOMO**

**MACHALA  
2022**



**UTMACH**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**CARRERA DE AGRONOMÍA**

**TRABAJOS EXPERIMENTALES**

**Efecto del vermicompost en el desarrollo de plantas de banano en  
la etapa de vivero**

**CORTEZ LOOR DOUGLAS ARIEL  
INGENIERO AGRONOMO**

**BARREZUETA UNDA SALOMON ALEJANDRO**

**MACHALA  
2022**

# EFFECTO DEL VERMICOMPOST EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE BANANO

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

0%

INDICE DE SIMILITUD

%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20%

Excluir bibliografía

Activo

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, CORTEZ LOOR DOUGLAS ARIEL, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Efecto del vermicompost en el desarrollo de plantas de banano en la etapa de vivero, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

CORTEZ LOOR DOUGLAS ARIEL

0706400066

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de investigación, en primera instancia a Dios por darme vida, salud y la fuerza suficiente para seguir adelante.

A mis padres Luis Cortez y Maribel Loor quienes me dieron todo su apoyo incondicional, confianza y seguridad en la carrera universitaria, por sus consejos de los cuales supe aprovecharlos cuando me encontraba desmotivado.

A mi familia en general debido a que cada uno de ellos fueron las razones por las cuales nunca me rendí en el transcurso mi preparación universitaria que de forma directa o indirectamente aportaron durante mi formación profesional y como seres humanos, gracias absolutas.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Técnica de Machala, especialmente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y a los docentes que me instruyeron durante esta etapa de estudiante.

Agradezco a mi Director de tesis Ing. Salomón Barrezueta, PhD, y a los miembros de la misma Bioq. Sayda Herrera, Mgs. Ing. Rigoberto Garcia. PhD quienes me ayudaron y guiaron en este trabajo de investigación.

Agradezco a Dios por haberme dado la fuerza y coraje suficiente para seguir adelante y no desmayar en el camino, a mis padres, abuelos, tíos y hermano por darme siempre su apoyo y confianza durante todos estos años de estudio.

# **EFFECTO DEL VERMICOMPOST EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE BANANO**

**Autor**

Douglas Ariel Cortez Loor

**Tutor**

Dr. Salomón Barrezueta Unda PhD.

## **RESUMEN**

El cultivo de banano se encuentra en constante renovación de las áreas sembradas, por lo que se requiere material vegetal de calidad y libres de patógenos, por cuanto, tener en cuenta el origen de la semilla y el sustrato donde se mantendrán las plantas en la etapa de vivero antes de la siembra en campo definitivo juega un rol muy importante para el mundo bananero. El objetivo principal fue analizar el efecto de varios tratamientos de vermicompost en el desarrollo morfológico de plantas de banano Williams a nivel de vivero. Se realizó la finca “Las Mercedes”, localizada en la parroquia El Cambio del cantón Machala, en el Km 8 de la vía Machala-Pajonal, de la provincia de El Oro. Se establecieron cuatro tratamientos, el (T1) se formó de 100 gramos de vermicompost + 650 g de tamo de arroz y 650 g de arena. El (T2) se conformó de 200 g de vermicompost + 600 gramos de tamo de arroz + 600 gramos de arena. Seguidamente el (T3) se formó de 300 g de vermicompost + 500 gramos de tamo de arroz + 500 gramos de arena y finalmente el (T4) se conformó de 300 g de suelo + 500 gramos de tamo de arroz + 500 gramos de arena. Las variables evaluadas fueron, altura de la planta, altura de la planta hasta el ápice, fuste de la plántula, emisión foliar, largo de la raíz, peso de la raíz y cormo, conductividad eléctrica, pH del compost y vermicompost y clorofila de las hojas. Con los datos obtenidos se realizaron pruebas Duncan y ANOVA al 5% de significancia, para las variables conductividad eléctrica y pH del compost y vermicompost, se tomaron seis muestras por 60 días. En la elaboración del compost la conductividad eléctrica la menor media obtenida fue de 1099  $\mu\text{S}/\text{m}$  en la segunda medición, mientras el valor mayor fue de 1890  $\mu\text{S}/\text{m}$ , los valores del pH determinado en el compost fueron altamente alcalinos, al final de la medición el pH tuvo un valor de 8. La conductividad eléctrica del vermicompost presentó variación y termino con 2076  $\mu\text{S}/\text{m}$ , el pH mayor fue de 7,95 en la M6. Para la altura de la planta el valor más alto se obtuvo en el tratamiento dos (T2) con una altura de

51,5 cm; El mayor valor para el fuste de las plantas fue de 10,3 cm obtenido en el tratamiento tres (T3). En la emisión foliar el valor promedio más alto fue de 8,8 número de hojas en el tratamiento tres (T3). En la clorofila de las hojas el (T1) y (T4) fueron los valores más altos con 30,4 y 29,2 grados spad, respectivamente. El mayor valor del peso de la raíz + el corno fue en (T3) con 0,54 kg. La longitud de la raíz el mayor promedio fue en el tratamiento (T3) con 52 cm. Se demuestra que efectivamente con la aplicación de una dosis más alta de vermicompost, las plantas obtienen un mayor desarrollo en la etapa de vivero.

**Palabras clave:** compost, abonos orgánicos, lombriz, humus, musáceas.

# EFFECT OF VERMICOMPOST ON BANANA SEEDLING DEVELOPMENT

## **Author**

Douglas Ariel Cortez Loor

## **Tutor**

Salomón Barrezueta Unda

## **ABSTRACT**

Banana cultivation is in constant renewal of planted areas, so quality plant material free of pathogens is required, therefore, taking into account the origin of the seed and the substrate where the plants will be kept in the nursery stage before planting in the final field plays a very important role for the banana world. The main objective was to analyze the effect of various vermicompost treatments on the morphological development of Williams banana plants at nursery level. The study was carried out at "Las Mercedes" farm, located in the parish of El Cambio, Machala canton, at Km 8 of the Machala-Pajonal road, in the province of El Oro. Four treatments were established, (T1) consisted of 100 grams of vermicompost + 650 g of rice chaff and 650 g of sand. (T2) consisted of 200 g of vermicompost + 600 g of rice chaff + 600 g of sand. Next, (T3) consisted of 300 g of vermicompost + 500 grams of rice chaff + 500 grams of sand and finally (T4) consisted of 300 g of soil + 500 grams of rice chaff + 500 grams of sand. The variables evaluated were plant height, plant height to the apex, seedling stem, leaf emission, root length, root and corm weight, electrical conductivity, compost and vermicompost pH and leaf chlorophyll. Duncan and ANOVA tests were performed with the data obtained at 5% significance, for the variables electrical conductivity and pH of the compost and vermicompost, six samples were taken for 60 days. In the elaboration of the compost, the lowest average electrical conductivity obtained was 1099  $\mu\text{S}/\text{m}$  in the second measurement, while the highest value was 1890  $\mu\text{S}/\text{m}$ , the pH values determined in the compost were highly alkaline, at the end of the measurement the pH had a value of 8. The electrical conductivity of the vermicompost presented variation and ended with 2076  $\mu\text{S}/\text{m}$ , the highest pH was 7.95 in the M6. For plant height the highest value was obtained in treatment two (T2) with a height of 51.5 cm; the highest value for the stem of the plants was 10.3 cm obtained in treatment three (T3). In leaf emission, the highest average value was 8.8 number of leaves in treatment three

(T3). In leaf chlorophyll (T1) and (T4) were the highest values with 30.4 and 29.2 degrees spad, respectively. The highest value for root weight + corm was in (T3) with 0.54 kg. Root length was highest in the treatment (T3) with 52 cm. It is demonstrated that effectively with the application of a higher dose of vermicompost, the plants obtain a greater development in the nursery stage.

**Key words:** compost, organic fertilizers, worm castings, humus, musaceae.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Abonos orgánicos.....	3
2.2 El Compost.....	3
2.3 La Lombricultura .....	4
2.3.1 Lombriz roja californiana.....	4
2.4 Vermicompost.....	4
2.4.1 Proceso de obtención del vermicompost.....	5
2.4.2 Ventajas del vermicompost.....	6
2.5 El Cultivo de Banano .....	6
2.5.1 Propagación de banano .....	6
2.5.2 Fertilización de plántulas de banano en vivero .....	7
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
3.1 Localización del ensayo .....	8
3.2 Características del clima .....	8
3.3 Materiales utilizados en la investigación .....	9
3.4 Metodología .....	10
3.4.1 Diseño experimental.....	10
3.4.2 Pasos para la elaboración del vermicompost .....	11
3.4.3 Medición de variables .....	14
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>18</b>
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>25</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>26</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>30</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Cantidad de Biomasa utilizada para obtener el compost .....	9
<b>Tabla 2.</b> Tratamientos aplicados.....	10
<b>Tabla 3.</b> Variables evaluadas.....	14
<b>Tabla 4.</b> Test de Duncan para altura de planta .....	21
<b>Tabla 5.</b> Test de Duncan para el Fuste de las plantas.....	21
<b>Tabla 6.</b> Test de Duncan para la emisión foliar.....	22
<b>Tabla 7.</b> Test de Duncan para la cantidad de clorofila medida en la hoja en grados spad .....	22
<b>Tabla 8.</b> ANOVA al 5% de significancia para las variables Peso de raíz + cormo, peso de raíz y peso del cormo por tratamientos. ....	23
<b>Tabla 9.</b> ANOVA al 5% de significancia para la variable longitud de la raíz por tratamientos. ....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación.....	8
<b>Figura 2.</b> Material Genético.....	9
<b>Figura 3.</b> Esquema del diseño experimental.....	11
<b>Figura 4.</b> Elaboración de fosa para mezcla de materiales.....	12
<b>Figura 5.</b> Construcción de cajas para empezar el proceso de vermicompost.....	12
<b>Figura 6.</b> Lombriz lista para ser incorporada en las cajas con la mezcla.....	13
<b>Figura 7.</b> Tamizado de producto final.....	13
<b>Figura 8.</b> Altura de la planta.....	15
<b>Figura 9.</b> Altura de la planta hasta el ápice.....	15
<b>Figura 10.</b> Largo de la raíz.....	16
<b>Figura 11.</b> Clorofila de las hojas.....	17
<b>Figura 12.</b> Conductividad eléctrica del compost.....	18
<b>Figura 13.</b> Conductividad eléctrica del vermicompost.....	19
<b>Figura 14.</b> pH del compost.....	19
<b>Figura 15.</b> pH del vermicompost.....	20

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Recolección de materiales para la elaboración del vermicompost.....	30
<b>Anexo 2.</b> Elaboración de fosa y mezcla de materiales.....	30
<b>Anexo 3.</b> Traslado de Material vegetal recolectado de la fosa a cajas de madera. ....	30
<b>Anexo 4.</b> Lombrices realizando el proceso de vermicompost. ....	31
<b>Anexo 5.</b> Desinfección de cascarilla de arroz para ser aplicado en los tratamientos.....	31
<b>Anexo 6.</b> Aplicación de tratamientos a las plántulas de banano.....	31
<b>Anexo 7.</b> Plántula de banano seleccionada para toma de datos. ....	32
<b>Anexo 8.</b> Planta sacrificada para toma de datos de peso de raíz y cormo. ....	32
<b>Anexo 9.</b> Proceso de laboratorio.....	33

## 1. INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa AAA*), por su aporte nutricional, se encuentran entre las principales frutas que se consumen a nivel mundial, por tanto, es un componente básico en la dieta de más de 400 millones de personas (Novillo et al., 2018). Pero los cultivos de banano en todo el mundo están en constante expansión y renovación de áreas sembradas, requiriendo material vegetal que esté libre de patógeno y sobre todo que incremente o mantenga su tasa de rendimiento (Martinez et al., 2019). Por esto, es importante tener en cuenta los siguientes factores: el origen de la semilla y el uso de sustrato donde se mantendrá las plantas en su etapa de vivero, antes de la siembra definitiva.

Para la propagación de plantas de banano, las técnicas tradicionales de propagación incluyen el trasplante de brotes desde la planta madre hasta el terreno final, lo que conlleva un riesgo de propagación de plagas, si el material vegetal no se limpia y se desinfecta (Jiménez et al., 2019). Pero esta técnica está en desuso, es por esto que la propagación se realiza con plántulas obtenidas en laboratorios, luego de pasar el periodo de adaptación se comercializan mediante macetas a un ambiente controlado (vivero). Pero se debe tener cuidado desde la selección de la planta madre, la esterilización del material vegetal (brotes vegetativos) y preparación del sustrato. De esta forma se garantiza obtener plantas uniformes, de mejor calidad, libres de plagas y de rápido crecimiento.

En este marco, la mayoría de los sustratos utilizados en las macetas son mezclas de suelos y de restos vegetales como la cascarilla de arroz desconoce su composición nutricional (Yatoo et al., 2021). Una alternativa es el uso del vermicompost que se obtienen de la transformación de los restos orgánicos en una fase de descomposición para luego pasar a la ingesta por parte de las lombrices de tierra. En este contexto, varios investigadores recomiendan el uso del vermicompost por ser un proceso donde se activan compuestos orgánicos como auxinas, citoquininas y giberelinas (Acosta et al., 2013), así como también, se incrementan microorganismos antagonistas que tiene un efecto supresor de fitopatógenos del suelo (Yatoo *et al.*, 2021). Ticona y Choque (2021), indican que el uso de vermicompost mejora las opciones para una agricultura sostenible con el fin de producir alimentos sanos,

reducir daños al medio ambiente y generar más ingresos económicos adicionales para los productores.

En Ecuador las condiciones edafoclimáticas permiten que pequeños, medianos y grandes productores se dediquen a la explotación de bananos y plátanos. Pero el material vegetal es una limitante a la renovación o ampliar la superficie cultivada. En este contexto y teniendo en cuenta considerando que las plantas de banano en vivero requieren un sistema radical fuerte que permitan adaptarse en su destino final y con los antecedentes que el vermicompost es un sustrato que permite el desarrollo de las raíces se propuso el siguiente objetivo general: Analizar el efecto de varios tratamientos de vermicompost en el desarrollo morfológico de plántulas de banano Williams a nivel de vivero.

Para operatividad el objetivo general fue necesario plantear los siguientes objetivos específicos.

1. Caracterizar el vermicompost obtenido a partir de los desechos de banano, cacao, estiércol y pasto en un proceso aeróbico en fosas de tierra.
2. Describir el desarrollo de las plantas de banano por cada tratamiento durante 8 semanas en invernadero
3. Comparar el desarrollo de las plantas de banano por cada tratamiento durante 8 semanas en invernadero

## **2.REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos, su composición química y el aporte de nutrientes que aportan a los cultivos es alta, además que el efecto que estas obtienen varía según su elaboración y procedencia, la materia orgánica ofrece múltiples ventajas que no se consiguen con la aplicación que fertilizantes sintéticos u orgánicos (Lopez et al., 2011). La importancia de los abonos orgánicos radica en que contribuye al mejoramiento de la fertilidad del suelo a través de la incorporación de microorganismos (Reyes et al., 2017).

Hernandez *et al.*, (2020) señalan que, con la aplicación de abonos orgánicos como compost, vermicompost, humus, microorganismos eficientes y además incorporar buenas prácticas agrícolas, mejora la fertilidad de los suelos, desintoxicando y oxigenando las raíces y así mejorando la producción de los cultivos. Aunque, Hernández et al., (2020) manifiestan que los residuos orgánicos en abundancia pueden representar un impacto negativo al medio ambiente por lo que existen formas de aprovecharlos haciéndolos compost o vermicompost, para ello se debe conocer la descomposición que tenga cada residuo.

### **2.2 El Compost**

El compost es la descomposición de la materia orgánica de forma aeróbica, su aplicación ayuda a reducir los patógenos en el suelo, para la elaboración se puede utilizar hojas, restos de cosechas, estiércoles, entre otros, siempre y cuando esta no se encuentre contaminada (Mendoza *et al.*, 2018).

La elaboración del compost normalmente se realiza mediante la técnica del “montón”, es decir, se realiza un montón por capas colocando primero una capa de estructurante, posteriormente el material vegetal, finalmente capa de lodos del espesor anterior y así sucesivamente hasta lograr la altura deseada (Mendoza *et al.*, 2018).

## **2.3 La Lombricultura**

Es una actividad de mucha importancia, que nace como alternativa especialmente para aprovechar los desechos orgánicos y así contribuir a la reducción de la contaminación y al uso de fertilizantes químicos. La Lombricultura es la producción y cría de lombrices, también hace referencia al uso de los residuos orgánicos como manera de reciclaje y como resultado obtener un abono rico en materia orgánica (Matinez *et al.*, 2018).

### **2.3.1 Lombriz roja californiana**

Según Hernández *et al.*, (2020) esta lombriz es conocida como *Eisenia Foetida* y resulta ser la especie que tolera la gran mayoría de factores ambientales, su reproducción es rápida y tiene capacidad de apañamiento, es por esto que es la más cultiva en el mundo.

Esta lombriz es reconocida como una especie de rápido desarrollo y reproducción, para que esto suceda debe tener una temperatura optima que varía entre 14 y 27°C si de desarrolla fuera de este rango se puede ver afectada en la ingestación de alimento y en la función reproductora. Según estudios en 0.2 m<sup>3</sup> de sustrato, un kg de lombrices incrementa a 1210 kg en aproximadamente 99 días. Transcurrido 45 días después de la siembra, el número de huevecillos se incrementa rápidamente, sin embargo, a partir de 45 a 75 días el incremento es más lento, pero a partir de los 75 días nuevamente se incrementan de forma rápida (Ventura, 2018).

El producto de las excretas de las lombrices es el abono conocido como humus (Ramírez, 2021). Suclupe *et al* (2018), indica que el humus es de color pardo oscuro, con un portaje de humedad alto, y que es necesario procesar antes de ser utilizado de manera directo como sustrato.

## **2.4 Vermicompost**

La aplicación del vermicompost ayuda a repelar las plagas de los cultivos, además, se ha descubierto que los nutrientes presentes en el están disponibles y asimilables para las plantas asi como los fosfatos, también se ha manifestado que contiene reguladores de crecimiento,

así como microorganismos beneficiosos, hongos, bacterias y actinomicetos por lo que lo hace excelente para el crecimiento de las plantas (Mohd *et al.*, 2021).

El vermicompostaje es un proceso biotecnológico sencillo, en el que se utilizan ciertas especies de lombrices para mejorar el proceso de conversión de los residuos y obtener un excelente producto. También con la aplicación de este ayuda a evitar las condiciones antiestéticas higiénicas que crea los residuos orgánicos. Con la incorporación de las lombrices al compostaje se comportan como biorreactores que sirven para airear el suelo y descomponen los residuos orgánicos en un nutritivo abono. Este abono contiene varios tipos de sustancias beneficiosas para las plantas, como hormonas de crecimiento, macro y micronutrientes, nitrógeno utilizable y microorganismos (Achsah & Lakshmi, 2013).

#### **2.4.1 Proceso de obtención del vermicompost**

El principio más importante en el proceso biológico (fermentación aerobia) que es realizado por microorganismos, por lo que tiene ciertas ventajas y a la vez limitaciones, se ven afectados por ciertos factores tales como: temperatura, pH, humedad, relación C/N y la nutrición (Ruiz, 2016).

##### **2.4.1.1 Temperatura**

Para mejorar un proceso de descomposición natural es necesario que se realice en condiciones controladas. Durante el proceso la temperatura tiende a variar dependiendo de la actividad metabólica que poseen los microorganismos. De acuerdo a este parámetro se puede dividir en cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración (Ruiz, 2016).

##### **2.4.1.2 Aireación**

Es un proceso en el que se necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos. La aireación tiene el objetivo de evacuar el dióxido de carbono y aportar con oxígeno a los microorganismos para su óptimo desarrollo (Ruiz, 2016).

### **2.4.1.3 Humedad**

Este factor se relaciona con la aireación. Los microorganismos necesitan agua para transportar los nutrientes a través de la membrana celular, la humedad óptima va alrededor del 55% aunque varía dependiendo del tamaño de las partículas (Ruiz, 2016).

### **2.4.2 Ventajas del vermicompost**

Según Rodríguez (2020), las ventajas del vermicompostaje son:

- Evita el uso indiscriminado de productos sintéticos y la pérdida de fertilidad del suelo.
- Alto contenido enzimas y microorganismos que estimulan el crecimiento de las plantas.
- Ayuda a la aireación del suelo.
- Gran aporte de materia orgánica.
- Es asimilable por las plantas.

## **2.5 El Cultivo de Banano**

El banano en Ecuador es el cultivo de importancia económica; una gran parte del área es cultivada sin previos estudios del terreno, los suelos de textura franco se caracterizan por ser óptimos para buena producción de este cultivo, sin embargo, el uso de fertilizantes sintéticos ha ocasionado degradación a los suelos por lo que hace necesario el uso de enmiendas orgánicas para incrementar la actividad biológica y que los nutrientes estén disponibles para las plantas (Barrezueta *et al.*, 2022).

### **2.5.1 Propagación de banano**

La técnica tradicional de propagar banano es en el trasplante de hijuelos de la planta madre al lugar definitivo sin tomar ninguna medida de desinfección y peor aún de selección por lo que existe riesgos de propagar enfermedades, además que el desprendimiento de hijuelos grandes debilita el estado de la planta madre por lo que no es el método recomendable (Quispe & Choque, 2021).

### **2.5.1.1 Reproducción por cormos**

Esta técnica consiste en seleccionar plantas madres con buenas características agronómicas, luego extraer los cormos de forma que cada uno tenga una yema formante, desinfectarlas y establecerlas en sustrato previamente preparado y estableciéndole condiciones favorables como humedad, fertilización, sombra, luz, etc., con el fin de asegurar una alta producción en el futuro (Salazar & Castillo, 2020).

### **2.5.1.2 Reproducción *in vitro***

La propagación *in vitro* nace como una opción para la obtención de plantas libres de enfermedades causadas por patógenos, su reproducción es abundante y uniforme además de ser de alta calidad, gracias a estos beneficios se han implementado una serie de protocolos que beneficia al mundo de las musáceas. Esta técnica acompañada de una buena selección de material vegetal extraído del campo ha permitido disponer de plantas de excelentes características agronómicas que valen para conservar la especie (Mongelos *et al.*, 2020).

### **2.5.2 Fertilización de plántulas de banano en vivero**

Posteriormente al trasplante definitivo a campo las plántulas de banano deben pasar por una fase de enraizamiento y aclimatación y fertilización en vivero, las plantas propagadas *in vitro* serían incapaces de sobrevivir a las condiciones adversas que existen en el campo por lo que la fase de vivero es punto clave (Cedeño *et al.*, 2021).

La fertilización en la etapa de vivero juega un papel muy importante en el futuro, su función principal es el aporte de nutrientes que necesita la planta para satisfacer sus necesidades nutricionales debido a que en esta etapa tiene un desarrollo muy rápido (Perez, 2000).

Actualmente, el uso de bioestimulantes y abonos orgánicos en la etapa previo al trasplante es una estrategia para el crecimiento y fortalecimiento de las plántulas, su capacidad de supervivencia al campo depende de ella, es por esto que nace la fertilización orgánica como la aplicación de humus, compost o vermicompost (Cedeño *et al.*, 2021).

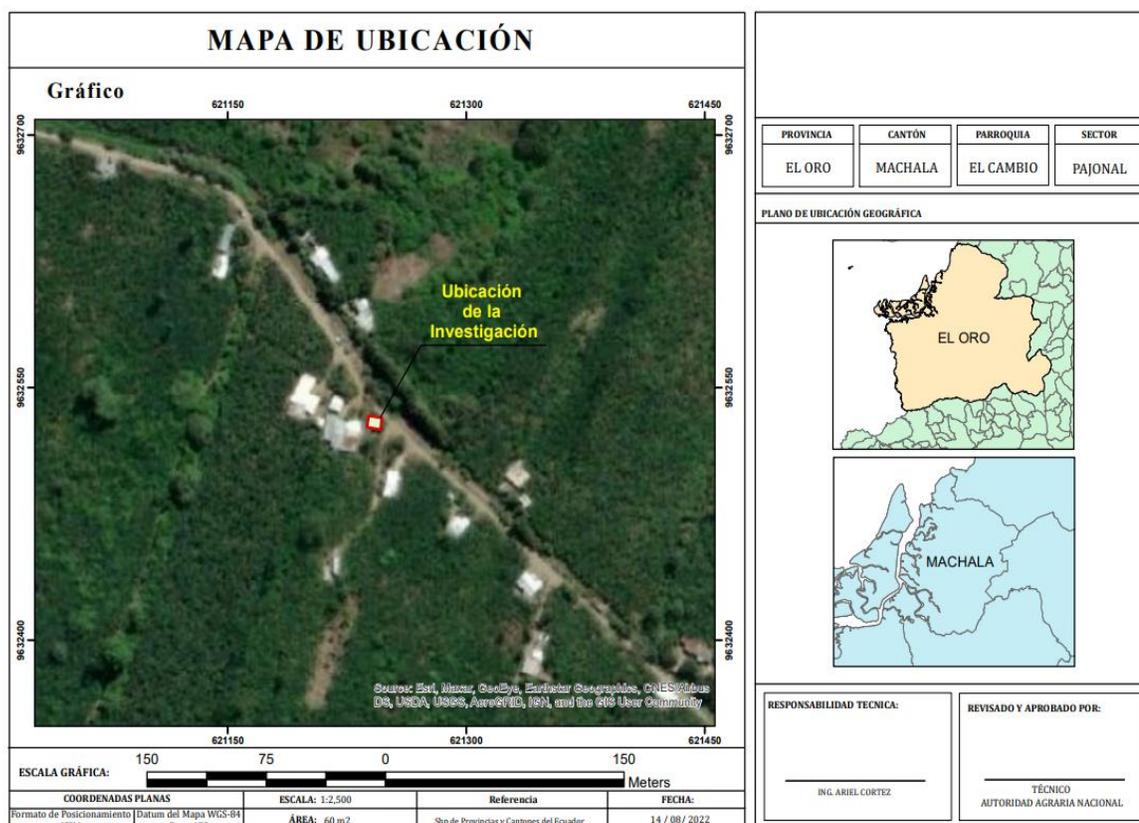
### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del ensayo

Se desarrolló en la finca “Las Mercedes”, localizada en la parroquia El Cambio del Cantón Machala, ubicada en el Km 8 de la vía Machala-Pajonal, de la provincia de El Oro. La finca de encuentra ubicada en las siguientes coordenadas geográficas:

Longitud: 3° 19' 26" S

Latitud: 79° 54' 31" W



**Figura 1.** Mapa de ubicación.

#### 3.2 Características del clima

La zona de estudio corresponde a un bosque tropical, temperatura máxima promedio de 31 °C y mínima de 25 °C, precipitación media anual es de 364 mm, la humedad media es del 80% y el Índice UV es 6 (Reyes, 2021).

### 3.3 Materiales utilizados en la investigación

Los materiales utilizados para obtener el compost se detallan en la tabla 1. El raquis de banano se obtuvo de la finca donde se realizó el trabajo, la paja de pasto, el estiércol de vaca, la hojarasca de cacao y de bosque, así como el suelo de leche de la Granja experimental Santa Inés (UTMACH) y el biocarbon fue adquirido en una casa comercial.

**Tabla 1.** Cantidad de Biomasa utilizada para obtener el compost

<b>Materiales</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
Sacos de Raquis	830.68
Carbón	20.91
Pasto	7.27
Estiercol de vaca	79.09
Hojarasca (cacao)	17.27
Hojarasca(bosque)	267.73
Suero de leche (lts)	30
Biochar de cacao	10

Material genético para la propagación fueron 60 plántulas de banano clon Williams obtenidos por meristemas de aproximadamente dos meses (Figura 2). Las plántulas fueron obtenidas del vivero Agrobioplants ubicado en vía a Rájaro del cantón Pasaje en la Provincia de El Oro.



**Figura 2.** Material Genético.

### 3.4 Metodología

#### 3.4.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar, donde se establecieron cuatro tratamientos, cada uno con 15 plantas que se las distribuyó de forma homogénea en cuanto a espacio (Figura 3). Todas las plantas fueron homogéneas en cuanto al tamaño y edad. En la tabla 2, se muestran los tratamientos utilizados en la presente investigación. El tratamiento 1 (T1) se formó de 100 gramos de vermicompost + 650 g de tamo de arroz y 650 g de arena. El segundo tratamiento (T2) se conformó de 200 g de Vermicompost + 600 gramos de tamo de arroz + 600 gramos de arena. Seguidamente el tratamiento tres (T3) se formó de 300 g de Vermicompost + 500 gramos de tamo de arroz + 500 gramos de arena y finalmente el tratamiento cuatro (T4) se conformó de 300 g de Suelo + 500 gramos de tamo de arroz + 500 gramos de arena, este último con el fin de conocer si el vermicompost tiene alguna diferencia significativa dentro de los tratamientos evaluados.

**Tabla 2.** Tratamientos aplicados.

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción</b>
T1	100 g de Vermicompost + 650 gramos de tamo de arroz + 650 gramos de arena
T2	200 g de Vermicompost + 600 gramos de tamo de arroz + 600 gramos de arena
T3	300 g de Vermicompost + 500 gramos de tamo de arroz + 500 gramos de arena
T4	300 g de Suelo + 500 gramos de tamo de arroz + 500 gramos de arena

## EFFECTO DEL VERMICOMPOST EN EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE BANANO

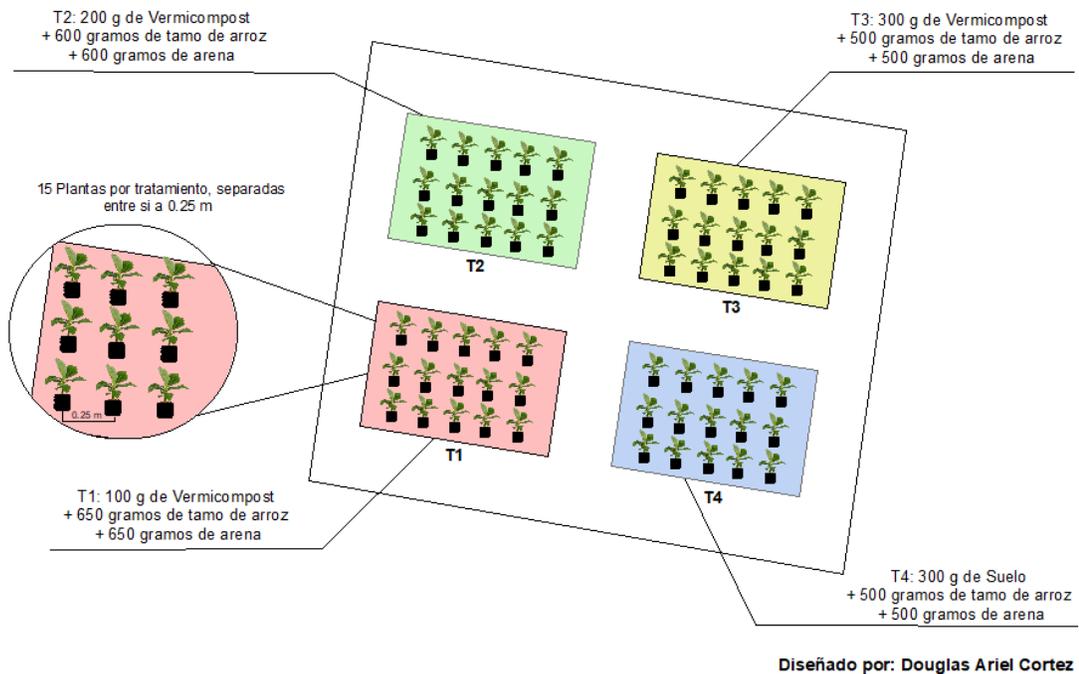


Figura 3. Esquema del diseño experimental.

### 3.4.2 Pasos para la elaboración del vermicompost

- Se empezó con la recolección de los materiales, entre ellos: raquis de banano, carbón, pasto, estiércol de vaca, hojas de cacao, hojarasca de bosque, suero de leche y finalmente biochar de cacao.
- Seguidamente se realizó un hoyo de 2 m\* 2 m\* 1.80 m, donde se procedió a colocar el raquis de banano picado de manera uniforme, a continuación, se fue añadiendo cada material hasta tener una mezcla homogénea y se colocó en la mitad un tubo perforado para que haya aireación y en la parte superior se cubrió con un plástico para que este quede hermético.



**Figura 4.** Elaboración de fosa para mezcla de materiales.

- Para evitar la proliferación de hongos y bacterias se removía a menudo la mezcla con el fin de airearla.
- Una vez terminado el proceso de compostaje, se realizaron cuatro cajas de madera de 0.60 metros de ancho, por 0.60 metros de alto y 0.60 metros de profundidad, con bases de 1 metro de altura desde el suelo. Se llenó casi totalmente estas cajas con el compost recolectado de la fosa, dejando un espacio aproximadamente de 5 centímetros hasta la parte superior y se colocó una cantidad aproximada de 300 lombrices por caja.



**Figura 5.** Construcción de cajas para empezar el proceso de vermicompost.



**Figura 6.** Lombriz lista para ser incorporada en las cajas con la mezcla.

- Se regó las cajas de 2 a 3 veces por semana, para asegurar la correcta alimentación de las lombrices y que las mismas no se deshidraten.
- Finalmente, a los dos meses aproximadamente se recolectó el producto final de las cajas. Este producto recolectado se puso a secar al sol y se tamizó con la ayuda de una malla metálica. El producto tamizado se separó y almacenó en sacos en un lugar oscuro para realizar los tratamientos de los cuales fueron aplicados a las plántulas de banano.



**Figura 7.** Tamizado de producto final.

### 3.4.3 Medición de variables

En la tabla 3 se observan las variables que fueron evaluadas en el transcurso de la investigación, los datos tomados en campo fueron por ocho semanas, una vez transcurrido ese tiempo se sacrificaron algunas plantas con el fin de evaluar variables en el laboratorio y conocer ciertas características que influyeron con la incorporación de los tratamientos en estudio.

**Tabla 3.** Variables evaluadas.

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>
Altura de la planta	cm
Altura de la planta hasta el ápice	cm
Fuste de la plántula	cm
Emisión Foliar	Número de hojas
Largo de raíz	cm
Largo de raíz	kg
Conductividad eléctrica	dS/m
pH del compost y vermicompost	Escala de 4 al 10
Clorofila de las hojas	Spad

El procedimiento para medir cada variable dependiente se detalla a continuación.

**Conductividad eléctrica (dS/m):** Se tomaron datos de la concentración de sales disueltas, es decir la salinidad del suelo con la ayuda de un medidor de pH y conductividad eléctrica marca Hanna, de procedencia China. Para la medición se tomó una muestra de 10 gramos del sustrato correspondiente (compost y vermicompost) y se la añadió a un vaso plástico previamente lavado y desinfectado, luego se añadió 20 milímetros de agua con una relación 1:2 respectivamente. Por subsiguiente, se removió la mezcla por 3 minutos constantes, y finalmente se tomaron los datos de medición con el aparato electrónico.

**pH del compost y vermicompost:** Se realizó el proceso del pH que es una medida de la acidez o alcalinidad en los suelos. Esto influye en el desarrollo de las plantas. Por

consiguiente, para la medición se tomó una muestra de 10 gramos del sustrato correspondiente (compost y vermicompost) y se la añadió a un vaso plástico totalmente desinfectado, seguidamente, se añadió 20 milímetros de agua, teniendo una relación 1:2 respectivamente. Finalmente, se removió la mezcla por 3 minutos constantes y se tomaron los datos de medición con el aparato electrónico. La lectura del compost y del vermicompost se realizó cada 10 días durante los 60 días.

**Altura de la planta (cm):** Se midió la altura desde la base de la planta hasta el ápice del meristemo apical (Donde se forma la última V con la hoja cigarro).



**Figura 8.** Altura de la planta.

**Altura de la planta hasta el ápice (cm):** Se midió la altura desde la base de la planta, hasta el ápice de la última hoja.



**Figura 9.** Altura de la planta hasta el ápice.

**Fuste de la plántula (cm):** Se midió el diámetro del pseudotallo en el centro de la planta, teniendo como referencia que la medición se realizó en la mitad de la altura de la planta, en dónde se forma la última V con la hoja cigarro.

**Emisión foliar:** Se contabilizó el número de hojas que emite las plantas por semana, para realizar un buen control y toma de datos, se colocó una cinta de plástico para poder identificar y diferenciar desde donde se tomaba la emisión foliar, la emisión fue tomada por grados foliares.

**Largo de la raíz (cm):** Se midió el largo alcanzado de la raíz dentro de la funda con la ayuda de una cinta métrica, para esto, se abrió totalmente la funda y se retiró lo más posible el sustrato de las plantas, para que este no influya al tomar los datos. Finalmente, se tomó la medida desde la parte superior del cormo, hasta la raíz más larga y mejor desarrollada de cada planta.



**Figura 10.** Largo de la raíz.

**Peso de la raíz y cormo (kg):** Se pesó el total de las raíces con el cormo y por separado, con la ayuda de una balanza digital marca Century, de capacidad máxima de 30 Kilogramos. Una vez obtenidas las raíces separadas del sustrato de cada funda, lo primero se hizo un corte a la planta donde inicia el pseudotallo, para proceder a obtener el peso total de las raíces con el cormo. Luego se retiraron totalmente las raíces del cormo con la ayuda de una navaja, dejando casi blanco al cormo en su superficie, y finalmente se pesó por separado el cormo de la planta.

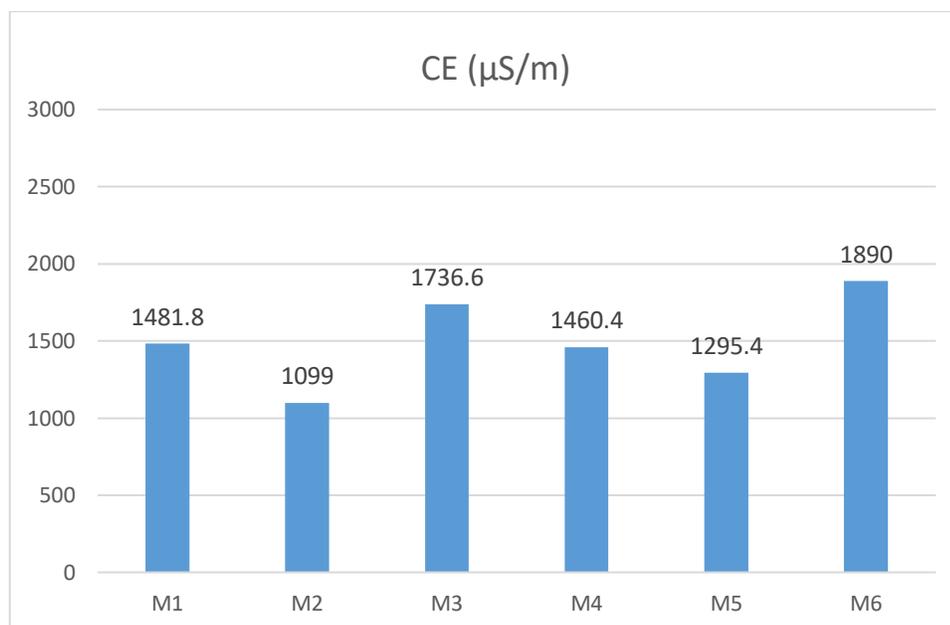
**Clorofila de las hojas:** Se tomaron muestras de hojas al final del experimento, para esta variable se utilizó un medidor de clorofila SPAD 502 Plus marca Minolta (USA), un instrumento que mide la cantidad de clorofila en una hoja, mostrando así los resultados en valores SPAD. Para la toma de estos datos, se cortó una parte aproximada de 5 cm \* 5 cm de la tercera hoja respecto a la última hoja formada. Luego se separó cada trozo de hoja por tratamientos y enseguida se procedió a tomar los datos, en dónde a cada uno, se le tomó un total de 6 mediciones, las cuales fueron promediadas dentro del mismo aparato electrónico para así obtener una sola medida de clorofila.



**Figura 11.** Clorofila de las hojas.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

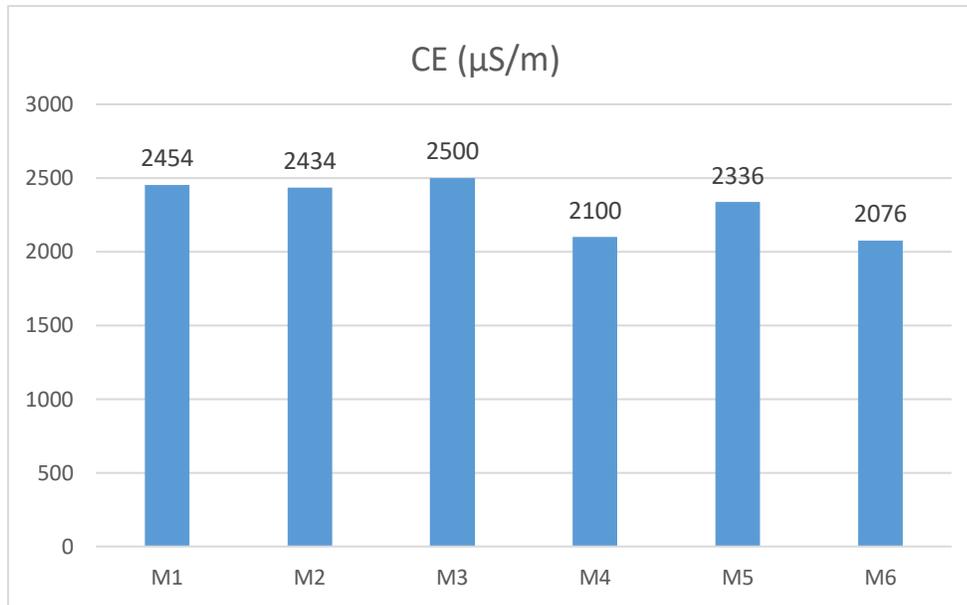
La CE medida en el compost fue irregular entre las mediciones que realizaron durante los 60 días que se tomó los datos (Figura 12). La menor media obtenida fue en la segunda medición con un valor de 1099  $\mu\text{S}/\text{m}$ , mientras el valor mayor fue de 1890  $\mu\text{S}/\text{m}$ , valores que se consideran bajos si se comparan con los niveles de CE en el suelo.



**Figura 12.** Conductividad eléctrica del compost.

Muestra 1= M1; Muestra 2= M2; Muestra 3= M3; Muestra 4= M4; Muestra 5= M5; Muestra 6= M6

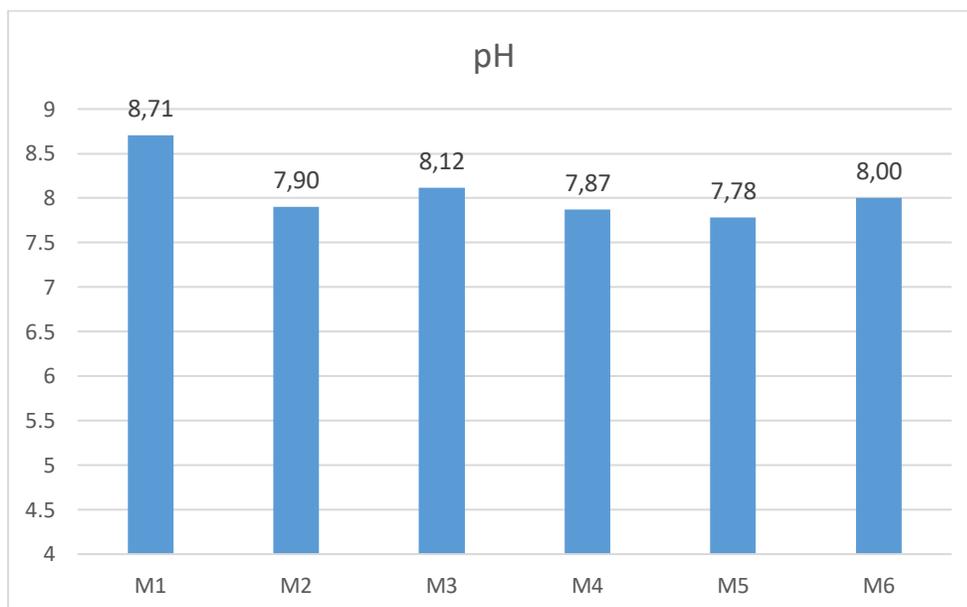
La medición de la CE del vermicompost (figura 13), indico valores altos en los primeros 30 días de medición, con un valor inicial de 2454  $\mu\text{S}/\text{m}$  a 2500  $\mu\text{S}/\text{m}$  en M3, luego entre el día 40 de medición y día 60 los valores de CE disminuyen con un rango de 2336  $\mu\text{S}/\text{m}$  a 2076  $\mu\text{S}/\text{m}$ . Estos resultados son altos en comparación con las lecturas tomadas en el compost, pero representan una ligera presencia de sales, tal vez relacionada con el proceso de transformación del compost dentro del sistema digestivo de las lombrices.



**Figura 13.** Conductividad eléctrica del vermicompost.

Muestra 1= M1; Muestra 2= M2; Muestra 3= M3; Muestra 4= M4; Muestra 5= M5; Muestra 6= M6

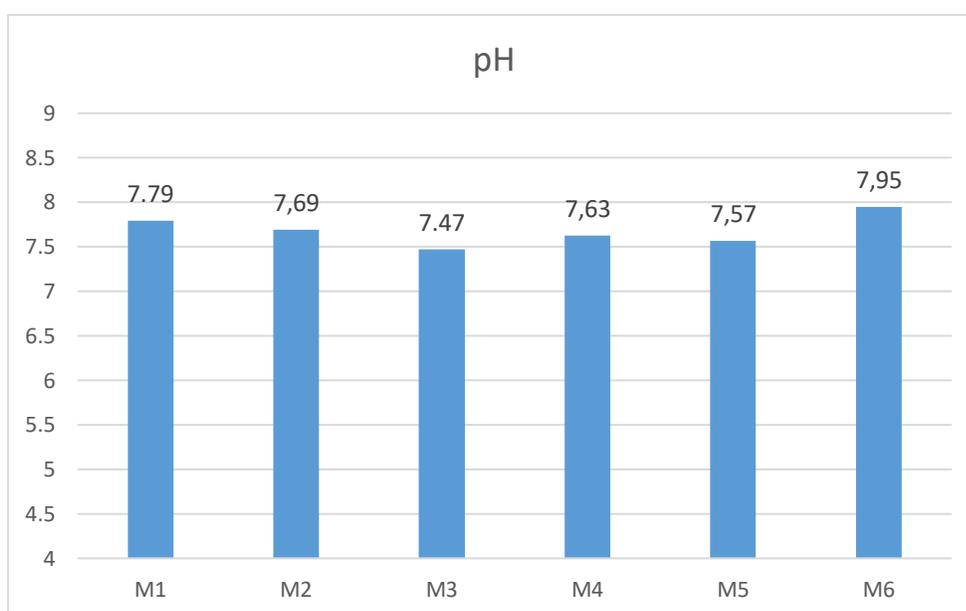
Los valores del pH determinado en el compost fueron altamente alcalinos (figura 14). Esto se muestra en el inicio de las mediciones donde se alcanzó los valores más altos (8,71 en M1 y 8,12 en M3), un valor mínimo de 7,90 determinado en la segunda muestra (M2), y al final de la medición el pH tuvo un valor de 8.



**Figura 14.** pH del compost.

Muestra 1= M1; Muestra 2= M2; Muestra 3= M3; Muestra 4= M4; Muestra 5= M5; Muestra 6= M6

El pH del vermicompost también se categoriza como ligeramente alcalino como se muestra en la figura 15, los valores variaron entre 7,47 en la muestra 3 (M3) a 7,95 en la muestra 6 (M6). El valor alcalino del vermicompost se relaciona en parte por el origen de la biomasa utilizada para el compostaje y también por el constante lavado realizado al humus. Pero en este trabajo los riegos se redujeron por continuas lluvias y alta humedad. El pH alcalino del vermicompost, esto puede influir en el desarrollo de las plantas ya que para el buen desarrollo de las plantas requieren pH de ácidos a neutros. Mago et al., (2021), detallan que el vermicompostaje de la biomasa de residuos del cultivo de banano, al incorporar la lombriz redujo significativamente el pH y la relación C: N y C: P de los residuos.



**Figura 15.** pH del vermicompost.

Muestra 1= M1; Muestra 2= M2; Muestra 3= M3; Muestra 4= M4; Muestra 5= M5; Muestra 6= M6

La prueba de Duncan indicó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los tratamientos, para la variable altura de planta (Tabla 4). El valor más alto se obtuvo en el tratamiento dos (T2) con una altura de 51,5 cm; tratamiento que incorporó 200 g de Vermicompost. Sin embargo, no es un valor extremadamente amplio comparado con los otros tratamientos, pero sí con el tratamiento testigo (T4) que alcanzó los 41,8 cm. Al comparar los valores mínimos y máximos de la tabla 5, de T2 se obtuvo un rango de 32 a 70 cm, mientras en T4 los valores fueron de 28 a 63 cm. Según Quiñonez *et al.*, (2019), manifiestan en su investigación que las

plantas de papaya en condiciones de vivero presentaron mayor crecimiento a mayor proporción de vermicompost.

**Tabla 4.** Test de Duncan para altura de planta

	Mínimo	Media	Desviación estándar	Máxim o
T1	33	45,5 ab	11,2	65
T2	32	51,5 a	12,8	70
T3	32	50 ab	12,9	66
T4	28	41,8 b	11,2	63

Nota: Las letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

El fuste de las plantas fue analizado por medio de la prueba Duncan al 5% obteniendo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). El mayor valor fue de 10,3 cm obtenido en el tratamiento tres (T3), en este tratamiento la dosis de vermicompost fue de 300 g. Los valores T1 y T2 fueron de 9 y 9,1 cm respectivamente, mientras que en el T4 el valor fue de 9,5 cm. Esta relación de mayor cantidad de vermicompost en los tratamientos que indica valor superior de altura coincide con Parmar *et al.*, (2019) donde, las plantas que fueron aplicados el vermicompost presentaron mejor desarrollo y crecimiento.

**Tabla 5.** Test de Duncan para el Fuste de las plantas

	Mínimo	Media	Desviación estándar	Máxim o
T1	7,9	9 c	0,5	9,5
T2	8,4	9,1 c	0,6	10,7
T3	9	10,3 a	0,7	11,4
T4	8,6	9,5 b	0,6	10,6

Nota: Las letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

En la tabla 6, la prueba Duncan ( $p \leq 0.05$ ) realizada para la variable emisión foliar indica diferencias significativas. El valor promedio más alto fue en T3 con 8,8 número de hojas,

seguido de T4 con 8,6 hojas, a diferencia de los otros tratamientos que alcanzaron 8,4 y 8,1 para T1 y T2, respectivamente. Aunque T4 la media y la mediana fueron superiores a los valores de T1, la suma de la emisión de hojas fue mayor.

**Tabla 6.** Test de Duncan para la emisión foliar

	Suma	Media	Mediana
T1	126	8,4 ab	8,6
T2	121,6	8,1 c	8,2
T3	132,6	8,8 a	9
T4	128,8	8,6 ab	8,4

Nota: Las letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

La prueba Duncan al 5% de significancia para la cantidad de clorofila (Tabla 7), se presenta diferencia. Los valores más bajos corresponden a los tratamientos T2 y T3 con 26,2 y 27 grados de spad respectivamente. En estos tratamientos los valores de mínimo y máximo fueron 19,7 a 34,2 (T2) y de 23,8 a 30,2 (T3). mientras T1 y T4 fueron los valores más altos con 30,4 y 29,2 grados spad, respectivamente. Se infiere que los tratamientos con mayor dosis no tienen un efecto directo en la clorofila de las hojas.

**Tabla 7.** Test de Duncan para la cantidad de clorofila medida en la hoja en grados spad

	Mínimo	Media	Desviación estándar	Máximo
T1	17,8	30,4 a	6,5	39,9
T2	19,7	26,2 b	4	34,2
T3	23,8	27 ab	2,2	30,2
T4	21,4	29,6 ab	5	36,8

Nota: Las letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ).

En la tabla 8 se presenta el ANOVA que se realizó a las variables Peso de raíz + cormo, peso de raíz y peso del cormo por tratamientos. No se obtuvo diferencias significancia ( $p \leq 0,05$ ) en ninguno de los tratamientos. El mayor valor del peso de la raíz + el cormo fue

en T3 con 0,54 kg, seguido de T1 (0,51 kg), mientras que el tratamiento 4 registro 0,46 kg, valor mayor al obtenido en T2 (0,43 kg). En el caso solo del peso de la raíz los valores fluctuaron entre 0,31 kg y 0,47 kg ambos registrado en T1, pero el mayor promedio fue de 0,43 kg obtenido en T3. El peso del corno vario muy poco siendo el rango entre 0,08 kg a 0,13 kg, valores obtenidos en T1. El mayor promedio del peso del corno fue en T1 y T3 con 0,11 kg, mientras que T2 y T4 el valor fue de 0,10 kg.

**Tabla 8.** ANOVA al 5% de significancia para las variables Peso de raíz + corno, peso de raíz y peso del corno por tratamientos.

Variable	Tratamientos	Mínimo	Media	DS	Máximo	Sig (p≤0,01)
Peso de raíz + corno	T1	0,39	0,51	0,11	0,59	0,306
	T2	0,38	0,43	0,07	0,51	
	T3	0,50	0,54	0,04	0,56	
	T4	0,41	0,46	0,07	0,54	
Peso raíz		Mínimo	Media	DS	Máximo	Sig (p≤0,01)
	T1	0,31	0,40	0,08	0,47	0,596
	T2	0,29	0,34	0,06	0,40	
	T3	0,40	0,43	0,03	0,45	
T4	0,32	0,36	0,06	0,43		
Peso del corno		Mínimo	Media	DS	Máximo	Sig (p≤0,01)
	T1	0,08	0,11	0,03	0,13	0,353
	T2	0,09	0,10	0,01	0,11	
	T3	0,10	0,11	0,01	0,12	
T4	0,10	0,10	0,01	0,11		

La longitud de la raíz por cada tratamiento fue comparada con un ANOVA, donde no se obtuvo diferencias significativas. El mayor promedio fue en el tratamiento T3 con 52 cm

seguido por el testigo (T0) con 50 cm, T1 con 47 cm y T2 con 44 cm. Los rangos fueron entre 39 cm (T2) y T0 (56). Estos valores indican que el vermicompost no incide de manera significativo en el crecimiento de la raíz del banano.

**Tabla 9.** ANOVA al 5% de significancia para la variable longitud de la raíz por tratamientos.

Longitud de la raíz	Mínimo	Media	Desviación estándar	Máximo	Sig (p≤0,01)
T1	43	47	4	50	0,369
T2	39	44	7	52	
T3	52	52	1	53	
T4	41	50	8	56	

## 5.CONCLUSIONES

El pH del compost obtenido vario poco en relación con el vermicompost, pasado de ligeramente alcalino a alcalino, con niveles bajos de conductividad eléctrica.

Los tratamientos de vermicompost mostraron diferencias significativas frente al testigo, en las variables morfológica de altura y fuste.

La medición entre los tratamientos, en T1 que incluía 100 g de vermicompost, las plantas no obtuvieron mayores benéficos; sin embargo, se presentó un mejor resultado en la clorofila de las hojas, por lo que los tratamientos con mayor dosis q no tienen efectos para esta variable. En T2 que incluía 200 g de vermicompost las plantas presentaron mayor altura, mientras que con el T3 que incluía 300 g de vermicompost presento mejores resultados en fuste de la planta, emisión foliar, peso de cormo y raíz y finalmente en la longitud de la raíz; por lo tanto, a mayor dosis de vermicompost las plantas se desarrollan mejor. Mientras que, con la aplicación del T4 que no se incluyó el vermicompost, las plantas mostraron un menor desarrollo morfológico.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Achsah, R., & Lakshmi, P. (2013). Potential of vermicompost produced from banana waste (*Musa paradisiaca*) on the growth parameters of *Solanum lycopersicum*. *International Journal of ChemTech Research*, 5(5), 2141-2153.
- Acosta, C., Solis, O., Villegas, O., & Cardoso, L. (2013). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*, 37(1), 127-139.
- Barrezueta, S., Condoy, A., & Sanchez, S. (2022). Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banano (*Musa AAA*) en fincas a partir de un manejo orgánico y convencional. *Enfoque UTE*, 13(3), 27-43. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.815>
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124. doi:<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Cedeño, G., Velásquez, S., Avellán, B., Cargua, J., & López, G. (2021). Bioestimulante en el crecimiento y calidad de plántulas de plátano en fase de vivero. *Revista Espamciencia para el Agro*, 12(2), 124-130. doi:[https://doi.org/11260/revista\\_espamciencia.v12i2.2](https://doi.org/11260/revista_espamciencia.v12i2.2)
- FAO. (2015). Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soil. *Italy Technical Summary*, 79.
- Felix, J., Sañudo, R., Rojo, G., Martinez, R., & Olalde, V. (2008). Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximha*, 4(1), 57-67.
- Hernandez, M., Viñada, S., & Velasquez, T. (2020). Características químicas y microbiológicas de vermicomposta producida en el ITSL. *Revista Ciencia, Ingeniería y Desarrollo Tec Lerdo*, 1(6), 35-39.
- Jimenez, L., Fernando, D., Gonzalez, M., & Rafael, M. (2019). Abonos orgánicos una alternativa en el desarrollo de cormos de orito (*Musa acuminata AA*). *Selva Andina Biosphere*, 7(1), 54-62.
- Lince, L., & Khalajabadi, S. (2016). Producción de café en función de las propiedades del suelo, en dos localidades de Quindío Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(1), 71-82.

- Lopez, J., Díaz, A., Rubin, E., & Valdez, R. (2011). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19(4), 293-299.
- Mago, M., Yadav, A., Gupta, R., & Garg, V. (2021). Management of banana crop waste biomass using vermicomposting technology. *Bioresource Technology*, 326(1). doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.124742>
- Martinez, M. A., Osuna, E., & Espinosa, M. (2019). Impacto acumulado de la agricultura de conservación en propiedades del suelo y rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícola*, 10(4), 765-778.
- Matinez, C., Maza, L., Arroyo, Y., Meza, M., Castro, J., & Vergara, O. (2018). Evaluación reproductiva de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida* alimentada con diferentes sustratos en el trópico bajo colombiano. *Livestock Research for Rural Development*, 30(2), 1-8.
- Mendoza, M., Vigil, J., Tejeda, J., & Arriza, C. (2018). Evaluación físico-química y microbiológica e cuatro niveles de lodos ordinarios en la elaboración de compost. *Revista "Agrociencias"*, 1(5), 14-23.
- Mohd, A., Niamat, M., Ahmad, Zahoor, & Hassan, B. (2021). Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(7), 1-26. doi:<https://doi.org/10.1007/s13593-020-00657-w>
- Mongelos, Y., Mussi, C., Duarte, N., & Díaz, M. (2020). Protocolo de desinfección para establecimiento in vitro de meristema apical de banano *Musa spp.* *Revista del Centro de Estudio y Desarrollo de la Amazonia*, 10(02), 47-50.
- Novillo, I., Carrillo, M., Cargua, J., Moreira, V., Albán, K., & Morales, F. (2018). Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Rios, Ecuador. *Temas Agrarios*, 23(2), 177-187.
- Ormeño, M., & Ovalle, A. (2017). Preparación y aplicación de abonos orgánicos. *Ciencia y Producción Vegetal*, 1(17), 29-35.
- Parmar, H., Vinod, V., & Patel, S. (2019). Vermicomposting of Banana Pseudostem and Maize Fodder (Waste) Using *Eudrilus eugeniae*. *British Journal of Applied Science & Technology*, 36(1), 1-9.

- Perez, O. (2000). *Evaluación de tres sustratos para el desarrollo de meristemas de banano en vivero*. Santa Marta: Universidad del Magdalena (Tesis de grado).
- Quiñonez, E., Rincon, G., & Lopez, L. (2019). Hongos micorrizicos arbusculares y vermicomposta en el crecimiento de papaya. *Revista Agro Productividad*, 12(3), 47-52. doi:<https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1343>
- Quispe, C., & Choque, E. (2021). Efecto del lixiviado del lombricompost en hijuelos de banano (*Musa spp*) en condiciones de vivero. *Revista Aphapi*, 7(2), 2152-2157.
- Ramirez, R. (2021). *Proyecto microempresario de producción de humus de lombriz en la parroquia Ancon*. Universidad Estatal Península de Santa Elena.
- Reyes, C. (2021). *Cuando visitar, tiempo y clima*. Obtenido de <https://www.cuandovisitar.com.ec/ecuador/machala-1186583/>
- Reyes, J., Luna, R., Reyes, M., Zambrano, D., & Vasquez, V. (2017). Fertilización con abonos orgánicos en el pimiento (*Capsicum annum L.*) y su impacto en el rendimiento y sus componentes. 44(4).
- Rodriguez, M. (2020). Tratamiento de residuos orgánicos mediante vermicompostaje: Interaccioneslombriz-microorganismo y aplicaciones biotecnológicas del vermicompost. *Tratamiento de Residuos Vermicompost*. Universidad de Laguna (Tesis de Grado), España.
- Ruiz, E. (2016). *Caracterización molecular de las comunidades bacterianas presentes en un sistema de vermicomposteo con residuos orgánicos de cabra y conejo*. Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutierrez.
- Salazar, F., & Castillo, F. (2020). Experiencia significativa de la técnica de reproducción acelerada de semillas de plátano (*Musa sapientum*) en el municipio Obispos Barinas. *Revista Palenque Universitario*, 20(1), 71-83.
- Suclupe, J., Veintimilla, F., Quiñonez, P., & Terán, J. (2018). Plan de enmiendas, yeso agrícola, compost mejorado y enriquecido con EM y humus de lombriz, para mejorar el suelo. 25(1), 141-158. doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25109>
- Ticona, C., & Choque, C. (2021). Efecto del lixiviado del lombricompost en hijuelos de banano (*Musa spp*) en condiciones de vivero. *Revista Científica "Aphapi"*, 7(2), 2152-2157.

- Ventura, M. (2018). *recompostaje en el crecimiento poblacional de Eisenia foetida "Roja Californiana" en Otuzco, La Libertad*. Perú: Universidad Nacional de Trujillo. Tesis de Grado.
- Yatoo, A., Ali, N., Baba, A. Z., & Hassan, B. (2021). Sustainable management of diseases and pests in crops by vermicompost and vermicompost tea. *A review. Agron. Sustain. Dev.*, 41(7). doi:<https://doi.org/10.1007/s13593-020-00657-w>

## 7. ANEXOS



*Anexo 1. Recolección de materiales para la elaboración del vermicompost.*



*Anexo 2. Elaboración de fosa y mezcla de materiales.*



*Anexo 3. Traslado de Material vegetal recolectado de la fosa a cajas de madera.*



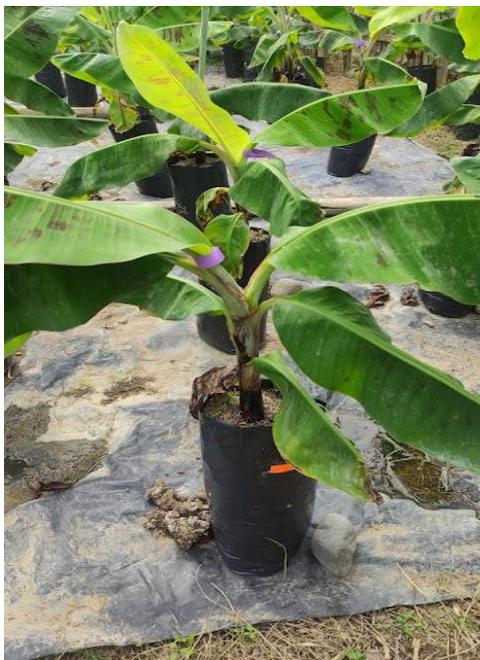
*Anexo 4. Lombrices realizando el proceso de vermicompost.*



**Anexo 5.** Desinfección de cascarilla de arroz para ser aplicado en los tratamientos.



*Anexo 6. Aplicación de tratamientos a las plántulas de banano.*



*Anexo 7. Plántula de banano seleccionada para toma de datos.*



*Anexo 8. Planta sacrificada para toma de datos de peso de raíz y cormo.*



*Anexo 9. Proceso de laboratorio.*