



**Universidad Técnica de Manabí**  
**Facultad de Ingeniería Agronómica**  
**Carrera de Agronomía**



**Trabajo de Integración Curricular**

**Modalidad:**

Proyecto de Investigación

Presentado como requisito para la obtención del título de

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA**

Respuesta del proceso de la descomposición de la materia orgánica nitrogenada (estiércol bovino) bajo diferentes dosis de microorganismos eficientes

**Autores**

José Miguel García Cardona

José Julio Villacreses Cobo

**Tutora**

Ing. Soraya Modesta Peñarrieta Bravo Mg. CA

**Santa Ana - Manabí - Ecuador**

**Enero del 2023**

## **Agradecimiento**

Quiero expresar mis más sinceros y calurosos agradecimientos a mis padres Janet Junovit Cardona López y Edgar Miguel García Arteaga, quienes fueron, son y serán los pilares fundamentales en el largo proceso de mi formación como persona y profesional.

A mi hermano Miguel Ángel García Cardona, quien trillo he ilumino el sendero a seguir para alcanzar todos los ambiciosos objetivos que me he planteado y plantearé.

A mis amigos Andrea Avellán, Karen Carrera, Kevin Pin, Viviana Suárez y José Villacreses engranajes claves que, con sus ocurrencias, peleas, bromas y todo tipo de aventuras me mostraron que es posible aprender mientras se juega y que pocas cosas se comparan a pasar el tiempo junto con amigos.

A Universidad Técnica de Manabí, especialmente a los docentes de la Carrera de Ingeniería Agronómica por brindarme los conocimientos y valores para enfrentar una futura vida profesional.

A mi tutora, Ing. Soraya Peñarrieta Bravo., quien me brindó su colaboración durante el transcurso de este trabajo investigativo y cuyos conocimientos brindados fueron indispensables para alcanzar las metas propuestas.

José Miguel García Cardona

## **Agradecimientos**

A la Universidad Técnica De Manabí y a cada docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica, cuyos conocimientos impartidos me permitieron llegar a este punto de la carrera.

A toda mi familia por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida.

Gracias a la Ing. Soraya Peñarrieta Bravo Mg, tutora encargada de dirigir la presente tesis, quien con su guía permitió alcanzar los resultados esperados en este proyecto.

Me es esencial extender mi agradecimiento a mis amigos y compañeros de facultad: Andrea Avellán, Karen Carrera, José García, Kevin Pin y Viviana Suárez, gracias a ellos, a sus constantes consejos y ayuda incondicional, pude ver concluido este trabajo, a cada uno de ellos les agradezco su amistad durante todos estos años.

José Julio Villacreses Cobo

## **Dedicatoria**

Esta tesis la quiero dedicar a mis héroes Janet Junovit Cardona López y Edgar Miguel García Arteaga, su hijo triunfó, soy todo un éxito, es por eso que no dije nada antes porque quería que vieran el hombre que soy, aquí está mi tesis para usted mis héroes.

A mi pequeño y joven “yo” quien temeroso y perdido emprendió una odisea por el inmenso mar de la vida decirle que lo logramos, a mi grande y viejo “yo” siempre avivar nuestro espíritu para jamás perecer.

José Miguel García Cardona

## **Dedicatoria**

Este logro va dedicado a toda mi familia, quien estuvo apoyándome en cada etapa de mi carrera universitaria.

A la memoria de mi querida Bulma cuya luz encendida fue arrebatada y a su hijo Bulmo quien con su presencia alegra mis días.

Y a todos aquellos que estuvieron conmigo en el momento preciso.

José Julio Villacreses Cobo

## **Certificación del Tutor del trabajo de integración curricular**

Quien suscribe, Ing. **Soraya Peñarrieta Bravo Mg. CA**, Docente de la Facultad de Ingeniería Agronómica, en mi condición de **Tutora**, CERTIFICO que el trabajo de Integración Curricular titulado “**Respuesta del proceso de la descomposición de la materia orgánica nitrogenada (estiércol bovino) bajo diferentes dosis de microorganismos eficientes**”. ha sido realizado por los estudiantes **García Cardona José Miguel**, con cédula de identidad N° 1313352856 y **Villacreses Cobo José Julio**, con cédula de identidad N° 1313691147, respectivamente, bajo mi supervisión y orientación, y el mismo cumple con los requisitos académicos exigidos por la Universidad Técnica de Manabí para la obtención del grado de Ingeniero Agrónomo, por lo cual se autorizó su presentación.

Santa Ana, a los días del mes de enero del 2023

Ing. Soraya Peñarrieta Bravo Mg. CA  
**Tutora**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE DEFENSA

Quienes suscriben, docentes designados por el Vicedecano(a) de Carrera como Miembros del Tribunal de Defensa, aprobamos la sustentación del trabajo de integración curricular titulado: **“Respuesta del proceso de la descomposición de la materia organica nitrogenada (estiércol bovino) bajo diferentes dosis de microorganismos eficientes”** realizado por los estudiantes **García Cardona José Miguel y Villacreses Cobo José Julio**, considerando que el mismo cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Técnica de Manabí para optar al título de **INGENIERO AGRÓNOMO**.

Santa Ana, a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de dos mil \_\_\_\_\_

Atentamente,

\_\_\_\_\_  
Ing. Roberto Bravo Zamora Mg. Sc  
**Presidente del Tribunal**

\_\_\_\_\_  
Dra. Jessenia Castro Olaya PhD.  
**Miembro del Tribunal**

\_\_\_\_\_  
Ing. Juan Flor Vinces Mg. Sc.  
**Miembro del Tribunal**

### **Declaración sobre Derechos de Autor**

Quienes suscriben, **García Cardona José Miguel**, con cédula de identidad N° 1313352856 y **Villacreses Cobo José Julio**, con cédula de identidad N°1313691147 respectivamente, hacemos constar que el trabajo de Integración Curricular titulado **“Respuesta del proceso de la descomposición de la materia orgánica nitrogenada (estiércol bovino) bajo diferentes dosis de microorganismos eficientes”**, constituye un aporte original de nuestra autoría, realizado bajo la tutoría de la Ing. Soraya Peñarrieta Bravo Mg. CA

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos por el contenido, autenticidad y alcance del presente trabajo de integración curricular, dejando establecido que los aportes intelectuales de otros autores han sido debidamente referenciados en el texto del manuscrito.

Santa Ana, a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de 2023

\_\_\_\_\_  
José Miguel García Cardona  
C.I.: 1351577026

\_\_\_\_\_  
José Julio Villacreses Cobo  
C.I.: 1313691147



## Índice general

<b>1. Introducción</b> .....	1
<b>2. Objetivos</b> .....	3
2.1 Objetivo general.....	3
2.2 Objetivos específicos .....	3
<b>3. Marco teórico</b> .....	4
3.1 Bioestimulantes orgánicos y su importancia en la agricultura .....	4
3.1.1 Tipos de bioestimulantes .....	5
3.2 Materia orgánica nitrogenada: ventajas y su aplicación en la agricultura ..	5
3.3 Compost y tipos de compost.....	6
3.3.1 Estiércol bovino .....	6
3.3.2 Lixiviado de vermicompost .....	7
3.4 Microorganismos eficientes.....	7
3.4.1 Composición de los microorganismos eficientes.....	8
3.5 Propiedades funcionales que desempeñan los ME .....	11
3.6 Aplicación en la agricultura de los ME .....	12
3.7 Normas para determinar la calidad del compost.....	12
3.7.1 Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) .....	12
3.7.2 Norma Técnica Chilena 2880 (NCh).....	13
<b>4. Metodología</b> .....	14
4.1 Localización del ensayo.....	14
4.1.2 Características climáticas.....	14
4.2 Diseño de la investigación .....	15
4.3 Tratamientos .....	15
4.4 Manejo del experimento .....	16
4.4.1 Preparación del terreno .....	16
4.4.2 Elaboración de las camas .....	16

4.4.3 Recolección y llenado del estiércol bovino .....	16
4.4.5 Microorganismos eficientes utilizados en la investigación .....	16
4.4.6 Aplicación de los microorganismos eficientes .....	17
4.4.7 Volteo de la materia orgánica .....	17
4.5 Variables de evaluación .....	17
4.5.1 Temperatura .....	17
4.5.2 pH.....	17
4.5.3 Conductividad.....	17
4.6 Caracterización química de la MO .....	18
4.7 Análisis de datos .....	18
<b>5. Resultados y discusiones.....</b>	<b>19</b>
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>25</b>
<b>7. Recomendaciones .....</b>	<b>26</b>
<b>8. Referencias bibliográficas .....</b>	<b>27</b>

### Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Tratamientos de la investigación. ....	16
<b>Tabla 2.</b> Temperatura (°C) de la materia orgánica en descomposición. Diciembre 2021 a enero 2022. Santa Ana, Manabí .....	19

<b>Tabla 3.</b> pH de la materia orgánica en el proceso de compostaje. Diciembre 2021 a enero 2022, Santa Ana, Manabí.....	20
<b>Tabla 4.</b> Conductividad eléctrica en el proceso de compostaje. Diciembre 2021 a enero 2022, Santa Ana, Manabí.....	21
<b>Tabla 5.</b> Resultados de los análisis de la M.O. tras la caracterización física-química del estiércol después de pasar un periodo de 30 días de descomposición. ....	22
<b>Tabla 6.</b> Caracterización física química de los macronutrientes (ppm) del estiércol de ganado bovino a los 32 días de proceso de compostaje.....	23
<b>Tabla 7.</b> Caracterización física-química de micro nutrientes de estiércol bovino a los 30 días del proceso de compostaje.....	24

### Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Localización de la investigación. ....	14
<b>Figura 2.</b> Croquis del diseño experimental empleado en el ensayo.....	15

### Resumen

Los abonos orgánicos son una importante alternativa de fertilización edáfica, suplen las necesidades biológicas del suelo, poseen propiedades fisicoquímicas que mejoran e incrementan la producción de cultivos y son de fácil elaboración.

Esta alternativa surge como solución frente a la problemática impuesta por la utilización de agroquímicos, ya que las sustancias tóxicas que la componen afectan directa e indirectamente al medio ambiente y a los seres vivos. La presente investigación tuvo como objetivo determinar el proceso de descomposición de la materia orgánica nitrogenada (estiércol bovino) bajo diferentes dosis de microorganismos eficientes, y se llevó a cabo en el campus experimental La Teodomira, ubicado en la Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, en la parroquia Lodana, Cantón Santa Ana. Para ello se empleó un diseño estadístico de bloques completamente al azar, estudiando cinco tratamientos (Agua, 1 L de EM disuelto en 20 L de agua, 2 L de EM disueltos en 20 L de agua, 3 L de EM disueltos en 20 L de agua y 4 L de EM disueltos en 20 L de agua), con cuatro bloques, logrando un total de 20 unidades experimentales. Se utilizó 7000 kg de estiércol bovino, que se recolectó en los corrales de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Técnica de Manabí, distribuidos en 350 kg por cama, mismas que fueron elaboradas a base de palets, con altura de 0.55m y bordes de 1m x 1.10 m. Después del establecimiento del ensayo, se realizó la aplicación de microorganismos eficientes para todos los tratamientos 1 vez a la semana (cuatro veces al mes); cada 15 días se realizó el volteo de la materia orgánica y se evaluó todos los tratamientos 4 veces al mes los parámetros de temperatura, pH y conductividad eléctrica. Los resultados obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y pruebas de media de Tukey. La temperatura y la conductividad eléctrica no presentaron diferencias significativas, al igual que los tratamientos donde se aplicaron las diferentes dosis de ME para la descomposición de la materia orgánica, el pH disminuyó de básico a ácido a los 16 días de establecimiento, así mismo, en el análisis químico, todos los macro y micro elementos de cada tratamiento tuvieron una clasificación alta, a excepción del Nitrógeno (N).

**Palabras clave:** estiércol bovino, materia orgánica, microorganismos eficientes, compost, tratamiento.

### **Abstract**

Organic fertilizers are an important alternative to soil fertilization, meet the biological needs of the soil, have physico-chemical properties that improve and increase crop

production and are easy to process. This alternative arises as a solution to the problem imposed by the use of agrochemicals, since the toxic substances that compose it directly and indirectly affect the environment and living beings. The present research aimed to determine the process of decomposition of nitrogen organic matter (bovine manure) under different doses of efficient microorganisms, and was carried out on the experimental campus La Teodomira, located in the Faculty of Agronomic Engineering, Technical University of Manabi, in the parish of Lodana, Canton Santa Ana. To do this, a completely random statistical block design was used, studying five treatments (Water, 1 L of MS dissolved in 20 L of water, 2 L of MS dissolved in 20 L of water, 3 L of MS dissolved in 20 L of water and 4 L of MS dissolved in 20 L of water), with four blocks, achieving a total of 20 experimental units. We used 7000 kg of bovine manure, which was collected in the pens of the Faculty of Veterinary Medicine of the Technical University of Manabi, distributed in 350 kg per bed, which were made from pallets, with height of 0.55cm and edges of 1m x 1.10 m. After the establishment of the trial, efficient micro-organisms were applied for all treatments once a week (four times a month); every 15 days the organic matter was turned over and all treatments were evaluated 4 times a month for temperature, pH and electrical conductivity parameters. The results obtained were subjected to a variance analysis and Tukey's mean tests. Temperature and electrical conductivity did not present significant differences, as did treatments where different doses of ME were applied for the breakdown of organic matter, the pH decreased from basic to acid at 16 days of establishment, Likewise, in the chemical analysis, all macro and micro elements of each treatment had a high classification, except for Nitrogen (N).

**Keywords:** cattle manure, organic matter, efficient microorganisms, compost, treatment.

## 1. Introducción

Los abonos orgánicos han demostrado ser una importante alternativa de fertilización edáfica ya que suplen las necesidades biológicas del suelo, poseen propiedades fisicoquímicas que mejoran e incrementan la producción de cultivos, generan resistencia a enfermedades y plagas, además son de fácil elaboración, pues pueden ser producidos a nivel de finca representando precios menores en relación a los fertilizantes químicos (Arango, 2017).

Rodríguez *et al.* (2012), manifiestan que, la gran mayoría de agricultores a nivel mundial tienen una total dependencia al uso de agroquímicos para resolver las problemáticas generadas en el sector agrícola, no obstante, se ha reportado que el uso indiscriminado de insecticidas, fungicidas, herbicidas entre otros, ha provocado que las intoxicaciones agudas por plaguicidas (IAP) sean una problemática que ocupa un lugar importante. Según lo publicado por Cajamarca *et al.* (2020), la mayoría de los agroquímicos son tóxicos y, en algunos casos, pueden ser letales para el ser humano cuando se ingieren, inhalan o tocan; su principal peligro radica en que la mayor parte va más allá del sector que se pretende fumigar, debido a que, por el viento y otros factores, terminan llegando a distintos lugares, provocando la contaminación del agua que utilizan las personas.

Hernández *et al.* (2010), establecen que, dentro de la producción de abonos orgánicos, el compostaje es un proceso microbiológico que en diferentes grados de descomposición convierte residuos de materiales orgánicos en un producto estable e higiénico, que puede ser usado como un mejorador de suelo, catalogándolo como un material de interés agrícola, de comercialización viable, con diversas aplicaciones como abono o enmienda.

Tanya y Leiva (2019) explican que los microorganismos eficientes favorecen la germinación de las semillas, incrementan la floración, el crecimiento y el desarrollo de los frutos. Mejoran la estructura física - química de los suelos, incrementando su fertilidad química, a la vez que suprimen a varios agentes fitopatógenos causantes de enfermedades.

De acuerdo a la evaluación del efecto que poseen los ME en la producción del cultivo de la fresa en la provincia de Azuay-Ecuador realizada por Álvarez (2018), existen microorganismos benéficos de interés ambiental, cuya presencia está ligada a las

propiedades fitoquímicas de las especies vegetales y su inoculación provoca cambios en la rizosfera, que benefician el desarrollo vegetativo.

Debido a la necesidad de encontrar nuevas alternativas agroecológicas que permitan el desarrollo de una producción agrícola más sostenible, y por la falta de información donde se establezca la dosis adecuada para la descomposición física y química de la materia orgánica, se plantea la presente investigación para encontrar la mejor dosis de microorganismos eficientes para la descomposición de la materia orgánica nitrogenada, para así lograr definir la importancia de los ME en la creación del compostaje.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Determinar el proceso de descomposición de la materia orgánica nitrogenada (estiércol bovino) bajo diferentes dosis de microorganismos eficientes.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar la dosis de microorganismos eficientes sobre la descomposición del estiércol bovino.
- ✓ Comparar la composición química y física de la materia orgánica nitrogenada bajo diferentes dosis de microorganismos eficientes.



### **3. Marco teórico**

#### **3.1 Bioestimulantes orgánicos y su importancia en la agricultura**

En la actualidad la agricultura convencional demanda del uso de agroquímicos, sin embargo, su uso indiscriminado ha ocasionado que se contamine el suelo, el aire y el agua, contaminando las napas subterráneas, los ríos, lagos y los alimentos cultivados en los terrenos donde se utilizó (Avalos, 2009). Los agroquímicos tuvieron gran apogeo durante su lanzamiento debido a la efectividad en el control de plagas y enfermedades en la agricultura; que con el paso de los años todos esos beneficios momentáneos se convirtieron en un problema en el sector agrícola. Estos procesos de modernización y reestructuración de la producción han generado problemas de contaminación ambiental al momento de ser aplicados, ya que, afecta a la salud de los productores y esto conlleva a la negatividad económica por el mal uso de los agroquímicos (Martínez, 2014).

El costo de los fertilizantes minerales es otra de las negativas características que tiene su utilización, además es una de las razones que obliga a la búsqueda y evaluación de alternativas para el manejo de la nutrición vegetal; dentro de los más destacados y de mayor acceso para los agricultores, está el reciclado de nutrimentos a partir de fuentes como el compostaje, el uso de estiércol de origen animal y otras fuentes propias de los sistemas productivos como la pulpa de café y los residuos de cosecha, que se constituyen en las materias primas del proceso (Ramos *et al.*, 2014). El uso de productos químicos ha tenido un fuerte impacto en la naturaleza, siendo la agricultura moderna una de las actividades que más contribuye al cambio climático; se requieren nuevos enfoques para apoyar una agricultura sostenible. Una solución para la transición es el uso de bioestimulantes basados en sustancias húmicas (Canellas *et al.*, 2015).

Los bioestimulantes son productos importantes en la agricultura moderna, que se componen de diferentes clases heterogéneas de compuestos con un amplio espectro de acción para aumentar las producciones cualitativas y cuantitativas. Los aminoácidos pueden ser útiles en el estrés defensa, fotosíntesis, aumentan la absorción de nutrientes, la polinización y la formación de frutos, y como precursores de hormonas y parámetros de crecimiento (Shahrajabian *et al.*, 2022).

Con la creciente demanda de mayores rendimientos, alimentos y cultivos de mayor calidad, la búsqueda de métodos ecológicos y sostenibles para la producción de biofertilizantes se ha convertido en un objetivo importante en la agricultura. Los

bioestimulantes son productos que pueden afectar el metabolismo y las enzimas de las plantas, ayudando a mejorar el rendimiento y la calidad de los cultivos. También ayudan a las plantas a tolerar al estrés abiótico, especialmente en las primeras etapas de crecimiento de la planta (Xu y Geelen, 2018)

### **3.1.1 Tipos de bioestimulantes**

Martínez et al., (2022) menciona que los bioestimulantes pueden ser sintéticos o naturales e incluyen sustancias como hormonas vegetales, macro y micronutrientes, aminoácidos, proteínas y microorganismos, y están se divididos en tres grupos principales: extractos de algas, proteínas hidrolizadas y sustancias húmicas.

### **3.2 Materia orgánica nitrogenada: ventajas y su aplicación en la agricultura**

Según los reportes realizados por Moreira (2014), el uso de abonos orgánicos en pequeñas fincas se viene realizando por iniciativa del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), o, con el apoyo de fundaciones de asistencia social que promueven mezclas entre estiércol de ganado vacuno, melaza, levadura, leche, agua, alfalfa y cenizas. En los suelos agrícolas, la materia orgánica procede prácticamente de los residuos de las cosechas, abonos verdes, aportaciones de los estiércoles y/o abonos orgánicos, entre el 60 y 70 % de esta, desaparece en una fase de mineralización activa que puede durar dos años aproximadamente.

Mediana *et al.* (2010), sostienen que la materia orgánica (MO) del suelo es un elemento crucial para la regulación de muchos procesos relacionados con la productividad agrícola. Entre sus principales funciones se encuentra el sustrato o medio de cultivo, cobertura o mulch, y complemento o reemplazo de los fertilizantes de síntesis, este último aspecto es de gran importancia, debido al auge de su implementación en sistemas de producción limpia y ecológica. Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para regenerar su estructura y promover un rendimiento más eficiente de sus cultivos, mediante el aprovechamiento y reciclaje de residuos orgánicos (Odlare *et al.*, 2015).

El contenido de materia orgánica es el factor que más contribuye a la fertilidad del suelo, ya que es la fuente de nutrientes para las plantas y los microorganismos que en él existen, son encargados de airearlo, mantener su porosidad, facilitar la penetración del agua y mantener la humedad (Antomarchi, *et al.* 2015).

De acuerdo a la investigación de evaluación del cultivo de yuca (*Manihot esculenta*) con abonos orgánicos y químicos en un suelo ácido, Combatt *et al.* (2017), demostraron que utilizar abonos orgánicos permite una mejor respuesta para la masa seca de raíces y producción total de yuca por hectárea.

### **3.3 Compost y tipos de compost**

Olea *et al.* (2017), afirman que, la aplicación de compost incrementa el contenido de materia orgánica del suelo de forma ascendente y proporcional, según se aumente la dosis de compost aplicada.

La elaboración del compost se basa principalmente en la utilización de MO, la cual, puede ser extraída de los desechos orgánicos del campo, estos desperdicios son de fácil acceso, lo que permite que el compost sea de fácil elaboración, con una gran cantidad de mezclas posibles (Escobar *et al.*,2012).

#### **3.3.1 Estiércol bovino**

El estiércol de bovino es un fertilizante orgánico alternativo para la elaboración de sustratos, tiene una alta variedad de aplicaciones: libera suficientes nutrientes para mantener un cultivo, aumenta la MO en el suelo, favorece algunas de sus características físicas como la estabilidad de los agregados, la densidad aparente y la porosidad que mejoran el flujo de aire, agua y el desarrollo radical de las plantas (Contreras *et al.*,2014).

Contiene cerca del 1.5 % de nitrógeno y ha sido utilizado desde tiempos remotos como fertilizante y su influencia sobre la fertilidad del suelo ha sido demostrada. La composición química del estiércol, el aporte de nutrientes a los cultivos y su efecto en el suelo presentan variaciones según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Además de aportar MO y nutrientes al suelo, se ha demostrado que pueden prevenir, controlar e influir en la severidad del ataque de patógenos del suelo (Vázquez *et al.*, 2011).

Pinos *et al.* (2012), detallan que, por sus características orgánicas, el estiércol ofrece diversas ventajas, aumenta la capacidad de retención de agua, el intercambio catiónico, la filtración de agua al subsuelo, y reduce la erosión. Además, explican que en el suelo la fracción líquida del estiércol ayuda a disminuir las pérdidas de nitrógeno, carbono y azufre en sus formas gaseosas en el suelo, así puede reducir el uso de fertilizantes químicos y, por tanto, el impacto ambiental.

Existen diversos factores que pueden afectar el proceso óptimo en la descomposición de la materia orgánica. Díaz (2019) indica que, la relación C/N juega un papel muy importante ya que si esta relación no se mantiene entre los parámetros de 15:1 y 35:1 se pueden generar inconvenientes como puede ser un pH bajo o muy elevado.

### **3.3.2 Lixiviado de vermicompost**

El vermicompostaje es un proceso sostenible y económico que utiliza lombrices para convertir los desechos orgánicos en un material estable y rico en nutrientes. En comparación con la turba, el vermicompost tiene una excelente estructura, permeabilidad al aire, porosidad y mayor capacidad de almacenamiento de agua, lo que puede promover el crecimiento de las plantas (Yadav y Garg, 2019).

El lixiviado de vermicompost se puede utilizar como fertilizante líquido porque contiene altas concentraciones de nutrientes para las plantas, así como ácidos húmicos y fúlvicos. Se ha prestado mucha atención al vermicompostaje, una tecnología que estabiliza los desechos y crea subproductos de valor agregado utilizando gusanos y microbios. El vermicompost procesado a partir de diferentes tipos de desechos se utiliza luego como medio de cultivo para las plantas y como enmienda del suelo para varios cultivos. El proceso de vermicompostaje produce lixiviados, comúnmente conocidos como lixiviados de vermicompost o lixiviados de lombrices (Quaik *et al.*, 2012).

### **3.4 Microorganismos eficientes**

Los microorganismos eficientes (ME), son productos líquidos formulados que contienen más de 80 especies de microorganismos, algunas son aeróbicas, anaeróbicas e incluso especies fotosintéticas cuyo logro principal es coexistir como comunidades microbianas que pueden complementarse (Tanya y Leiva, 2019). Se producen a base de microorganismos que se encuentran de forma natural en el suelo, aunque en bajas concentraciones incrementa su población mediante la inoculación artificial y son capaces de poner a disposición de las plantas una parte importante de los elementos nutritivos que estas necesitan para su desarrollo sin afectar el equilibrio biológico del suelo (Agüero *et al.*, 2003).

Según Peralta *et al.* (2019), los ME potencian el efecto del compost, pues su aplicación conjunta estimula la materia fresca y seca en plantas no fertilizadas. Esto es confirmado por López. (2012), quien explica que la aplicación de las compostas tiene un

efecto positivo en el suelo después de un ciclo agrícola, ya que aumenta ligeramente el porcentaje de materia orgánica.

La biotecnología de los EM logró ser difundida en la década de los años 80' por el Dr. Teruo Higa, profesor de la Universidad de Ryukyus (Okinawa) en Japón. Después de realizar diversas investigaciones, el Dr. Higa alcanzó desarrollar un cultivo mixto de microorganismos con el poder de optimizar las cualidades de los suelos, además de mejorar la nutrición de los cultivos en 1982 (Vargas, 2019).

### **3.4.1 Composición de los microorganismos eficientes**

Los microorganismos eficientes (EM) son un producto microbiano multipropósito, el cual contiene varios tipos de organismos vivos, ya que, son una cultura mixta de microorganismos benéficos que pueden aplicarse como inoculante para incrementar la diversidad microbiana de los suelos, y son capturados de sistemas naturales, que no han sido sometidos a modificación genética y se relacionan de forma simbiótica coexistiendo entre sí, ha generado efectos positivos para un ambiente en equilibrio, que cuando entran en contacto con materia orgánica secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes, demostrando que, la inoculación del suelo con microorganismos eficientes puede mejorar la calidad y condición del suelo (Álvarez et al., 2012).

Los EM, son un conjunto de hongos de fermentación, bacterias, lactobacilos, con múltiples aplicaciones en el ámbito medioambiental, ganadero y agrícola, y han demostrado que el auto establecimiento y la mejora de la calidad del equilibrio microbiano en el suelo pueden aumentar los rendimientos, proteger los cultivos, conservar los recursos naturales y crear una agricultura sostenible (Calero *et al.*, 2019).

Según la investigación de Feijoo (2016), sus funciones en el suelo son: fijación de nitrógeno atmosférico, descomposición de desechos y residuos orgánicos, inactivación de patógenos en el suelo, reciclaje y aumento de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, degradación de la toxicidad de los nutrientes incluyendo pesticidas, producción de antibióticos y otros compuestos bioactivos, producción de macromoléculas orgánicas simples para el consumo de las plantas, formando complejos de metales pesados por su limitada absorción, disolverán los nutrientes insolubles y producirán azúcares para mejorar la aglomeración del suelo.

### **Bacterias ácido lácticas (BAL)**

Son microorganismos que tienen una variedad de usos, siendo uno de los principales la fermentación de alimentos como leche, carne y verduras para producir productos como yogur, queso, chucrut, salchichas, ensilaje, bebidas y cerveza (Torres *et al.*, 2015). Las BAL son tolerantes a los ácidos y algunas pueden crecer a niveles bajos de pH como 3,2 o con valores tan altos como 9,6; no obstante, la mayoría crece a un pH entre 4 y 4,5. Estas propiedades le permiten sobrevivir normalmente en ambientes donde otras bacterias no pueden sobrevivir (Souza *et al.*, 2015).

Pueden mostrar antagonismo contra diversos fitopatógenos presentes en el suelo, principalmente por la disminución del valor del pH, que producen péptidos con actividad antimicrobiana, como las bacteriocinas de clase I y la nisina, que son muy activas contra las bacterias grampositivas. Desde un punto de vista bioecológico, estas bacterias son microaerófilas, por lo que crecen bien en una atmósfera con un 5% de CO<sub>2</sub>. Son microorganismos de crecimiento lento y muy dependientes de la temperatura, con una óptima de 30 °C (Londoño *et al.*, 2015).

### **Bacterias fotosintéticas**

Según García (2019), los fotótrofos o bacterias fotosintéticas, son microorganismos que utilizan la luz solar y el calor de la tierra como fuente de energía necesaria para recolectar sustancias beneficiosas y materia orgánica; se encuentran en el arroz, algas verdes y otros componentes del suelo. Son un grupo de microorganismos representados principalmente por *Rhodopseudomonas palustris* y *Rhodobacter sphaeroides*, autótrofos facultativos, los cuales utilizan las moléculas orgánicas producidas por los exudados de las raíces de las plantas como fuente de carbono y la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. (Su *et al.*, 2017).

Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de exudados de raíces, materia orgánica y gases nocivos. Las sustancias sintéticas incluyen aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias biológicamente activas y azúcares que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos se absorben directamente en ellos y sirven como sustratos para aumentar la población de otros microorganismos efectivos (López, 2018).

## **Levaduras**

Martín, (2005), menciona que las levaduras son hongos unicelulares que forman un puente biológico entre las bacterias y los organismos superiores, conservando las ventajas de los microbios en términos de facilidad de manejo y rápido crecimiento. Son una población microbiana involucrada en la producción de EM y capaz de utilizar varias fuentes de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, galactosa, maltosa, suero de leche hidrolizado y alcohol) y energía. Esta comunidad microbiana estuvo compuesta por varias especies del género *Saccharomyces*, aunque predominaron *Saccharomyces cerevisiae* y especies funcionales de *Candida utilis*. Estos microorganismos necesitan amoníaco, urea o sales de amonio y mezclas de aminoácidos como fuentes de nitrógeno, además, no pueden asimilar nitratos ni nitritos (Fayemi y Ojokoh, 2014).

## **Actinomicetes**

Según Franco (2009), los actinomicetos, son bacterias conocidas por realizar diversas funciones en los ecosistemas, mejorando la estructura del suelo y produciendo compuestos bioactivos que antagonizan a los patógenos, además, son los principales contribuyentes a los antibióticos. Quiñones *et al.* (2016) explican que estos microorganismos suelen ser confundidos con los hongos por tener características comunes y por su morfología en el medio nutritivo; sin embargo, los actinomicetos son bacterias y ubicuos, que se encuentran en los ecosistemas naturales de todo el mundo y juegan un papel importante en el procesamiento de la materia orgánica. En concreto, se describen las actividades que permiten la clasificación de los actinomicetos como rizobios promotores del crecimiento vegetal: PGPR (plant growth-promotor rhizobia) (Franco, 2009).

Esta bacteria es la encargada de producir el olor a “tierra mojada” al inicio de la estación lluviosa, y ha atraído una atención considerable en las industrias farmacéutica y alimentaria, en la biorremediación y, más recientemente, en la agricultura, ya que es fuente de sustancias biológicamente activas, muy útiles para los humanos (Quiñones *et al.*, 2016).

## **Hongos fermentadores**

Los hongos participan en la mineralización del carbono orgánico del suelo; además, una gran cantidad de estos antagonizan a los patógenos de las plantas. Son

capaces de reproducirse tanto sexual como asexualmente, lo que les permite multiplicarse rápidamente en condiciones favorables (sustratos ácidos y carbónicos), mientras que la reproducción sexual (esporas) ocurre con mayor frecuencia en condiciones desfavorables. Tienen requerimientos de nitrógeno relativamente bajos, lo que les da una ventaja competitiva en la descomposición de materiales como la paja y la madera (Yang *et al.*, 2017).

La especie del género *Trichoderma* sp., se caracterizan por ser hongos saprofitos existentes en suelos con diferente contenido de materia orgánica, capaces de descomponerla, y bajo ciertas condiciones pueden ser bacterias anaerobias dependiendo de la naturaleza del suelo. Estas especies se encuentran en todas las latitudes, desde las regiones polares hasta las regiones ecuatoriales y pueden exhibir diferentes mecanismos de control biológico, como la competencia por el espacio y los nutrientes, parásitos fúngicos, antibióticos e inducción de resistencia a los medicamentos (Horwath, 2017).

Villalta (2014) menciona que, los hongos en fermentación como *Aspergillus* y *Penicillium* descomponen rápidamente la materia orgánica para formar alcoholes, ésteres y antimicrobianos, esta propiedad desodoriza y previene la aparición de insectos.

### **3.5 Propiedades funcionales que desempeñan los ME**

Según Martínez *et al.* (2014), el análisis de suelo reveló que la aplicación de microorganismos influyó en algunas propiedades, como incremento de la materia orgánica, el pH y el contenido de nitrógeno y potasio. Suquilanda (2006), señala que los ME pueden utilizarse como inoculantes del suelo para reconstituir su equilibrio biológico, mejorar la asimilación de nutrimentos para que estén disponibles, suprimir microorganismos patógenos indeseables por “exclusión competitiva o dominación absoluta” y de esta manera favorecer el crecimiento, rendimiento y protección de las plantas de cultivo. El mismo autor manifiesta que pueden usarse en aspersiones foliares, para mejorar el crecimiento del follaje (22%) y de esta manera aumentar el área fotosintética.

Moreira (2014) explica que, la aplicación de microorganismos eficientes permite que el tiempo de transformación del estiércol animal en abono orgánico sea menor, logrando que la descomposición sea más rápida.



Luna y Mesa. (2017), sostienen que, los microorganismos eficientes, como inoculante microbiano, restablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejoran sus condiciones fisicoquímicas, incrementan la producción de los cultivos y su protección, además, conservan los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Quispe y Chávez (2017), concluyeron en su investigación que los microorganismos eficientes en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.) tienen un positivo efecto fisiológico en cuanto a la altura de las plantas.

### **3.6 Aplicación en la agricultura de los ME**

El uso de ME en la agricultura depende de factores como la superficie, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y el riego; mediante el uso de microbios beneficiosos, el suelo retiene más agua, lo que significa que los cultivos son más arenosos durante los períodos de sequía o en suelos con mayor resistencia al estrés hídrico. La mejora se logra aumentando la cantidad de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad por actividad microbiana y por balance iónico, lo que favorece interacciones entre cargas superficiales e iónicas en la estructura física del agua del suelo (Toalombo, 2012).

Los microorganismos eficientes son un gran grupo de organismos que realizan varias funciones en el suelo y mantienen una circulación ordenada de muchas sustancias. El trabajo es constante para mantener la vida en los suelos. Estos organismos viven naturalmente en el suelo (bacterias, hongos, actinomicetos) y realizan varias funciones, especialmente la descomposición y/o transformación de diversos materiales para que puedan ser utilizados para la nutrición de las plantas. También interrumpen los ciclos biogeoquímicos en la naturaleza Feijoo (2016).

### **3.7 Normas para determinar la calidad del compost.**

#### **3.7.1 Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP)**

El Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) es un organismo autónomo de derecho público interno, creado mediante Ley 23374, por mandato del artículo 120 de la Constitución Política del Perú de 1979 y ratificado por la Ley N.º 28168 del año 2004. es una institución de investigación científica y tecnológica para el desarrollo, especializada en el uso sostenible de la diversidad biológica en la región

amazónica que realiza sus actividades en forma descentralizada, promoviendo la participación de las instituciones públicas, privadas y sociedad civil (Loor, 2014).

### **3.7.2 Norma Técnica Chilena 2880 (NCh)**

Según el Instituto Nacional de Normalización (2004), la presente norma tiene por objeto especificar la clasificación y los requisitos de calidad de los compost producidos a partir de desechos orgánicos y otros materiales orgánicos producidos por actividades humanas como la agricultura, la silvicultura, la cría de animales, la pesca, los mercados y las ferias libres. mantenimiento de parques y jardines, residuos orgánicos domésticos; lodos de depuradoras y efluentes industriales. De acuerdo a su nivel de calidad, el compost se clasifica en las clases siguientes:

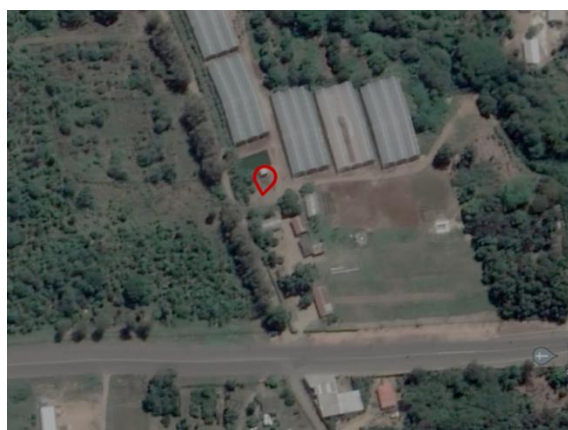
**Compost Clase A:** productos de alta calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase A según se definen en esta norma. Deben cumplir con las concentraciones máximas de metales pesados. La conductividad debe ser inferior a 3 decisiemens por metro (3dS/m) y la relación carbono/nitrógeno debe ser de 25 o menos. No hay restricciones de uso para este producto (Instituto Nacional de Normalización, 2004).

**Compost Clase B:** producto de nivel intermedio de calidad que cumple con las exigencias establecidas en esta norma para el compost Clase B y cumplir con la concentración máxima de metales pesados. Su conductividad eléctrica debe ser inferior a 8 decisiemens por metro (8dS/m) y su relación carbono/nitrógeno debe ser de 30 o menos. Este producto puede presentar algunas restricciones de uso si su conductividad eléctrica es mayor de tres decisiemens por metro (3dS/m) (Instituto Nacional de Normalización, 2004).

## 4. Metodología

### 4.1 Localización del ensayo

La presente investigación se realizó desde el establecimiento del ensayo en octubre 15 del 2021 hasta enero 15 del 2022, en el campus experimental La Teodomira de la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, ubicada en la parroquia Lodana, Cantón Santa Ana, Provincia de Manabí, geográficamente localizada a  $01^{\circ} 10' 14.834$  de latitud sur y  $80^{\circ} 23' 27$  de longitud oeste con una altitud de 60 msnm (Figura 1).



**Figura 1.** Localización de la investigación.

### 4.1.2 Características climáticas

Las características climatológicas fueron las siguientes: pluviosidad anual: 682,50 mm, heliofanía anual: 1.354 horas luz, temperatura promedio:  $25,39^{\circ}\text{C}$ , evaporación anual: 1.625,40 mm y nubosidad:  $6/8$ <sup>1</sup>.

El área donde se realizó la investigación posee un suelo de textura franco arcilloso, de topografía plana con ligeras ondulaciones y de acuerdo con la escala de Holdrige, se lo categoriza como bosque seco pre-montano subtropical<sup>2</sup>

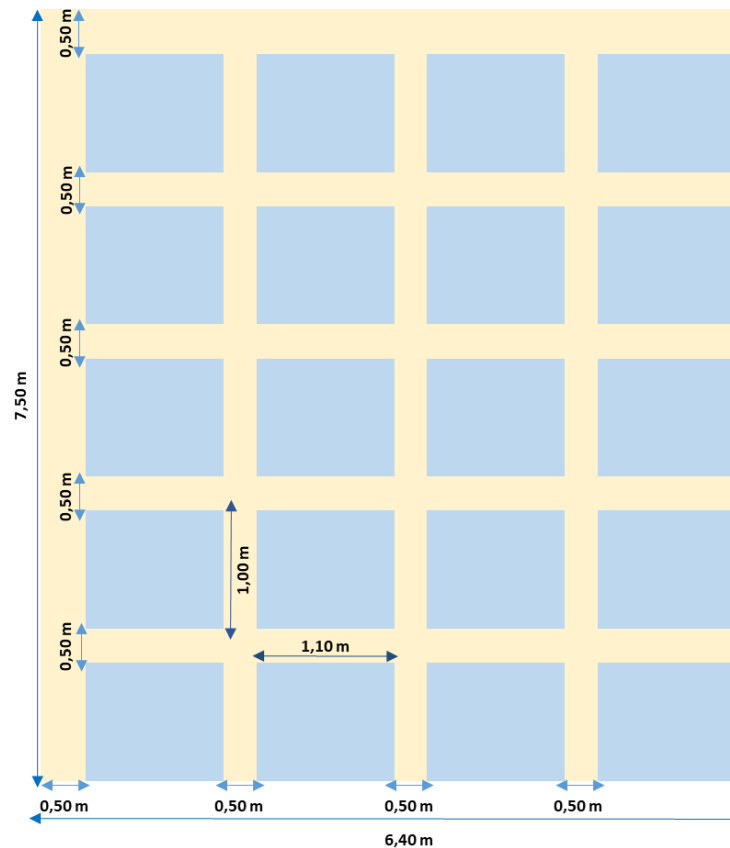
---

<sup>1</sup> (Datos tomados de la Estación Agro meteorológica del INAMHI, Portoviejo, Manabí, Ecuador. 1998-2004).

<sup>2</sup> Holdrige. Ecología basada en zonas de vida. (1987). Turrialba. Costa Rica

## 4.2 Diseño de la investigación

Se utilizó el diseño experimental de bloques completamente al azar, donde se utilizó 5 tratamientos con 4 bloques, logrando un total de 20 unidades experimentales, mismas que fueron repartidas en 4 repeticiones y cada una contó con 5 camas de 1 m x 1.10 m y que estuvieron distanciadas entre sí y entre repetición por 0.50 m, dando un total del área del experimento de 48 m<sup>2</sup> (Figura 2).



**Figura 2.** Croquis del diseño experimental empleado en el ensayo.

## 4.3 Tratamientos

Se utilizaron 5 tratamientos, en la cual el T0 que corresponde al testigo (agua) y del T1 al T4 corresponden a los tratamientos de materia orgánica nitrogenada que fueron sometidas a la aplicación de varias dosis de microorganismos eficientes para la descomposición del estiércol bovino (Tabla 1).

**Tabla 1.** Tratamientos de la investigación.

Tratamientos	Microrganismos eficientes (ME)	Materia orgánica (MO)	Nomenclatura
T0	Agua	350 kg de MO	T0 agua+MO
T1	1 L de EM disuelto en 20 L de agua	350 kg de MO	T1 EM+MO
T2	2 L de EM disueltos en 20 L de agua	350 kg de MO	T2 EM+MO
T3	3 L de EM disueltos en 20 L de agua	350 kg de MO	T3 EM+MO
T4	4 L de EM disueltos en 20 L de agua	350 kg de MO	T4 EM+MO

## **4.4 Manejo del experimento**

### **4.4.1 Preparación del terreno**

La preparación y limpieza del área donde se estableció el ensayo se lo realizó mediante desmalezado con moto guadañas y machetes.

### **4.4.2 Elaboración de las camas**

Mediante el uso de madera extraída de palets reciclados se construyeron las camas del ensayo, las dimensiones de estas fueron de 1 m x 1.10 m, con altura de 0,55 m dando un área total de 0,605 m<sup>3</sup>. Posteriormente se sortearon al azar los tratamientos y fueron establecidos en el terreno previamente limpio.

### **4.4.3 Recolección y llenado de cama con estiércol bovino**

El estiércol bovino en estado seco (materia orgánica nitrogenada) se recolectó de los corrales pertenecientes a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Técnica de Manabí, y fue llevado hasta el lugar donde se realizó la investigación, en el campus experimental La Teodomira. En total se utilizaron 7000 kg, que se mezcló de manera homogénea, luego mediante el uso de una balanza se procedió a pesar 350 kg por cama.

### **4.4.5 Microorganismos eficientes utilizados en la investigación**

Los ME utilizados en la presente investigación fueron proporcionados por el Ing. Agron. Julio Alberto Mero Muñoz, los que se obtuvieron a partir de la metodología descrita por Higa y Parr (1994), citadas en Manual Práctico de Uso de Microorganismos Eficientes del Banco Interamericano de Desarrollo (2009), donde se propone que esta tecnología consiste en productos en los que predominan bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias fotosintéticas, que coexisten en una combinación de efecto

sinérgico. Dichos ME poseen una relación de  $1 \times 10^8$  UFC (unidades formadoras de colonias).

#### **4.4.6 Aplicación de los microorganismos eficientes**

Con la ayuda de un recipiente se midió la cantidad de microorganismos eficientes detallado en la Tabla 1 y se depositó en un tacho con 20 L de agua, luego se aplicó las dosis de ME a cada uno de los tratamientos correspondientes, esta actividad se la realizó a partir de las 7 am a 9 am, una vez por semana durante un mes. En la época de lluvias, se cubrió con un plástico la materia orgánica, para que así el exceso de agua no influyera en el proceso de descomposición.

#### **4.4.7 Volteo de la materia orgánica**

La materia orgánica fue volteada cada 15 días durante un mes en cada uno de los tratamientos (2 voleos en total) mediante el uso de palas y azadones. Esta metodología se basa en las descripciones de Moreira (2014).

### **4.5 Variables de evaluación**

#### **4.5.1 Temperatura**

Se utilizó un termómetro digital de suelo de tallo largo, del fabricante “Spectrum Technologies” modelo 6310, el cual se introdujo en la parte media de las camas a una profundidad de 25 cm. Esta actividad se realizó una vez por semana durante un mes en cada uno de los tratamientos.

#### **4.5.2 pH**

Mediante el uso de un pH metro marca “Moisture” modelo “YH-Soil-A96”, se midió el pH, el cual, se introdujo a 10 cm en la parte media de la cama. Este proceso se lo realizó una vez por semana durante un mes.

#### **4.5.3 Conductividad**

Con la ayuda de un medidor de conductividad eléctrica del suelo marca “Hanna Instruments” modelo “Soil Test HI98331”, las mediciones se realizaron introduciendo la punta del medidor a 10 cm de profundidad en el centro de las camas de descomposición, este procedimiento se realizó una vez por semana durante un mes.

#### **4.6 Caracterización química de la MO**

Posteriormente, se llenaron fundas plásticas con 3 libras de muestra tomadas de cada tratamiento de estudio y se envió a caracterizar, para ello, fueron llevadas al laboratorio de la Estación Experimental Tropical “Pichilingue” del INIAP, ubicada en la ciudad de Quevedo, para que se realicen los respectivos los análisis químicos, físicos y biológico.

#### **4.7 Análisis de datos**

Los datos recolectados en el ensayo fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la diferencia entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia del ( $\leq 0.05$ ), se trabajó con el programa estadístico INFOSTAT, versión 2020 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

## 5. Resultados y discusión

Mediante la investigación se realizó la caracterización del proceso de compostaje, que se describen a continuación

### 5.1 Variables evaluadas

#### 5.1.1 Temperatura

En la Tabla 2, se muestran los análisis de varianza para la variable temperatura en grados centígrados de la materia orgánica en descomposición durante el periodo diciembre 2021 a enero 2022, donde se observa que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Se evidencia una disminución de la temperatura con el paso del tiempo.

**Tabla 2.** Temperatura (°C) de la materia orgánica en descomposición. Diciembre 2021 a enero 2022. Santa Ana, Manabí

Tratamientos	Temperatura (°C) 1 (8 días)	Temperatura (°C) 2 (16 días)	Temperatura (°C) 3 (24 días)	Temperatura (°C) 4 (32 días)
T 0	38,83 a	38,20 a	33,08 a	32,90 a
T 1	41,38 a	39,95 a	34,65 a	30,80 a
T 2	39,60 a	38,83 a	34,30 a	31,13 a
T 3	40,30 a	39,08 a	34,23 a	31,08 a
T 4	38,45 a	39,33 a	34,13 a	32,55 a
CV	5,53	3,61	3,20	3,77
<i>p</i>	0,3752	0,5251	0,3575	0,0789

**Tabla 2.** Temperatura (°C) de la materia orgánica en descomposición. Diciembre 2021 a enero 2022. Santa Ana, Manabí

Recalde *et al.* (2013), explica que la temperatura entre los medios de prueba y en la temperatura ambiente la actividad biológica en los primeros tres días es mayor, disminuyendo al desaparecer la inercia del estímulo inicial y bajar la disponibilidad de nutrientes. En la presente investigación la disminución de la temperatura en los tratamientos (T1, T2, T3 y T4) fueron menores que el testigo, el cual al ser solo agua ha demorado más tiempo en descomponer la MO. Ludeña (2019), indica que luego del volteo realizado a los 10 días de montar el experimento, los niveles de temperatura aumentan debido a una mejor aireación del material, esto ayuda al proceso de descomposición al obtener una temperatura máxima de 37.25°C.



### 5.1.2 pH

La Tabla 3 presenta los resultados del pH en el proceso de la descomposición de la materia orgánica bajo diferentes dosis de microorganismos eficientes, cuyos análisis de varianza muestra diferencias significativas a los 16 días del proceso de compostaje, dada por el T3 quien presenta el mayor valor (7,33). A los 8 días del proceso de compostaje el pH fue básico. A los 16 días se observan diferencias significativas, ya que el T3 se mantiene básico, mientras que en el resto de los tratamientos disminuyó a ácido, y esta acidez se repitió a los 24 días con todos los tratamientos. Al finalizar la etapa de descomposición (32 días), todos los tratamientos aumentaron el pH hasta llegar a un punto básico.

**Tabla 3.** pH de la materia orgánica en el proceso de compostaje. Diciembre 2021 a enero 2022, Santa Ana, Manabí.

Tratamientos	pH 1 (8 días)	pH 2 (16 días)	pH 3 (24 días)	pH 4 (32 días)
T 0	7,49 a	6,98 ab	6,85 a	7,65 a
T 1	7,47 a	6,30 a	6,98 a	7,85 a
T 2	7,39 a	6,93 ab	6,95 a	7,87 a
T 3	7,41 a	7,33 b	6,90 a	7,83 a
T 4	7,54 a	6,45 ab	6,63 a	7,54 a
CV	3,15	6,35	2,95	3,73
<i>p</i>	0,8841	0,0267	0,1613	0,4124

Resultados similares se presentaron en la investigación de Campos *et al.* (2016), quienes explican que, se observa una disminución del pH debido a la acción de los microorganismos en la materia orgánica, lo cual produce una liberación de ácidos orgánicos, de igual manera, detallan que se produce una alcalinización progresiva del medio, debido a la pérdida de ácidos orgánicos y a la liberación de amoníaco procedente de la descomposición de proteínas, esto se observó a los 24 días de la toma de datos del pH de la presente investigación, ya que esta tiende a llegar a niveles neutrales por la formación de compuestos orgánicos del suelo.

Los resultados finales que se obtuvieron se encuentran establecidos dentro de un margen aparente entre 7,54 – 7,87, estos resultados también se encuentran presentes en el promedio que reflejó la investigación realizada por Ortiz, (2015) donde menciona que el nivel promedio de pH 7,84 se considera neutro, por lo tanto, se encuentra dentro de las condiciones óptimas de un buen compost.

### 5.1.3 Conductividad eléctrica

En la Tabla 4 se detalla la variable de conductividad eléctrica, que no presenta diferencias significativas en el análisis de varianza, sin embargo, los datos obtenidos en los 4 tratamientos y el testigo se encuentran dentro del rango aceptable impuesto por la norma IIAP (39) el cual lo establece entre 2-4dS.m-1. Esto lo indica en su investigación Castillo (2020), quien tras finalizar con la investigación llegó a un parámetro de 3.26 y 3.97 dS.m-1, concluyendo que su compost era de una calidad B según los rangos de calidad del IIAP y NCh 2880 para compost de calidad. Varnero *et al.* (2011), indica que el principal factor que genera variaciones en los datos de CE es la aeración, un dato fuera de los rangos óptimos establecidos se podría atribuir a problemas de homogeneización y falta de oxigenación de la MO.

**Tabla 4.** Conductividad eléctrica en el proceso de compostaje. Diciembre 2021 a enero 2022, Santa Ana, Manabí.

Tratamientos	CE 1 (8 días)	CE 2 (16 días)	CE 3 (24 días)	CE 4 (32 días)
T 0	2,00 a	2,48 a	2,41 a	2,97 a
T 1	1,74 a	2,41 a	2,63 a	2,43 a
T 2	1,63 a	2,39 a	2,03 a	2,63 a
T 3	2,42 a	3,18 a	2,28 a	2,09 a
T 4	3,02 a	2,59 a	2,77 a	2,35 a
CV	35,03	20,90	31,24	27,71
<i>p</i>	0,1122	0,2702	0,6774	0,4815

## 5.2 Caracterización Química

### 5.2.1 Porcentaje MO

En la Tabla 5 se presentan los resultados de la caracterización física - química de la materia orgánica en donde no hubo diferencias significativas ya que todos los valores son altos. El T0 y el T4 son los dos únicos tratamientos que se encuentran dentro de lo considerado un compost de buena calidad según los parámetros expuestos por la norma NCh 2880. Estos resultados coinciden con los expuestos por Morocho (2016), quien explica que “El uso de residuos vegetales como material para generar materia orgánica, tiene gran participación sobre la cantidad y calidad del compost, haciendo que éste presente mejores características físicas y químicas, en relación a otros materiales orgánicos”.

Estos resultados contradicen a los obtenidos por Damiani (2016), quien obtuvo el mismo resultado en el testigo pero a su vez refleja un porcentaje mayor de M.O. en los tratamientos a los cuales se le aplicó diferentes técnicas de compost, siendo el método Indore el único que utiliza estiércol bovino como base del compost resultando en un 26.7% de M.O. Barriga (2015), explica que, el compostaje siempre se tiene que mantener húmedo y tapado para activar el proceso de descomposición de los materiales, además destaca que es necesario evitar el lavado o volatilización de los elementos nutritivos presentes en los materiales órgano-minerales que se descomponen.

**Tabla 5.** Resultados de los análisis de la M.O. tras la caracterización físico-química del estiércol después de pasar un periodo de 30 días de descomposición.

<b>Tratamiento</b>	<b>M.O%</b>
<b>T0</b>	24.9
<b>T1</b>	19.8
<b>T2</b>	15.2
<b>T3</b>	17.8
<b>T4</b>	23.8

**M.O.:** Materia Orgánica; **Metodología utilizada:** Titulación de Welkley black; **Interpretación:** B= Bajo, M= Medio, A= Alto.

### 5.2.2 Macro nutrientes

#### ➤ Fosforo (P)

La Tabla 6 presenta la cantidad de fosforo presente en el compost, estadísticamente no hay diferencias significativas. La cantidad de fosforo del compost es alto, no obstante, se encuentran por encima de los parámetros de calidad aceptados por la Norma Chilena 2880 y la OMS, a excepción del T4, que cumple con los parámetros de la OMS. Rafael, (2015) al comparar los resultados de su investigación con la Norma Chilena 2880 también obtuvo resultados por encima de la norma establecida, mientras que al compararlos con las normas de la OMS todos sus resultados se encontraban dentro de lo aceptado.

### ➤ **Potasio (K)**

En cuanto a los resultados del potasio, en la Tabla 6 se puede observar que no existieron diferencias. Naranjo (2013), explica que el contenido de potasio en el compost aumenta a medida que se incrementa la dosis de ME, y esta afirmación se ve reflejada en los tratamientos 3 y 4, que fueron los que mayor dosis recibieron.

### ➤ **Nitrógeno (N)**

Los resultados de nitrógeno presentados en la Tabla 6 muestran que existió una diferencia significativa, ya que el T0 es el único que obtuvo una calificación alta (A), los demás tratamientos mostraron una calificación media (M). Según los parámetros impuestos por la FAO (2013), los T0, T1, T2 son los únicos tratamientos que se encuentran dentro de los parámetros, y se encuentran por debajo de los resultados mencionados por Castillo (2020), quien tras realizar un análisis de nitrógeno total en el compost obtuvo un parámetro de 0,94 a 1%.

**Tabla 6.** Caracterización física química de los macronutrientes (ppm) del estiércol de ganado bovino a los 32 días de proceso de compostaje.

Tratamientos	N	P	K
T0	45 A	360 A	7.55 A
T1	30 M	363 A	7.38 A
T2	30 M	358 A	7.54 A
T3	28 M	360 A	7.92 A
T4	23 M	333 A	7.75 A

**Interpretación de acuerdo a los parámetros establecidos por INIAP:** B= Bajo, M= Medio, A= Alto; **Metodología usada:** N, P= Colorimetría, K= absorción atómica

### **5.2.3 Micro nutrientes**

Los resultados expuestos en la Tabla 7 muestran la presencia de micronutrientes en el compost, con una diferencia significativa en Hierro (Fe). García (2018), menciona que la variación con **respecto** a los micro nutrientes es mínima.

**Tabla 7.** Caracterización física-química de micro nutrientes de estiércol bovino a los 30 días del proceso de compostaje.

<b>Tratamiento</b>	<b>Mg</b>	<b>Ca</b>	<b>Fe</b>	<b>Cu</b>	<b>S</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>
<b>T0</b>	6.6 A	23 A	38 M	1.1 M	147 A	30.0 A	22.2 A	4.47 A
<b>T1</b>	7.4 A	24 A	41 A	1.5 M	145 A	32.2 A	24.5 A	3.24 A
<b>T2</b>	6.2 A	23 A	56 A	1.0 M	97 A	28.2 A	16.8 A	4.39 A
<b>T3</b>	6.5 A	23 A	62 A	2.7 M	88 A	28.2 A	17.6 A	4.77 A
<b>T4</b>	7.3 A	25 A	20 M	2.2 M	127 A	23.3 A	12.8 A	6.57 A

**Interpretación de acuerdo a los parámetros establecidos por INIAP:** B= Bajo, M= Medio, A= Alto; **Metodología usada:** B= Colorimetría; S= Turbidimetría; Ca, Mg, Cu, Fe, Mn, Zn= Absorción atómica.

## **6. Conclusiones**

- El proceso de descomposición del estiércol bovino utilizando microorganismos eficientes fue, similar al testigo.
- La utilización de ME adicionado al estiércol bovino en el proceso de compostaje no influyó sobre la MO.
- Las características físico-químicas en el proceso de compostaje con microorganismos eficientes y el testigo son similares.

## **7. Recomendaciones**

- Realizar esta práctica bajo un ambiente que controle los cambios del clima.
- Realizar esta investigación en época seca.
- Incrementar el tiempo de tratamiento de la materia orgánica (estiércol bovino).

## Referencias

- Agüero, J., Lamothe, A., Leyva, M., Santana, I., Borges, E., y Lores, A. (2003). La biofertilización como herramienta biotecnológica de la agricultura sostenible. *Alimentaria: Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos*, 39(346), 61-66.
- Álvarez, J., Núñez, D., Liriano, R., y Terence, G. (2012). Evaluación de la aplicación de microorganismos eficientes en col de repollo (*Brassica oleracea* L.) en condiciones de organopónico semiprotegido. *Centro Agrícola*, 39(4), 27-30.
- Álvarez, M. (2018). Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay–Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa [Tesis de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional Universidad Nacional Agraria La Molina.  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/3097>
- Antomarchi, A., Fabre, B., y Hernandez, Y. (2015). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la respuesta agroproductiva del cultivo de habichuela (*Vigna unguiculata* L.). *Centro Agrícola*, 42(2), 11-16.
- Arango, M. (2017). Abonos orgánicos como alternativa para la conservación y mejoramiento de los suelos [Tesis de doctorado, Corporación Universitaria Lasallista]. <https://fdocumento.com/document/abonos-orgnicos-como-alternativa-para-la-conservacin-y-con-el-debido-proceso.html?page=1>
- Avalos, C. (2009). El polémico uso de agroquímicos. *Revista Generación*, 134, 10-15.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2009). Manual práctico de uso de EM-Proyecto de reducción de pobreza y mejora de las condiciones higiénicas de los hogares



de la población rural de menores recursos. Banco Interamericano de Desarrollo-  
Convenio Fondo Especial de Japón. *BID ATN/JO-10792 UR. Edición*, (1).

[https://www.emuruguay.org/images/Manual\\_Practico\\_Uso\\_EM\\_OISCA\\_BID.pdf](https://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf)

Barriga, P. (2015). Optimización en el tratamiento integral de los derivados sólidos y líquidos (compost-biol) de la materia orgánica y de impropios (lixiviados) en la gestión integral de residuos sólidos de la EMMAI-BCP-EP [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.]. Repositorio ESPOCH.  
<http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4795>

Cajamarca, D., Godoy, M., Escobar, C., Matveev, L., y Cárdenas, M. (2020).

Agroquímicos: enemigos latentes para los polinizadores y la producción de alimentos primarios que agonizan. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, (65), 31. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7760495>

Campos, R., Brenes, L., y Jiménez, MF (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Revista Tecnología en Marcha*, 29, 25-32.  
<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>

Canellas, L., Olivares, F., Aguiar, N., Jones, D., Nebbioso, A., Mazzei, P., y Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>

Castillo, L. (2020). Evaluación de la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos y microorganismos eficaces (EM) en el distrito de Huayucachi, Huancayo [Tesis de pregrado, Universidad Continental]. Repositorio Institucional Continental. <https://hdl.handle.net/20.500.12394/8245>

- Combatt, E., Polo, J., y Jarma, A. (2017). Rendimiento del cultivo de yuca con abonos orgánicos y químicos en un suelo ácido. *Ciencia y Agricultura*, 14(1), 57-64.  
<https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.2017.6088>
- Contreras, J., Rojas, J., Acevedo, I., y Adams, M. (2014). Caracterización de las propiedades físicas y bioquímicas del vermicompost de pergamino de café y estiércol de bovino. *Revista de la Facultad de Agronomía. (LUZ)*, 1(Supl 1), 489-501.
- Damiani, M. (2016). Evaluación físico-químico de compost, elaborado a partir de Pistia stratiotes mas estiércol de bovino bajo cuatro métodos de compostaje [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio UTB.  
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3257>
- Di Rienzo, J; Casanoves, F; Balzarini, M; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, C. (2020). Centro de Transferencia InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Díaz, L. (2019). Evaluación del efecto de la adición de un bioinoculante durante el proceso de compostaje de mortalidad en granja porcícola de Lérída, Tolima [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana. <http://hdl.handle.net/10554/46379>
- Escobar, F., Sánchez, J., y Azero, M. (2012). Evaluación del proceso de compostaje con diferentes tipos de mezclas basadas en la relación C/N y la adición de preparados biodinámicos en la Granja Modelo Pairumani. *Acta Nova*, 5(3), 390-410.

- FAO. (2013). Manual de Compostaje del Agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Santiago de Chile.
- Fayemi, OE. y Ojokoh, AO. (2014). The Effect of different fermentation techniques on the nutritional quality of the cassava product (fufu). *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(1), 183-192. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2012.00763.x>
- Feijoo, M. (2016). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40.
- Franco, M. (2009). Utilización de los actinomicetos en procesos de biofertilización. *Revista Peruana de Biología*, 16(2), 239-242.
- García, F. (2018). Calidad y tiempo de obtención del compost aplicando microorganismos eficientes en la Universidad Cesar Vallejo, filial-Chiclayo [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio de la Universidad Cesar Vallejo. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/31497>
- García, L. (2019). Proceso de reproducción de bacterias fototróficas mediante bio fermentación [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/5433>
- González, E. (2021). Caracterización del efecto de microorganismos eficientes autóctonos en la producción de Compost, de residuos del Ganado: caso de estudio Lyg Farm, Quito, Ecuador [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7916>

- Hernández, O., Ojeda, D., López, J., y Arras, A. (2010). Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. *Tecnociencia Chihuahua*, 4(1), 1-6. <https://doi.org/10.54167/tch.v4i1.719>
- Higa, T., y Parr, J. (1994). Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment (Vol. 1). *Atami: International Nature Farming Research Center*.
- Horwath, W. R. (2017). The role of the soil microbial biomass in cycling nutrients. *Microbial Biomass: A Paradigm Shift in Terrestrial Biogeochemistry*, (pp. 41-66). [https://doi.org/10.1142/9781786341310\\_0002](https://doi.org/10.1142/9781786341310_0002)
- Instituto Nacional de Normalización. (2004). *Norma Chilena de Calidad de Compost* (Norma Chilena Oficial 2880). <https://bit.ly/34PjmPU>
- Londoño, N., Taborda, M., López, y C., Acosta, L. (2015). Bacteriocinas producidas por bacterias ácido lácticas y su aplicación en la industria de alimentos. *Alimentos Hoy*, 23 (36): 186-205.
- Loor, G. (2014). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP).
- López, C. (2018). Niveles de abonos foliares en el rendimiento y calidad de la chala forrajera (*Zea mays* L.) variedad Chuska bajo las Condiciones Edafoclimáticas de San Cristobal-Huacrachuco-Marañón-2017 [ Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional UNHEVAL. <https://hdl.handle.net/20.500.13080/4659>
- López, W. (2012). Estudio del uso de residuos industriales no peligrosos a través del proceso de compostaje y su aplicación para el cultivo de maíz y frijol [Tesis de

doctorado, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio Digital IPN.

<http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/6940>

Ludeña, M. (2019). Efecto de los microorganismos eficaces en la descomposición de los desechos sólidos orgánicos más estiércol de ganado vacuno en el distrito de José Galvez [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Universidad Nacional de Cajamarca.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2784>

Luna, I., y Mesa, M. (2017). Microorganismos eficientes y sus beneficios para los agricultores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 4(2), 31-40.

Martín, A. (2005). Control del metabolismo de *Saccharomyces cerevisiae* en la síntesis de glutación [Tesis de doctorado, Universidad de Granada]. Repositorio

Universidad de Granada. <http://hdl.handle.net/10481/815>

Martínez, A., Sánchez, R., Velasco, S., y Prado, F. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (mm) en la producción de acelga en la meseta de Popayán. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 12(1), 79-87.

Martínez, A., Zamudio, B., Tadeo, M., Espinosa, A., Cardoso, J., y Vázquez, M. (2022).

Rendimiento de híbridos de maíz en respuesta a la fertilización foliar con bioestimulantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(2), 289-301.

<https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2782>

Martínez, I. (2014). Efectos económicos y laborales del uso de agroquímicos en la producción de arroz en el cantón Daule. Periodo 2011 [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Económicas]. Repositorio

Institucional de la Universidad de Guayaquil.

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/9614>

Medina, L., Monsalve, Ó., y Forero, A. (2010). Aspectos prácticos para utilizar materia orgánica en cultivos hortícolas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 4(1), 109-125. <https://doi.org/10.17584/rcch.2010v4i1.1230>

Moreira, E. (2014). Incidencia de los microorganismos eficientes en el tiempo de descomposición de abonos de origen animal. *La Técnica*, (13), 18-25.

Morocho, E. (2016). Evaluación de microorganismos efectivos (em) en la descomposición y mineralización de la materia orgánica proveniente de desechos agrícolas en la zona de Babahoyo [Tesis de grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio Universidad Técnica Babahoyo.

<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3259>

Naranjo, E. (2013). Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato.

<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/5310>

Norma Chilena 2880. (2004). Compost - Clasificación y requisitos. Decreto exento N° 89. 2005. Santiago de Chile, Chile.

Odlare, M., Lindmark, J., Ericsson, A. y Pell, M. (2015). Utilización de residuos orgánicos en agricultura. *Energy Procedia*, 75, 2472-2476.

Olea, W., Quintana, M., y Aguayo, A. (2017). Efectos de la aplicación de compost sobre las propiedades físico químicas del suelo y el rendimiento de azúcar. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible*, 10(29), 10.

- Ortiz, M. (2015). Determinación de la influencia de la aplicación de diferentes dosis de estiércol de ganado vacuno en la producción de compost a partir de cáscara de cacao [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio Universidad Nacional de San Martín. <http://hdl.handle.net/11458/382>
- Peralta, N., Bernardo, G., Watthier, M., y Silva, R. (2019). Compost, bokashi y microorganismos eficientes: sus beneficios en cultivos sucesivos de brócolis. *Idesia (Arica)*, 37(2), 59-66. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000200059>
- Pinos, J., García, J., Peña, L., Rendón, J., González, C., y Tristán, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46(4), 359-370.
- Quaik, S., Embrandiri, A., Rupani, P., y Ibrahim, M. (2012). Potential of vermicomposting leachate as organic foliar fertilizer and nutrient solution in hydroponic culture: a review. In *2nd International Conference on Environment and BioScience IPCBEE, IACSIT Press, Singapore* (Vol. 44, pp. 43-47). DOI: 10.7763/IPCBEE. 2012. V44. 10
- Quiñones, E., Evangelista, Z., y Rincón, G. (2016). Los actinomicetos y su aplicación biotecnológica. *Elementos*, 101, 59-64.
- Quispe, Y., y Chávez, C. (2017). Evaluación del efecto que tienen los microorganismos eficientes (EM), en el cultivo de pepinillo (*Cucumis sativus* L.), municipio de Achocalla, 3(3), 652-666.
- Rafael, M. (2015). Proceso de producción y aplicación del producto microorganismos eficaces en la calidad de compost a partir de la mezcla de tres tipos de residuos orgánicos, Sapallanga–Huancayo [Tesis de grado, Universidad Nacional del

Centro de Perú]. Repositorio Universidad Nacional del Centro de Perú.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/3511>

Ramos, D., y Terry, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: Importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59.

Recalde, C., Echeverría, M., y Castro, R. (2013). Descomposición de materia orgánica con microorganismos benéficos magnetizados. *Información Tecnológica*, 24(6), 09-16. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000600003>

Rodríguez, S., Delgado, M., Baldo, M., y Marrero, B. (2012). Intoxicaciones agudas por plaguicidas consultadas al Centro Nacional de Toxicología durante el bienio 2007-2008. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 41(4), 415-422.

Shahrajabian, M., Cheng, Q., y Sun, W. (2022). The effects of amino acids, phenols and protein hydrolysates as biostimulants on sustainable crop production and alleviated stress. *Recent Patents on Biotechnology*, 16(4), 319-328. <https://doi.org/10.2174/1872208316666220412133749>

Souza, R., Ambrosini, A., Passaglia, L. (2015). Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and Molecular Biology*, 38(4): 401-419. <https://doi.org/10.1590/S1415-475738420150053>

Suquilanda, M. (2006). Los agentes microbiológicos en la agricultura orgánica. <http://agronegocioecuador.ning.com/page/los-agentes-microbiologicos-en>.

Tanya, M., y Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103.



- Toalombo, R. (2012). Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). Ambato: Universidad Técnica de Ambato [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Universidad Técnica de Ambato.  
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/2217>
- Torres, A., Quipuzco, L., y Meza, V. (2015). Influencia de la fermentación láctica (abono bokashi) en el pre-compost para la producción de biogás y biol en biodigestores tipo batch. In: *Anales Científicos*, 76 (2): 269-274.
- Vargas, L. (2019). Aplicación de microorganismos eficientes para mejorar la descomposición de residuos sólidos orgánicos en el centro compostero de Granja Porcón-Cajamarca [Tesis de grado, Universidad César Vallejo].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/36071>
- Varnero, M., Galleguillos, K., y Rojas, R. (2011). Sistemas de compostaje para el tratamiento de alperujo. *Información Tecnológica*, 22(5), 49-56.  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642011000500007>
- Vázquez, C., García, J., Salazar, E., López, J., Valdez, R., Orona, I., gallegos, M. y Preciado, P. (2011). Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 17(SPE1), 69-74.
- Villalta, M. (2014). Evaluación de tres niveles de microorganismos eficientes activados (EM-A) en la fertilización de cultivos de forraje verde hidropónico (FVH) en la quinta experimental Punzara de la UNL [Tesis de grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Digital - Universidad Nacional de Loja.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/12365>

Xu, L., y Geelen, D. (2018). Developing biostimulants from agro-food and industrial by-products. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1567.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01567>

Yadav, A., y Garg, V. (2019). Biotransformation of bakery industry sludge into valuable product using vermicomposting. *Bioresour. Technol.* 274, 512–517.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.12.023>

Yang, Z., Jiang, Z., Hse, C., Liu, R. (2017). Assessing the impact of wood decay fungi on the modulus of elasticity of slash pine (*Pinus elliottii*) by stress wave non-destructive testing. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 117: 123-

127. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.12.003>

## 9. Anexos



**Anexo 1.** Preparación y limpieza del terreno



**Anexo 2.** Construcción de las camas para la materia orgánica



**Anexo 3.** Recolección de la materia orgánica (estiércol bovino)



Anexo 4. Llenado de las camas



**Anexo 5. Sorteo y Aplicación de los tratamientos**



Anexo 6. Toma de datos



## Anexo 7. Análisis de varianza, temperatura referencial

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temperatura referencial	20	0,15	0,00	8,04

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	32,15	4	8,04	0,64	0,6417
Tratamientos	32,15	4	8,04	0,64	0,6417
Error	188,17	15	12,54		
Total	220,31	19			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=7,73349

Error: 12,5443 gl: 15

Tratamientos Medias n E.E.

T0	42,50	4	1,77	A
T4	43,38	4	1,77	A
T3	44,00	4	1,77	A
T2	44,05	4	1,77	A
T1	46,33	4	1,77	A

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

## Anexo 8. Análisis de varianza, temperatura 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temperatura 1	20	0,23	0,03	5,53

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	22,01	4	5,50	1,14	0,3752
Tratamientos	22,01	4	5,50	1,14	0,3752
Error	72,39	15	4,83		
Total	94,40	19			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,79656

Error: 4,8257 gl: 15

Tratamientos Medias n E.E.

T4	38,45	4	1,10	A
T0	38,83	4	1,10	A
T2	39,60	4	1,10	A
T3	40,30	4	1,10	A
T1	41,38	4	1,10	A

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

### Anexo 9. Análisis de varianza, temperatura 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temperatura 2	20	0,18	0,00	3,61

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,63	4	1,66	0,83	0,5251
Tratamientos	6,63	4	1,66	0,83	0,5251
Error	29,83	15	1,99		
Total	36,46	19			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,07929

Error: 1,9888 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T0	38,20	4	0,71 A
T2	38,83	4	0,71 A
T3	39,08	4	0,71 A
T4	39,33	4	0,71 A
T1	39,95	4	0,71 A

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

### Anexo 10. Análisis de varianza, temperatura 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temperatura 3	20	0,24	0,04	3,20

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,63	4	1,41	1,18	0,3575
Tratamientos	5,63	4	1,41	1,18	0,3575
Error	17,81	15	1,19		
Total	23,44	19			

#### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,37941

Error: 1,1875 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T0	33,08	4	0,54 A
T4	34,13	4	0,54 A
T3	34,23	4	0,54 A
T2	34,30	4	0,54 A
T1	34,65	4	0,54 A

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

## Anexo 11. Análisis de varianza, temperatura 4

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Temperatura	4	20	0,41	0,25 3,77

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,77	4	3,69	2,59	0,0789
Tratamientos	14,77	4	3,69	2,59	0,0789
Error	21,37	15	1,42		
Total	36,14	19			

### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,60590

Error: 1,4243 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	30,80	4	0,60 A
T3	31,08	4	0,60 A
T2	31,13	4	0,60 A
T4	32,55	4	0,60 A
T0	32,90	4	0,60 A

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

## Anexo 12. Análisis de varianza, pH 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH1	20	0,07	0,00	3,15

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,06	4	0,02	0,28	0,8841
Tratamientos	0,06	4	0,02	0,28	0,8841
Error	0,83	15	0,06		
Total	0,89	19			

### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,51349

Error: 0,0553 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	7,39	4	0,12 A
T3	7,41	4	0,12 A
T1	7,47	4	0,12 A
T0	7,49	4	0,12 A
T4	7,54	4	0,12 A

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

### Anexo 13. Análisis de varianza, pH 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH2	20	0,50	0,36	6,35

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,78	4	0,69	3,73	0,0267
Tratamientos	2,78	4	0,69	3,73	0,0267
Error	2,79	15	0,19		
Total	5,57	19			

#### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,94211

Error: 0,1862 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T1	6,30	4	0,22 A
T4	6,45	4	0,22 A B
T2	6,93	4	0,22 A B
T0	6,98	4	0,22 A B
T3	7,33	4	0,22 B

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

### Anexo 14. Análisis de varianza, pH 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH3	20	0,34	0,16	2,95

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,31	4	0,08	1,91	0,1613
Tratamientos	0,31	4	0,08	1,91	0,1613
Error	0,62	15	0,04		
Total	0,93	19			

#### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,44212

Error: 0,0410 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	6,63	4	0,10 A
T0	6,85	4	0,10 A
T3	6,90	4	0,10 A
T2	6,95	4	0,10 A
T1	6,98	4	0,10 A

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

## Anexo 15. Análisis de varianza, pH 4

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
pH4	20	0,22	0,01	3,73

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,35	4	0,09	1,05	0,4124
Tratamientos	0,35	4	0,09	1,05	0,4124
Error	1,25	15	0,08		
Total	1,60	19			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,63026

Error: 0,0833 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T4	7,54	4	0,14 A
T0	7,65	4	0,14 A
T3	7,83	4	0,14 A
T1	7,85	4	0,14 A
T2	7,87	4	0,14 A

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

## Anexo 16. Análisis de varianza, conductividad eléctrica 1

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Conductividad 1	20	0,38	0,21	35,03

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,16	4	1,29	2,25	0,1122
Tratamientos	5,16	4	1,29	2,25	0,1122
Error	8,60	15	0,57		
Total	13,76	19			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,65302

Error: 0,5731 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	1,63	4	0,38 A
T1	1,74	4	0,38 A
T0	2,00	4	0,38 A
T3	2,42	4	0,38 A
T4	3,02	4	0,38 A

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

## Anexo 17. Análisis de varianza, conductividad eléctrica 2

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Conductividad	2	20	0,28	0,08 20,90

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,71	4	0,43	1,44	0,2702
Tratamientos	1,71	4	0,43	1,44	0,2702
Error	4,45	15	0,30		
Total	6,16	19			

### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,18983

Error: 0,2969 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	2,39	4	0,27 A
T1	2,41	4	0,27 A
T0	2,48	4	0,27 A
T4	2,59	4	0,27 A
T3	3,18	4	0,27 A

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

## Anexo 18. Análisis de varianza, conductividad eléctrica 3

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Conductividad	3	20	0,14	0,00 31,24

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,34	4	0,34	0,59	0,6774
Tratamientos	1,34	4	0,34	0,59	0,6774
Error	8,58	15	0,57		
Total	9,92	19			

### Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,65123

Error: 0,5719 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	2,03	4	0,38 A
T3	2,28	4	0,38 A
T0	2,41	4	0,38 A
T1	2,63	4	0,38 A
T4	2,77	4	0,38 A

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

## Anexo 19. Análisis de varianza, conductividad eléctrica 4

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Conductividad 4	20	0,20	0,00	27,71

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,74	4	0,44	0,91	0,4815
Tratamientos	1,74	4	0,44	0,91	0,4815
Error	7,16	15	0,48		
Total	8,90	19			

### Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,50861

Error: 0,4774 gl: 15

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	2,09	4	0,35 A
T4	2,35	4	0,35 A
T1	2,43	4	0,35 A
T2	2,63	4	0,35 A
T0	2,97	4	0,35 A

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

Anexo 20.



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.gov.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre	: VILLACRESES COBO JOSÉ
Dirección	: PORTOVIEJO / MANABÍ
Ciudad	: PORTOVIEJO
Teléfono	: 0991118314
Fax	: jjvillacreses98@gmail.com

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre	: S/N
Provincia	: Manabí
Cantón	: Portoviejo
Parroquia	:
Ubicación	:

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual	:
N° Reporte	: 9413
Fecha de Muestreo	: 02/01/2022
Fecha de Ingreso	: 18/02/2022
Fecha de Salida	: 25/02/2022

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm				
	Identificación	Area		NH <sub>4</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B
105752	T0		7,7 LAI	45 A	360 A	7,55 A	23 A	6,6 A	147 A	22,2 A	1,1 M	38 M	30,0 A	4,47 A
105753	T1		7,9 LAI	30 M	363 A	7,38 A	24 A	7,4 A	145 A	24,5 A	1,5 M	41 A	32,2 A	3,24 A
105754	T2		8,0 LAI	30 M	358 A	7,54 A	23 A	6,2 A	97 A	16,8 A	1,0 M	56 A	28,2 A	4,39 A
105755	T3		7,9 LAI	28 M	360 A	7,92 A	23 A	6,5 A	88 A	17,6 A	2,7 M	62 A	28,2 A	4,77 A
105756	T4		8,1 MeAl	23 M	333 A	7,75 A	25 A	7,3 A	127 A	12,8 A	2,2 M	20 M	23,3 A	6,57 A

INTERPRETACION			
pH		Elementos: de N a B	
MAc = Muy Acido	LAc = Liger. Acido	LAI = Lige. Alcalino	RC = Requiere Cal
Ac = Acido	PN = Prac. Neutro	MeAl = Media. Alcalino	B = Bajo
MeAc = Media. Acido	N = Neutro	Al = Alcalino	M = Medio
			A = Alto

METODOLOGIA USADA	EXTRACTANTES
pH = Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
N,P,B = Colorimetría	N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn
S = Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico
K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn = Absorción atómica	B,S

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUAS

RESPONSABLE LABORATORIO



Anexo 21.



**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**

**DATOS DEL PROPIETARIO**  
**Nombre** : VILLACRESES COBO JOSÉ  
**Dirección** : PORTOVIEJO / MANABÍ  
**Ciudad** : PORTOVIEJO  
**Teléfono** : 0991118314  
**Fax** : jjvillacreses98@gmail.com

**DATOS DE LA PROPIEDAD**  
**Nombre** : S/N  
**Provincia** : Manabí  
**Cantón** : Portoviejo  
**Parroquia** :  
**Ubicación** :

**PARA USO DEL LABORATORIO**  
**Cultivo Actual** :  
**Nº de Reporte** : 9413  
**Fecha de Muestreo** : 02/01/2022  
**Fecha de Ingreso** : 18/02/2022  
**Fecha de Salida** : 25/02/2022

Nº Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)		Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	(meq/l) <sup>1/2</sup>	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla		
105752					24,9	A	3,4	0,87	3,92	37,15						
105753					19,8	A	3,2	1,00	4,25	38,78						
105754					15,2	A	3,7	0,82	3,87	36,74						
105755					17,8	A	3,5	0,82	3,72	37,42						
105756					23,8	A	3,4	0,94	4,17	40,05						

INTERPRETACION			
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

ABREVIATURAS
C.E. = Conductividad Eléctrica
M.O. = Materia Orgánica
RAS = Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA
C.E. = Conductímetro
M.O. = Titulación de Welkley Black
Al+H = Titulación con NaOH

**RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA**

**RESPONSABLE LABORATORIO**



