



UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DE CUENCA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**“CALIDAD DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS  
ORGÁNICOS DOMICILIARIOS, CON APLICACIÓN DE  
MICROORGANISMOS BENÉFICOS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

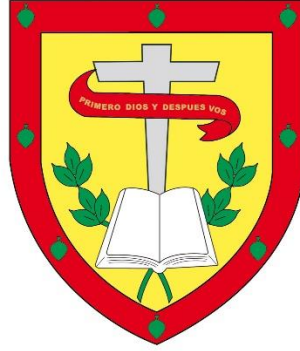
**AUTOR: BRYAN SEBASTIAN MONCAYO VASQUEZ**

**DIRECTOR: ING. MANUEL SALVADOR ALVAREZ VERA, PH.D**

**CUENCA - ECUADOR**

**2021**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“CALIDAD DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS  
DOMICILIARIOS, CON APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS  
BENÉFICOS”

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: BRYAN SEBASTIAN MONCAYO VASQUEZ**

**DIRECTOR: ING. MANUEL SALVADOR ALVAREZ VERA, PH.D**

**CUENCA - ECUADOR**

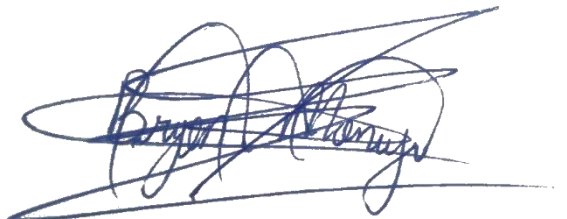
**2021**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

**Bryan Sebastian Moncayo Vasquez** portador de la cédula de ciudadanía N° **0929784866**. Declaro ser el autor de la obra: “**Calidad de compost a partir de residuos orgánicos domiciliarios, con aplicación de microorganismos benéficos**”, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Cuenca, **25 de octubre de 2021**



F: .....

Bryan Sebastian Moncayo Vasquez

C.I: 0929784866

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo denominado “Calidad de compost a partir de residuos orgánicos domiciliarios, con aplicación de microorganismos benéficos” fue desarrollado por el Sr. Bryan Sebastian Moncayo Vasquez, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Manuel Salvador Alvarez Vera', is written over a horizontal line.

**Ing. Manuel Salvador Alvarez Vera, Ph.D**

**DIRECTOR**

## **DEDICATORIA**

A toda mi familia, en especial a mis padres y abuelos.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por darme la vida, a mis padres por su amor, confianza y trabajo en todos estos años, para alcanzar este logro académico.

A mi hermano por estar siempre presente y ser el motivo de mi inspiración.

A mi familia y amigos, por el aprecio y apoyo.

A los docentes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Católica de Cuenca, por haber compartido sus conocimientos en mi formación académica, de manera especial, al Dr. Manuel Salvador Alvarez Vera quien ha guiado este trabajo de investigación.

A los hogares de la comunidad de Cochancay del cantón La Troncal, por su valioso aporte en esta investigación.

## RESUMEN

El presente estudio tuvo la finalidad de evaluar la calidad de compost obtenido a partir de residuos orgánicos domiciliarios en el cantón La Troncal, con la aplicación de microorganismos benéficos. El proceso de compostaje se realizó durante 17 semanas; a nivel de campo se recolectó residuos orgánicos de 17 domicilios y se extrajeron microorganismos benéficos MB de plátano (*Musa paradisiaca*), los cuales se aplicaron una vez por semana diluidos al 5 % en las cajas de compostaje distribuidas en bloques completamente al azar. Se establecieron dos tratamientos MB (microorganismos benéficos) y T (testigo), con cuatro repeticiones. No se constató una diferencia significativa de los microorganismos benéficos con respecto al tratamiento testigo en el comportamiento de temperatura, humedad y pH. Sin embargo, se determinó en el tratamiento MB mejor concentración de nutrientes destacando N, P, K, Mg, Fe y Cu, así como también, se evidenció un mayor contenido de ácidos húmicos en el compost final: MB (2,9 %) y T (2,3 %). El compost final MB fue de color negro a diferencia del testigo de marrón oscuro, además se reportaron mayor concentración de microorganismos en el MB destacando *Actinomyces sp.*, *Lactobacillus spp.*, y *Saccharomyces spp.*; por tanto, la aplicación de microorganismos benéficos en el proceso de compostaje es una alternativa para obtener mayor calidad en el compost con altas cargas de microorganismos y nutrientes, lo cual nos permite aprovechar los residuos orgánicos y reducir el impacto ambiental.

*Palabras clave:* residuos orgánicos; microorganismos benéficos; compostaje.

## ABSTRACT

This study aimed to evaluate the quality of the compost obtained from organic household waste in the canton of La Troncal, with the application of beneficial microorganisms. The composting process was performed for 17 weeks; at the field level, organic residues were collected from 17 households and beneficial MB microorganisms were extracted from plantain (*Musa paradisiaca*), which were applied once a week diluted at 5% in the composting boxes distributed in completely randomized blocks. Two treatments MB (beneficial microorganisms) and T (control) were established, with four replicates. There was no significant difference between the beneficial microorganisms and the control treatment in the behavior of temperature, humidity, and pH. Nonetheless, the MB treatment showed a better concentration of nutrients, especially N, P, K, Mg, Fe, and Cu, as well as a higher content of humic acids in the final compost: MB (2,9%) and T (2,3%). The final MB compost was black in color as opposed to the dark brown control, and a higher concentration of microorganisms was reported in the MB, especially *Actinomyces sp.*, *Lactobacillus spp*, and *Saccharomyces spp*; therefore, the application of beneficial microorganisms in the composting process is an alternative to obtain higher quality compost with high loads of microorganisms and nutrients, which allows us to take advantage of the organic waste and reduce the environmental impact.

*Keywords:* organic wastes, beneficial microorganisms, composting.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD</b>	<b>I</b>
<b>CERTIFICACIÓN</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b>	<b>VII</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>- 1 -</b>
1.1 OBJETIVOS	- 2 -
1.1.1 OBJETIVO GENERAL	- 2 -
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	- 2 -
1.2 JUSTIFICACIÓN	- 3 -
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>- 4 -</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>- 4 -</b>
2.1 RESIDUOS SÓLIDOS	- 4 -
2.1.1 Clasificación de los residuos sólidos	- 4 -
2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos orgánicos	- 4 -
2.1.3 Residuos orgánicos domiciliarios	- 5 -
2.1.4 Efectos ambientales de los residuos sólidos orgánicos	- 6 -
2.2 COMPOST	- 8 -
2.2.1 Beneficios del compost	- 9 -
2.2.2 Calidad del compost	- 10 -
2.3 COMPOSTAJE	- 11 -
2.3.1 Tipos de compostaje	- 11 -
2.3.2 Sistemas de compostaje	- 12 -
2.3.3 Etapas del proceso del compostaje	- 14 -
2.3.4 Factores que influyen en el proceso de compostaje	- 15 -
2.3.5 Material compostable	- 18 -
2.4 MICROORGANISMOS EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE	- 19 -

2.4.1 Bacterias	- 19 -
2.4.2 Actinomicetos	- 20 -
2.4.3 Hongos	- 20 -
2.5 MICROORGANISMOS BENÉFICOS	- 20 -
2.5.1 Funciones de los microorganismos benéficos	- 22 -
2.5.2 Beneficios de los microorganismos benéficos	- 22 -
2.5.3 Principales tipos de microorganismos benéficos	- 22 -
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>- 25 -</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>- 25 -</b>
3.1 ZONA DE ESTUDIO	- 25 -
3.2 MATERIALES E INSUMOS	- 25 -
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PRODUCCIÓN Y ACTIVACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS.	- 28 -
3.3.1 Preparación de la solución madre de los microorganismos benéficos	- 28 -
3.3.2 Activación de los microorganismos benéficos (MB).	- 30 -
3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	- 31 -
3.5 RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS DOMICILIARIOS	- 32 -
3.6 GENERACIÓN PER CÁPITA	- 34 -
3.7 PREPARACIÓN DEL COMPOSTAJE	- 34 -
3.8 MANEJO DEL COMPOSTAJE	- 36 -
3.9 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BIOLÓGICO	- 38 -
3.10 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	- 39 -
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>- 40 -</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	- 40 -
4.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	- 52 -
4.3 CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	- 62 -
4.4 DETERMINACIÓN DE GENERACIÓN PER CÁPITA	- 64 -
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>- 68 -</b>
<b>5. CONCLUSIONES</b>	<b>- 68 -</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>	<b>- 69 -</b>
<b>6. RECOMENDACIONES</b>	<b>- 69 -</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>- 70 -</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>- 83 -</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Hogares que clasifican los residuos orgánicos (2010 - 2019).	_____	- 6 -
<b>Figura 2:</b> Esquema general del proceso de compostaje.	_____	- 12 -
<b>Figura 3:</b> Sistema abierto móvil con cubierta.	_____	- 13 -
<b>Figura 4:</b> Composteras de sistema cerrado.	_____	- 14 -
<b>Figura 5:</b> Comparación de pH, temperatura y fases de compostaje.	_____	- 15 -
<b>Figura 6:</b> Presencia de los microorganismos en la planta.	_____	- 21 -
<b>Figura 7:</b> Ubicación del lugar de estudio.	_____	- 25 -
<b>Figura 8:</b> Picado de las hojas de plátano	_____	- 28 -
<b>Figura 9:</b> Peso del material vegetal	_____	- 28 -
<b>Figura 10:</b> Insumos medidos para la obtención de la solución madre.	_____	- 29 -
<b>Figura 11:</b> Insumos uniformizados en el envase.	_____	- 29 -
<b>Figura 12:</b> Apariencia de la solución madre.	_____	- 29 -
<b>Figura 13:</b> Extracción de la solución madre líquida.	_____	- 30 -
<b>Figura 14:</b> Insumos medidos para la activación de los microorganismos benéficos.	_____	- 30 -
<b>Figura 15:</b> Mezcla de los insumos.	_____	- 31 -
<b>Figura 16:</b> Solución de microorganismos benéficos.	_____	- 31 -
<b>Figura 17:</b> Distribución de las unidades experimentales.	_____	- 32 -
<b>Figura 18:</b> Registro de la participación de las familias en el estudio.	_____	- 33 -
<b>Figura 19:</b> Recolección de los residuos orgánicos.	_____	- 33 -
<b>Figura 20:</b> Muestras de residuos orgánicos domiciliarios codificados de los participantes.	___	- 34 -
<b>Figura 21:</b> Pesaje de las muestras de residuos orgánicos.	_____	- 34 -
<b>Figura 22:</b> Fragmentación de los residuos orgánicos.	_____	- 35 -
<b>Figura 23:</b> Material de partida del compostaje.	_____	- 35 -
<b>Figura 24:</b> Medición de temperatura.	_____	- 36 -
<b>Figura 25:</b> Medición de humedad.	_____	- 37 -
<b>Figura 26:</b> Medición de pH.	_____	- 37 -
<b>Figura 27:</b> Riego con microorganismos benéficos.	_____	- 38 -
<b>Figura 28:</b> Comportamiento de la temperatura en los extremos de las cajas de compostaje.	_	- 41 -
<b>Figura 29:</b> Resultados de diferencias de temperatura en los extremos de los tratamientos.	__	- 42 -
<b>Figura 30:</b> Comportamiento de la temperatura en el centro de las cajas de compostaje.	____	- 44 -
<b>Figura 31:</b> Resultados de diferencias de temperatura en el centro de los tratamientos.	____	- 45 -
<b>Figura 32:</b> Comportamiento de la humedad en los extremos de las cajas de compostaje.	___	- 46 -
<b>Figura 33:</b> Resultados de diferencias de humedad en los extremos de los tratamientos.	____	- 48 -
<b>Figura 34:</b> Comportamiento de la humedad en el centro de las cajas de compostaje.	____	- 49 -
<b>Figura 35:</b> Resultados de diferencias de humedad en el centro de los tratamientos.	____	- 51 -
<b>Figura 36:</b> Color del compost: izquierda tratamiento MB y derecha tratamiento T.	_____	- 52 -
<b>Figura 37:</b> Rendimiento de compost final a partir de residuos orgánicos domiciliarios.	_____	- 53 -
<b>Figura 38:</b> Comportamiento del pH en los extremos de las cajas de compostaje.	_____	- 54 -
<b>Figura 39:</b> Resultados de diferencias de pH en los extremos de los tratamientos.	_____	- 55 -

<b>Figura 40:</b> Comportamiento del pH en el centro de las cajas de compostaje. _____	- 56 -
<b>Figura 41:</b> Resultados de diferencias de pH en el centro de los tratamientos. _____	- 57 -
<b>Figura 42:</b> Variación en porcentaje de los macroelementos presentes en el compost. _____	- 59 -
<b>Figura 43:</b> Concentración de micronutrientes presentes en el compost (ppm). _____	- 60 -
<b>Figura 44:</b> Concentración de materia orgánica presente en el compost (%). _____	- 61 -
<b>Figura 45:</b> Concentración de conductividad eléctrica presente en el compost (mSiem/cm). ___	- 61 -
<b>Figura 46:</b> Relación Carbono/Nitrógeno presente en el compost final obtenido. _____	- 62 -
<b>Figura 47:</b> Análisis microbiano del compost de los dos tratamientos. _____	- 63 -

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Parámetros de calidad de compost según Organización Mundial de la Salud. _____	- 11 -
<b>Tabla 2:</b> Residuos compostables y sus diferentes efectos. _____	- 18 -
<b>Tabla 3:</b> Descripción de los tratamientos. _____	- 31 -
<b>Tabla 4:</b> Composición de la materia inicial para el compostaje. _____	- 35 -
<b>Tabla 5:</b> Promedio de temperatura °C en los extremos de los tratamientos. _____	- 40 -
<b>Tabla 6:</b> Análisis descriptivo de temperatura de los extremos de las cajas de compostaje. ____	- 42 -
<b>Tabla 7:</b> Promedio de temperatura en el centro de los tratamientos. _____	- 43 -
<b>Tabla 8:</b> Análisis descriptivo de temperatura del centro de las cajas de compostaje. _____	- 44 -
<b>Tabla 9:</b> Promedio de humedad en los extremos de los tratamientos. _____	- 46 -
<b>Tabla 10:</b> Análisis descriptivo de humedad de los extremos de las cajas de compostaje. _____	- 47 -
<b>Tabla 11:</b> Promedio de humedad en el centro de los tratamientos. _____	- 49 -
<b>Tabla 12:</b> Análisis descriptivo de humedad del centro de las cajas de compostaje. _____	- 50 -
<b>Tabla 13:</b> Rendimiento del compost. _____	- 52 -
<b>Tabla 14:</b> Calculo ANOVA de pesos del compost. _____	- 52 -
<b>Tabla 15:</b> Promedio del pH en los extremos de los tratamientos. _____	- 54 -
<b>Tabla 16:</b> Análisis descriptivo de pH de los extremos de las cajas de compostaje. _____	- 55 -
<b>Tabla 17:</b> Promedio del pH en el centro de los tratamientos. _____	- 56 -
<b>Tabla 18:</b> Análisis descriptivo de pH del centro de las cajas de compostaje. _____	- 57 -
<b>Tabla 19:</b> Macroelementos presentes en el compost. _____	- 58 -
<b>Tabla 20:</b> Micronutrientes presentes en el compost. _____	- 60 -
<b>Tabla 21:</b> Microorganismos presentes en el compost. _____	- 63 -
<b>Tabla 22:</b> Número de habitantes de los domicilios en el cantón La Troncal. _____	- 65 -
<b>Tabla 23:</b> Generación de residuos orgánicos domiciliarios en el cantón La Troncal. _____	- 66 -
<b>Tabla 24:</b> Generación per cápita de residuos orgánicos domiciliarios en el cantón La Troncal.	- 67 -

## LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1:** Evidencias fotográficas durante la elaboración del trabajo de estudio. \_\_\_\_\_ - 83 -
- Anexo 2:** Análisis fisicoquímico en laboratorio del compost obtenido. \_\_\_\_\_ - 85 -
- Anexo 3:** Análisis microbiológico del compost obtenido. \_\_\_\_\_ - 86 -

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

Los residuos orgánicos se originan directa o indirectamente en casi todas las actividades humanas. Su inadecuada gestión es fuente de contaminación del agua, el suelo y el aire, componentes importantes de los ecosistemas a los cuales pertenece el hombre, generando consecuentemente enfermedades a las poblaciones cercanas, así como, a la flora y fauna (Quevedo, 2017).

El tratamiento y manejo actual de los residuos sólidos es una problemática a escala nacional. En el Ecuador, la generación promedio por habitante en la zona urbana alcanza 0,84 kg/día de residuos sólidos (INEC, 2020). En el año 2019, se recolectaron 12.671,18 toneladas de residuos al día, donde, el 56,6% corresponde a residuos sólidos orgánicos (RSO) y el 43,4% a residuos inorgánicos (AME-INEC, 2020). La falta de clasificación de los residuos supone un serio problema, al frenar la reutilización de la parte orgánica o aquella considerada reciclable (Beltrán & Pérez, 2020).

Por tal motivo, es fundamental generar un adecuado manejo para su disposición final y, una de las tecnologías más utilizadas y eficaces, es el compostaje que recicla los residuos orgánicos biodegradables transformándolos en compost o abono orgánico (Da Costa et al., 2018). Existen formas de optimizar esta tecnología, ya sea usando diferentes insumos a compostar o incrementando los microorganismos que realizan el compostaje y facilitando las condiciones de biodegradación (Quevedo, 2017).

El compost producto final del proceso de compostaje, puede ser utilizado como enmienda orgánica en el suelo, por lo que, mejora la calidad física, química y biológica (Lanna et al., 2018). Contribuye a mejorar la estructura del suelo, a incrementar la capacidad de intercambio catiónico, a la supresión de fauna nociva, aumentar el crecimiento en las plantas, entre otros (Chafetz et al., 1996), así como, el beneficio de evitar la formación de gases de efecto invernadero y la eliminación en vertederos o rellenos sanitarios (Manzi et al., 2020).

De acuerdo a Sánchez et al., (2017) “una de las formas de mejorar la calidad del compost, es la inoculación de microorganismos benéficos”; estos, se obtienen de especies vegetales y su aplicación acelera el proceso de compostaje incrementando los contenidos de macro y micronutrientes, así como la mineralización del compost (Alvarez-Vera et al., 2019). Los microorganismos benéficos son un consorcio conformados por: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos, hongos fermentadores y otros (Arias, 2010).

El presente trabajo se llevó en cajas con el propósito de generar compost a partir de los residuos orgánicos de los domicilios del cantón La Troncal, para lo cual se inoculó microorganismos benéficos obtenidos de la filósfera del plátano con el fin de acelerar el proceso de biodegradación, reducir malos olores e incrementar su calidad física, química y biológica. Así también, como propuesta a aplicarse en otros hogares y posibles usos para biohuertos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad del compost obtenido a partir de residuos orgánicos domiciliarios en el cantón La Troncal con la aplicación de microorganismos benéficos, mediante análisis de laboratorio para conocer sus características.

### **1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar características físicas del compost mediante los parámetros de humedad y temperatura para inferir sobre el proceso de descomposición orgánica.
- Determinar las características químicas del compost mediante análisis de laboratorio para conocer el contenido de nutrientes.
- Identificar la composición biológica del compost mediante análisis de laboratorio para conocer la carga de microorganismos presentes al finalizar el proceso de compostaje.

## 1.2 Justificación

Los cambios en la economía, tecnología y la sociedad generaron el incremento en la población a nivel mundial, demandando un alto consumo de productos y servicios, ocasionando una mayor generación de residuos con respecto a otras épocas precedentes (Quevedo, 2017). Estos residuos originan problemas ambientales debido a que son depositados en botaderos a cielo abierto y rellenos sanitarios provocando elevados volúmenes de lixiviados que fácilmente se infiltran y contaminan el suelo (Da Costa et al., 2018).

La mayoría de las ciudades de Ecuador no cuenta con adecuada disposición final de residuos, se realiza en botaderos a cielo abierto debido a los elevados costos que significa gestionar técnicamente los residuos, así como el desconocimiento de la gestión técnica para la valorización de los residuos orgánicos teniendo impactos negativos para el medio ambiente (Mosquera, 2018). A partir de la información proporcionada por los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, se estableció que cada habitante del Ecuador en el sector urbano, produce en promedio 0,84 kg de residuos sólidos por día (INEC, 2020), de los cuales la parte orgánica es su mayor componente llegando a ocupar hasta el 60% de la generación per cápita (Reyes-Ordoñez et al., 2020).

Por tanto, es necesario aplicar un proceso de compostaje como tecnología de aprovechamiento con muy bajos costos, que permite transformar los residuos orgánicos en compost; cuyo producto final sirve como enmienda o abono para los suelos permitiendo reducir los impactos ambientales y mejorar sus propiedades (Brito et al., 2016). En la presente investigación se buscó aprovechar los residuos orgánicos generados en los domicilios del cantón La Troncal para obtener un compost de calidad con la aplicación de microorganismos benéficos como alternativa para reducir el volumen de residuos sólidos predestinados a los vertederos. Asimismo, el proceso de compostaje se llevó en cajas como propuesta para ser realizado en otros hogares.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 Residuos sólidos

Son aquellos elementos, originados o procedentes de un proceso. Se presentan en estado sólido o semisólido que, de acuerdo a sus características pueden ser reutilizados para un nuevo proceso y una aplicación en el futuro (Mendoza, 2019).

Es necesario recalcar, la diferencia entre un residuo y un desecho, la cual radica principalmente en que los desechos no se pueden reciclar, mientras que los residuos son reutilizables (Beltrán & Pérez, 2020).

En contexto, un residuo sólido es todo material o parte de un elemento que no presenta un valor económico para el consumidor, pero si un valor comercial para su recuperación e integración al ciclo de vida de la materia. Los residuos son de dos tipos: orgánicos e inorgánicos (INEC, 2020).

##### 2.1.1 Clasificación de los residuos sólidos

**Residuos orgánicos:** Constituidos de materia orgánica, su descomposición se da en menor tiempo que los inertes (residuos invariables en el tiempo) (Cabrera & Rossi, 2016), entre los residuos orgánicos están: las verduras, las cáscaras de fruta o huevo, restos de cocina, podas de jardines, entre otros (INEC, 2015). Estos residuos representan una importante materia prima para un proceso de compostaje por su alta tasa de reaprovechamiento, debido a sus cualidades físicas, químicas y biológicas (Huamani, 2019).

Sin embargo, aunque se les puede aprovechar para cerrar el ciclo de la materia, cuando no se gestionan adecuadamente, su acumulación provoca la propagación de microorganismos y plagas, siendo potenciales fuentes de contaminación de agua, aire y suelo (La Cruz, 2019).

**Residuos inorgánicos:** Son restos en estado sólido, sufren ciclos muy largos para su degradación, por ejemplo: bolsas de plástico, vidrio, latas de aluminio, neumáticos, botellas de PVC, fibras sintéticas, envases de tetra pack, pilas y baterías (Bravo, 2017).

##### 2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos orgánicos

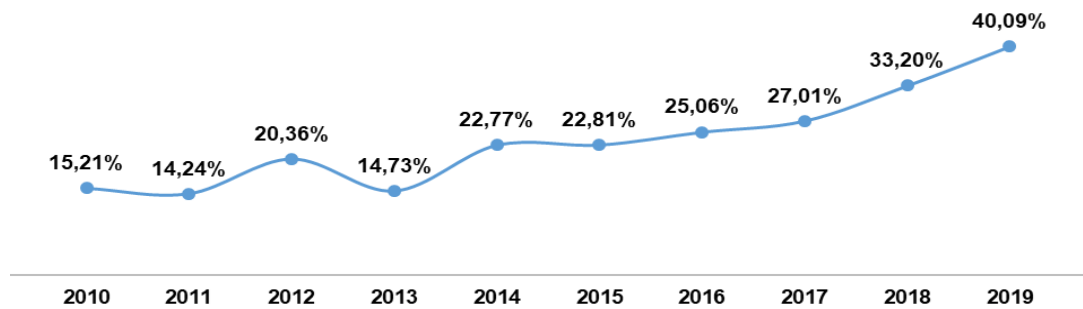
Según Jaramillo & Zapata (2008), se presenta una clasificación de los residuos orgánicos según su fuente de generación:

- **Residuos sólidos orgánicos provenientes de la limpieza de calles, de papeleras públicas:** De variado contenido, se consideran los residuos almacenados en basureros públicos. Se pueden encontrar restos de frutas, papeles y plásticos. Las posibilidades de valorización son un poco limitadas, por la dificultad de separación previa.
- **Residuos sólidos orgánicos institucionales:** Procedentes del sector público y privado. Constituidos por papeles, cartones y residuos de alimentos.
- **Residuos sólidos de mercados:** Generados en mercados de provisiones.
- **Residuos sólidos orgánicos de comerciales:** Son residuos provenientes de establecimientos comerciales, en el cual incluye almacenes y comedores. Son los de mayor fuente de generación de residuos orgánicos debido al comercio de alimentos.
- **Residuos sólidos orgánicos domiciliarios:** Procedentes de viviendas de características variadas, de mayor composición: restos de frutas, verduras, posos de café, bolsitas de infusión, alimentos elaborados, podas, hojas de árboles, cartón y papeles. Representan un alto valor para la elaboración de compost.

### **2.1.3 Residuos orgánicos domiciliarios**

Son restos orgánicos que, por su composición biodegradable se descomponen rápido y pueden ser reciclados para convertirse en materia orgánica (Mendoza, 2019). La generación de residuos orgánicos domiciliarios crece diaria y constantemente, convirtiéndose en un problema para el ambiente, contaminando: suelo, agua y aire. Las medidas y los procesos para tratarlos, crecen muy lentamente, es necesario concientizar y empezar a gestionar en cada casa y ver a estos residuos como materia prima, para obtener compost, que será devuelto a la tierra como un bio abono amigable con el medio ambiente (Bravo, 2017).

La información ambiental de hogares del Ecuador sobre la clasificación de residuos orgánicos domiciliarios obtenida por el INEC medidos en porcentaje, del periodo 2010 al 2019 se encuentra en la siguiente figura:



**Figura 1:** Hogares que clasifican los residuos orgánicos (2010 - 2019).

**Fuente:** (INEC, 2017, 2020b).

En el país desde el año 2010 hasta el 2019 se ha incrementado en aproximadamente un 25% la separación de los residuos sólidos orgánicos domiciliarios en el origen, se podría inferir a un incremento de conciencia ambiental de los hogares ecuatorianos.

Según Barrera & Otacoma (2017), existen diferentes tipos de beneficio en reciclar los residuos orgánicos domiciliarios, entre los más importantes y usados en Ecuador son los siguientes:

- Conseguir un compost de excelente característica para las plantas sin la presencia de sustancias perjudiciales.
- Disminuir la cantidad de residuos sólidos que serán depositados en botaderos o rellenos sanitarios.
- Enriquecer y mejorar las cualidades del suelo al regresar materia orgánica mediante el compost obtenido de la segregación de los residuos orgánicos.

#### **2.1.4 Efectos ambientales de los residuos sólidos orgánicos**

Los residuos sólidos orgánicos e industriales originan problemas ambientales por su deficiente disposición y porque siguen en aumento, debido al crecimiento poblacional, a la globalización de la industria, y a los hábitos de consumo de los humanos (Jaramillo & Zapata, 2008), lo que logra aumentar la contaminación, la extenuación de los recursos naturales, etc., entre la interminable lista de aspectos alcanzando efectos alarmantes (Fernández, 2005). Es por esto que se debe tener una especial gestión de los residuos que generamos; a continuación, se expone los efectos de los residuos orgánicos:

##### **a. Efectos en la salud de las personas**

Las enfermedades se producen por contacto directo con los residuos e indirectamente a través de varios vectores como: cucarachas, insectos, moscas, perros y gatos callejeros que, pueden transmitir enfermedades como una simple colitis hasta infecciones que

ocasionan la muerte (Fernández, 2005). Estos vectores de gran importancia epidemiológica se relacionan directamente con la inadecuada labor de alguna de las etapas en la gestión de los residuos sólidos orgánicos, en consecuencia, a su estructura y fácil descomposición (Jaramillo & Zapata, 2008).

#### **b. Efectos en el ambiente**

Los residuos orgánicos tienen una gran incidencia de alteración en el ambiente, contaminando el aire, el suelo y las aguas (superficiales y subterráneas), como consecuencia a sus altos contenidos en elementos orgánicos inestables, sustancias minerales, y a la proliferación de patógenos, etc., (Taco & Taramuel, 2018).

En el momento en que se disponen los residuos orgánicos, comienza un proceso de descomposición en la que intervienen bacterias y otros organismos presentes en ellos, desarrollando subproductos como lixiviados y gases de putrefacción, los cuales pueden ser dañinos para la salud humana y el ambiente (Alvaro & Olives, 2013). De acuerdo a Taco & Taramuel (2018), la creciente acumulación de estos compuestos generados por la descomposición ocasiona severos problemas, tales como:

- Proliferación de fauna nociva como insectos y roedores, que se convierten en transmisores de enfermedades.
- Aumento de poblaciones de animales consumidores de carroña como los gallinazos.
- Contaminación del aire por la emanación de gases producto de la putrefacción de la materia orgánica (metano, dióxido de carbono, otros), así como la generación de malos olores.
- Alteración de la calidad de cuerpos de aguas superficiales y subterráneos.
- Afectación del paisaje y ecosistemas.
- Alteración de la salud de los habitantes localizados en los alrededores de los botaderos o rellenos sanitarios deficientes.

#### **c. Efectos en rellenos sanitarios**

Menciona el Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (MMAyA, 2012), que la fracción orgánica constituye el 60 % de los residuos generados en un municipio, por ende, es un componente fundamental que deriva en todas las fases del servicio de aseo, así como los altos costos en el manejo técnico de la recolección, transporte y disposición final.

De acuerdo a Alvaro & Olives (2013) en el relleno sanitario los residuos orgánicos generan los siguientes problemas:

- La fracción orgánica por su gran contenido de humedad (50 a 80 %), es fuente de generación de lixiviado, siendo la principal causa del problema ambiental de un relleno sanitario o incluso de un botadero; además, de su almacenamiento y tratamiento representa uno de los mayores problemas técnico-económico.
- La parte orgánica en el interior del relleno sanitario experimenta un proceso anaeróbico, lo que provoca la emisión de gases de efecto invernadero que deben ser tratados técnicamente para ser emitidos a la atmósfera. La obtención y tratamiento de biogás en un relleno demanda dificultades técnicas y económicas.
- Reducen la vida útil del relleno sanitario provocando una mayor disposición de residuos, en consecuencia, la búsqueda de nuevos sitios para disposición.
- Obstaculizan los mecanismos de trabajo del relleno sanitario por el exceso de humedad y la mayor demanda de material de cubierta.
- La descomposición de la materia orgánica no controlada en ausencia de oxígeno emite olores desagradables.

## **2.2 Compost**

“El compost está relacionado al proceso de tratamiento de residuos orgánicos, ya sean de origen urbano, industrial, agrícola y forestal” (Nauto, 2019). El compost es el resultado final del compostaje, se lo define como un producto rico en materia orgánica estabilizada y con un importante contenido de nutrientes, los cuales pueden ser aprovechados por su inocuidad como abono orgánico o sustrato (Varela & Basil, 2011).

Cabrera & Rossi (2016), se refiere al compost como una “fermentación aeróbica de una mezcla de materiales orgánicos en condiciones específicas de aireación, humedad, temperatura y nutrientes, y con la intervención de bacterias, hongos y numerosos insectos.” Como resultado a este proceso de estabilización, el compost mantiene unas características físicas, químicas y biológicas beneficiosas para el suelo y las plantas (García, 2017). Por tanto, el compost es una biotecnología sostenible que trae beneficios ambientales al mantener el ciclo natural de la materia orgánica, lo que disminuye su destino en botaderos o rellenos sanitarios (López, 2013).

Se caracteriza por su uso en la agricultura, fruticultura, horticultura, viveros, paisajismo, domicilios y otros, además, por su composición ayuda a mejorar suelos y sirve como acolchado. Asimismo, se utiliza como tecnología de biorremediación, prevención de la contaminación, control de la erosión, reforestación, restauración de humedales, rehabilitación de hábitat, etc., (Aveiga, Alcívar, Cañarte, & Vera, 2016).

## **2.2.1 Beneficios del compost**

### **a) Beneficios del compost en el suelo:**

De acuerdo a Álvarez (2010), menciona que añadir compost al suelo trae beneficios en la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que contribuye a mejorar la estructura del suelo, aumentar la retención de humedad e intercambio catiónico, estableciendo mayor porosidad a los suelos compactos. A continuación la FAO (2013), menciona los siguientes beneficios del compost al suelo:

#### **Mejora de las propiedades físicas:**

- Mejora la estructura del suelo, lo que agiliza las labores agrícolas.
- Acrecienta la capacidad de retener humedad del suelo.
- Reduce el peligro de erosión y favorece su conservación.
- Mayor regulación de la temperatura del suelo.
- Aumenta la porosidad hídrica y gaseosa.

#### **Mejora de las propiedades químicas:**

- Incrementa el contenido de materia orgánica y macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), además, de otros micronutrientes.
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico, facilitando la liberación de los nutrientes para las plantas.

#### **Mejora de la actividad biológica:**

- Proporciona diversos organismos (como bacterias y hongos) que, pueden degradar sustancias perniciosas y transformar los elementos insolubles del suelo en nutrientes para las plantas.
- Aumenta el acondicionamiento del suelo y aporta carbono para mantener la biodiversidad de micro y macro organismos reduciendo, así, la generación de patógenos.

### **b) Beneficios del compost en el ambiente:**

- Minimiza la generación de residuos orgánicos mediante el proceso de compostaje obteniendo un producto estabilizado (compost), beneficiando al ambiente y la economía, como el alargamiento de la vida útil de los sitios de disposición final y ahorro de costos en disposición (Huamani, 2019).

Baquero (2019), expone otros beneficios como:

- Atenúa los malos olores de la putrefacción de los residuos orgánicos en el relleno sanitario y botaderos, que alteran la salud especialmente de las personas que habitan cerca al sitio de disposición.
- Contrarresta la emisión de gases de efecto invernadero, al utilizar el compost en sustitución de productos químicos.
- Incita el aumento de la agricultura urbana y periurbana, elevando el índice de captura de dióxido de carbono, lo que contrarresta el calentamiento global.
- Acorta la explotación de los recursos naturales como la tierra de bosques y petróleo (componente básico de productos químicos), al reducir su consumo.
- Favorece la recuperación de suelos degradados.
- Previene la procedencia y contagio de enfermedades epidemiológicas que se emiten por el incorrecto manejo de los residuos orgánicos al reducir la llegada de vectores (moscas, cucarachas, roedores, entre otros).
- Incentiva a modalidades de agroecología o agricultura orgánica, lo que disminuye el uso de fertilizantes químicos que contaminan la salud humana y el ambiente.

### **2.2.2 Calidad del compost**

La calidad del compost final depende de parámetros físicos, químicos y biológicos que, intervienen bajo condiciones controladas durante el proceso de descomposición, los cuales generalmente se encuentran dentro de unos rangos por la variedad del material de partida (los residuos) y a los posibles cambios en el tiempo de su composición. Los factores que inciden son la temperatura, humedad, relación Carbono/Nitrógeno, oxígeno, pH, etc., (Rafael, 2015). Por lo habitual la calidad del compost se relaciona con la ausencia de sustancias fitotóxicos como la presencia de metales pesados y patógenos y, que mantengan un aspecto y olor aceptable, de cómoda aplicación con un contenido de materia orgánica estabilizada y nutrientes (Barrena, 2006).

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) (1999), los lineamientos generales de un compost de calidad (Tabla 1) presentan contenidos de: humedad de 30 a 50 %, pH de 6 a 9, tamaño de partículas entre 2 a 10 mm, materia orgánica de 25 a 50 %, carbono de 8 a 50 %, nitrógeno entre 0,4 a 3,5 %, fosforo de 0,3 a 3,5 %, potasio de 0,5 a 1,8 %, asimismo, la concentración de metales pesados como el plomo es de 200 a 400 mg/kg y cadmio puede variar de 15 a 40 mg/kg.

**Tabla 1:** Parámetros de calidad de compost según Organización Mundial de la Salud.

<b>Propiedades</b>	<b>Rango Ideal</b>
Contenido de humedad (%)	30 - 50
Materia inerte (%)	30 - 70
Contenido orgánico (%)	10 - 30
pH	6 - 9
Tamaño máximo de las partículas (mm)	2 - 10
Materia orgánica (%)	25 a 50
Carbono (%)	8 a 50
Nitrógeno (%)	0,4 a 3,5
Fósforo (%)	0,3 a 3,5
Potasio (%)	0,5 a 1,8
Plomo (ppm)	200 - 400
Cadmio (ppm)	15 - 40

**Fuente:** Organización Mundial de la Salud (OMS) adaptado por (Rafael, 2015).

### **2.3 Compostaje**

Es un proceso aerobio de biodegradación de la materia orgánica bajo condiciones controladas de oxígeno, temperatura, humedad, pH, entre otros; normalmente se manifiestan estas reacciones químicas, físicas y biológicas en el proceso que, permiten la transformación de la materia orgánica (Cajahuanca, 2016). Durante el proceso se liberan subproductos como: dióxido de carbono, agua, minerales y energía, quedando un producto final orgánico estabilizado e higienizado (Vera, 2018).

Huamani (2019), define al compostaje como una técnica que transforma de una manera adecuada los residuos orgánicos en compost, producto de la actividad metabólica de microorganismos como: bacterias, hongos, actinomicetos, entre otros; los cuales degradan los residuos orgánicos bajo condiciones aeróbicas en compuestos más simples.

Además, el compostaje reduce el volumen de los residuos orgánicos y destruye microorganismos perjudiciales (Varma & Kalamdhad, 2014).

#### **2.3.1 Tipos de compostaje**

Louis Pasteur (1822-1895), contribuyo con los términos aerobia y anaerobia para distinguir la vida en presencia y en ausencia de oxígeno (Sztern & Pravia, 1999). “El compostaje puede ser aeróbico o anaeróbico. El sistema anaeróbico tiende a estar asociado con la producción de metano, un contribuyente al efecto invernadero” (Drechsel & Kunze, 2001), que podría ser un recurso para la producción de biogás. A continuación, los tipos de compostaje:

### 2.3.1.1 Compostaje o compostación aerobio

Según Cantanhede et al., (1993), el compostaje es un conjunto de procesos metabólicos producidos por la actividad de diversos microorganismos aerobios, que descomponen bioquímicamente la materia orgánica y generan humus, sales minerales, dióxido de carbono, agua y calor, bajo condiciones de aireación, humedad y temperatura controlada (Figura 2).

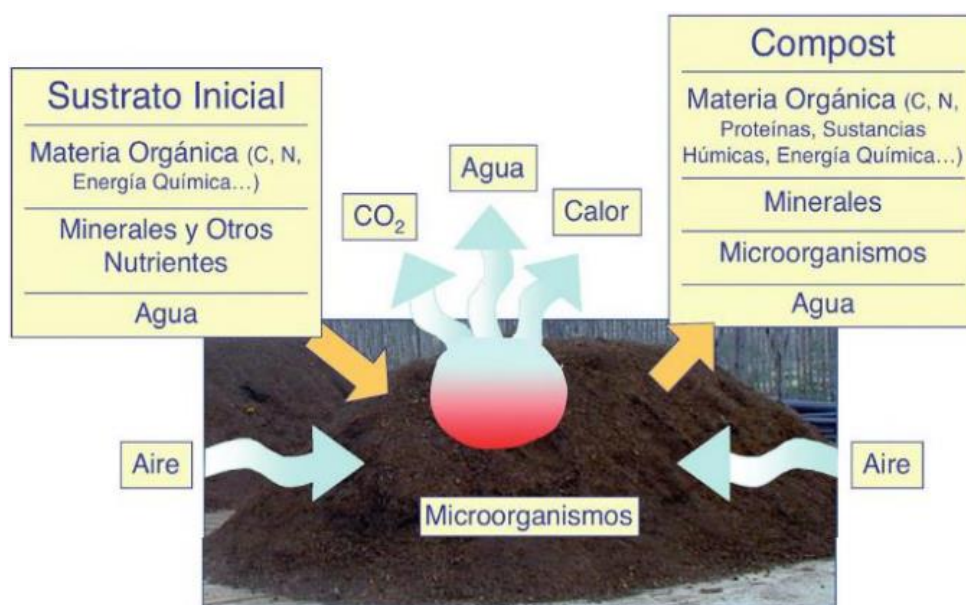


Figura 2: Esquema general del proceso de compostaje.

Fuente: (Moreno & Moral, 2008).

### 2.3.1.2 Compostaje anaerobio

Según Cantanhede et al., (1993), el compostaje anaerobio es un proceso de transformación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, causado por bacterias metanogénicas entre las más representativas. Los compuestos formados en este proceso son dióxido de carbono, metano y ácidos orgánicos de bajo peso molecular. “Es un proceso lento por lo cual es necesario trabajarlo como un biorreactor” (Vera, 2018).

### 2.3.2 Sistemas de compostaje

Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (2012), los sistemas de compostaje se clasifican en abiertos y cerrados. Los primeros son realizados al aire libre sin contenedores, y los cerrados en contenedores (o reactores) de forma aerobia o anaerobia.

#### 2.3.2.1 Sistemas abiertos

Son sistemas tradicionales que se realizan de manera libre o en infraestructuras cubiertas. Los residuos orgánicos a compostar se disponen mediante distintas capas formando un aglomerado al final llamado pilas o hileras de compostaje, cuyo objetivo es conseguir una adecuada relación C/N. La aireación del material se realiza por volteo (manual o mecánico) o mediante ventilación mecánica. Según el Ministerio de Medio Ambiente y Agua de Bolivia (2012) la altura de las pilas varía según las características del material y del equipo para la mezcla y de acuerdo al método de aireación, este se subdivide en:

- a) **Sistema abierto móvil:** Cuando la oxigenación y uniformidad se realiza por remoción y reconfiguración (Sztern & Pravia, 1999). La figura 3 presenta un sistema abierto móvil con cubierta.
- b) **Sistema abierto estático:** Se efectúa la aireación con instalaciones fijas en áreas o patios de compostaje, permitiendo la aireación sin movilizar las pilas (Sztern & Pravia, 1999).



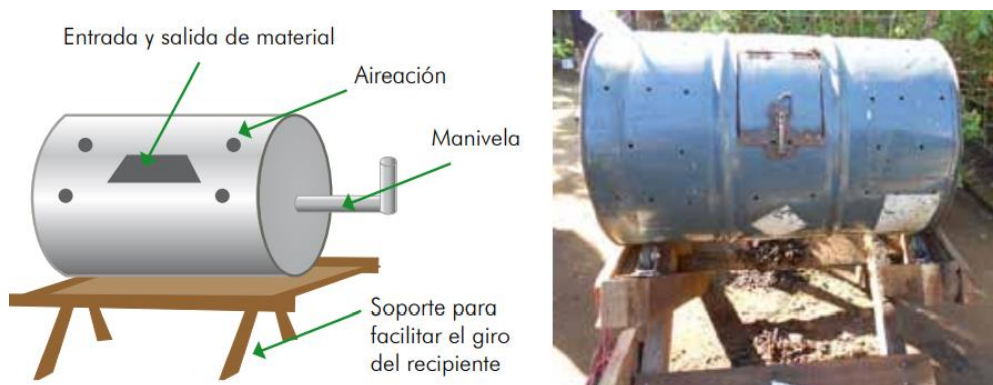
**Figura 3:** Sistema abierto móvil con cubierta.

**Fuente:** (Cajahuanca, 2016).

### 2.3.2.2 Sistemas cerrados

Los residuos orgánicos son tratados en equipamientos como reactores (estáticos o dinámicos) que son estructuras de metal, plástico o de arcilla, cuyas formas pueden ser cilíndricas o rectangulares. Son contralados a través de diferentes parámetros como la humedad y aireación, debido a que permanecen constantes, lográndose un compostaje homogéneo (Ascázubi, 2011).

El sistema cerrado (Figura 4), es una iniciativa para promover el compostaje domiciliario (FAO, 2013), y a nivel industrial es aplicado para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos de municipios, mediante la selección de los residuos sólidos urbanos, se aprovecha la fracción orgánica para producir compost industrial (Olave, 2019).



**Figura 4:** Composteras de sistema cerrado.

**Fuente:** (FAO, 2013).

### 2.3.3 Etapas del proceso del compostaje

Las etapas del compostaje se clasifican según la temperatura alcanzada. A continuación, se presentan las tres etapas principales de un compostaje, a la vez se suma una etapa de maduración (Figura 5):

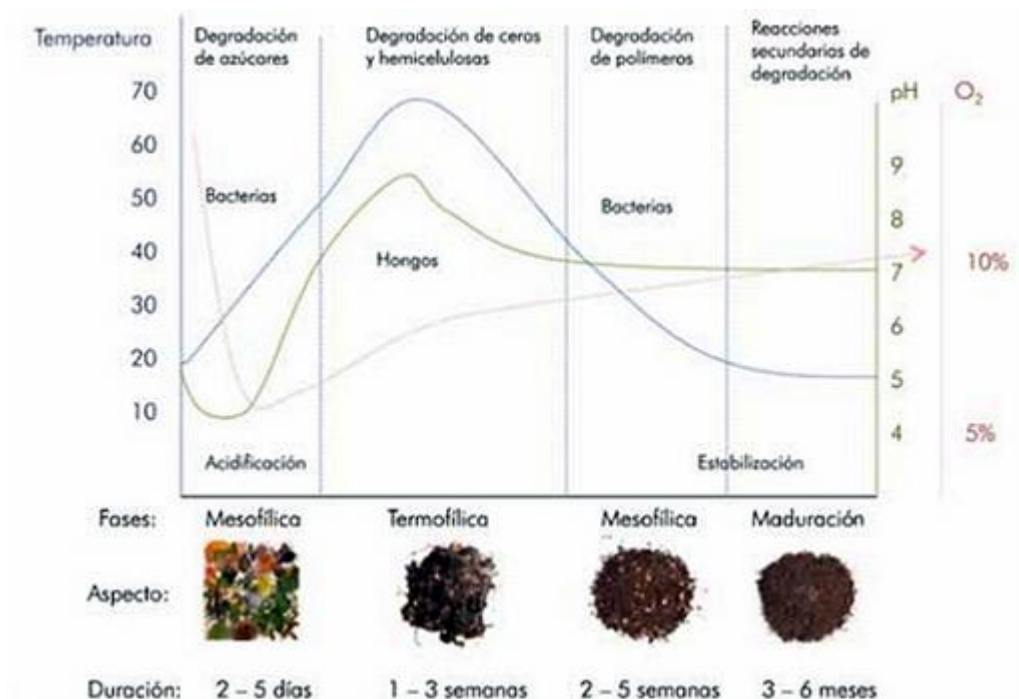
**Fase mesófila:** Su duración es de 2 a 4 días y la temperatura puede llegar hasta los 40 °C. En esta fase los microorganismos como bacterias y hongos se reproducen rápidamente debido a su acción metabólica, elevando la temperatura y generando ácidos orgánicos mediante la biodegradación de elementos solubles, como azúcares, que disminuyen los niveles de pH (Gallardo, 2013).

**Fase termófila:** Su duración puede ser de una semana hasta dos o tres meses dependiendo del tipo de material, condiciones climáticas y espacio. La temperatura consigue elevarse de los 40 °C a 60 °C debido al metabolismo de microorganismos termófilos como bacilos y actinomicetos. Estos, se encargan de eliminar a mesófilos patógenos como: hongos, esporas, semillas y otros elementos biológicos nocivos; además, degradan compuestos más complejos como lignina, ceras, celulosa, entre otras., (Olave, 2019).

En esta etapa se producen volúmenes importantes de CO<sub>2</sub> y vapor de agua que se difunden desde el núcleo de la masa (Sztern & Pravia, 1999), asimismo, por la modificación del nitrógeno a amoníaco los niveles de pH suben (Nauto, 2019).

**Fase mesófila II o de enfriamiento:** Alcanza cuando culminan los compuestos de carbono y, en especial la del nitrógeno, donde la temperatura disminuye de nuevo hasta un valor entre los 40-45 °C. En esta parte, permanece la degradación de polímeros, como la celulosa, y surgen algunos hongos. Al disminuir a los 40 °C, los organismos mesófilos retoman su dinamismo y el pH desciende moderadamente, aunque suele mantenerse alcalino. El periodo de enfriamiento necesita algunas semanas, por la cual puede equivocarse con la fase de maduración debido a que el material se presenta estable biológicamente (Damián, 2018).

**Fase de maduración:** “Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos” (FAO, 2013).



**Figura 5:** Comparación de pH, temperatura y fases de compostaje.

Fuente: (FAO, 2013).

### 2.3.4 Factores que influyen en el proceso de compostaje

#### a) Temperatura

La temperatura va variando durante el proceso de compostaje debido a la interacción de diferentes grupos de microorganismos (Pezzati, 2014). De acuerdo a Alvaro & Olives (2013), menciona que el proceso de compostaje puede realizarse a temperaturas mesófilas de 28 °C a 32 °C, o termófilas entre 55 °C y 60 °C. Delgado (2012), menciona que para

lograr la eliminación de muchos organismos perjudiciales como semillas de malas hierbas, el intervalo óptimo de temperatura debe encontrarse entre 35 °C y 55 °C.

En contexto, “para que el proceso se desarrolle correctamente la temperatura deberá estar comprendida entre 40 y 60 °C, ya que de esta forma se obtiene un buen compost a la vez que se elimina gran cantidad de gérmenes no deseados” (Penagos et al., 2011).

#### **b) Humedad**

Es un parámetro fundamental en el proceso de biooxidación del compostaje debido a que tiene relación directa con los microorganismos, los cuales, requieren del agua para transporte de nutrientes y elementos de energía (carbono) a través de la membrana celular (FAO, 2013). Asimismo, es importante que la humedad no llene totalmente los poros de la masa del compostaje, ya que, se necesita el transporte del oxígeno y otros gases (como CO<sub>2</sub>) procedentes en la reacción (Moreno & Moral, 2008).

Por tanto, para una adecuada descomposición aerobia es necesario que la humedad alcance niveles entre 30 % a 70 %. Si el contenido de humedad es superior a este intervalo, el agua satura los poros, produciéndose una descomposición anaeróbica; y si la humedad es inferior a dicho intervalo, dificulta la actividad biológica y el proceso se ralentiza (Guasco & Jaramillo, 2015).

#### **c) pH**

El pH del compostaje está condicionado por los materiales de partida y los cambios de fase del proceso, entre 4,5 a 8,5 (FAO, 2013). En la etapa mesófila disminuye su pH por la actividad de los microorganismos al descomponer compuestos más simples de la materia orgánica, liberando ácidos orgánicos. En la fase termófila presenta un aumento progresivo del pH que alcaliniza el medio, originando la pérdida de ácidos orgánicos y la liberación de amoníaco por la degradación de proteínas; y en la tercera fase, el pH se aproxima a la neutralidad por la estabilización de la materia orgánica (Campos, Brenes, & Jimenez, 2016).

El dinamismo de las bacterias es mayor a pH 6,0-7,5; mientras que los hongos se produce a pH 5,5-8,0, siendo lo ideal de 5,8 a 7,2 (Cajamarca, 2012).

#### **d) Aireación**

El compostaje es realizado en condiciones aerobias, por lo que es un elemento primordial en controlar, para el funcionamiento de los microorganismos. Para una adecuada circulación de oxígeno se debe tener en cuenta el tipo de material, textura, humedad, periodo de volteo y de la presencia o ausencia de aireación (Varela & Basil, 2011). Puesto

que, “la aireación tiene un doble objetivo, aportar por una parte el oxígeno suficiente a los microorganismos y permitir al máximo la evacuación de dióxido de carbono producido” (Guasco & Jaramillo, 2015).

Barrena (2006), adiciona otras funciones como: mantener una temperatura adecuada y regular el exceso de humedad por evaporación, para evitar procesos anaeróbicos y malos olores. Dado que, para una correcta mineralización del compost el rango ideal de oxígeno sería de 5 % a 10 %, teniendo en cuenta que el oxígeno varía dependiendo de las fases de descomposición (Défaz & Gualoto, 2020).

#### **e) Nutrientes**

Son importantes en la incidencia de la calidad del compost, se le vincula con la transformación de elementos macronutrientes y micronutrientes considerados complejos en compuestos más simples, los cuales pueden acelerar el proceso y ser aprovechados de mejor manera (Beltrán & Pérez, 2020). Entre los macronutrientes encontramos al carbono (C), fósforo (P) y nitrógeno (N), además de, los micronutrientes que componen el desarrollo de microorganismos durante el proceso de compostaje y sus respectivas funciones (Beltrán & Pérez, 2020).

Así, el fósforo ayuda a formar compuestos que brindan energía para el metabolismo de los microorganismos. Mientras que el nitrógeno establece la calidad del compost, debido a que facilita la reproducción celular para aumentar las comunidades de microorganismos, esto gracias a que el protoplasma posee proteínas. El carbono es esencial para la síntesis celular y formación de lípidos, carbohidratos y el protoplasma, por esta razón debe presentarse en grandes cantidades, por conformar el 50 % de las células de los microorganismos y el 25 % en la respiración como CO<sub>2</sub> (Beltrán & Pérez, 2020).

Los micronutrientes se encuentran presentes en pequeñas cantidades y actúan como transporte intracelular y extracelular, permitiendo sintetizar las enzimas para facilitar el metabolismo de los microorganismos (Beltrán & Pérez, 2020).

#### **f) Relación carbono/nitrógeno (C/N)**

Los microorganismos para su adecuado desarrollo en el proceso de compostaje necesitan varios tipos de nutrientes como el carbono que es empleado para la obtención de energía y nitrógeno para sintetizar las proteínas. Por tanto, es fundamental una adecuada relación Carbono/Nitrógeno para llevar un óptimo proceso de compostaje donde los microorganismos puedan descomponer la materia orgánica. Así que, la proporción ideal de C/N se encuentra entre 25 a 35, si esta relación es alta, el proceso se hace lento e impide el desarrollo de los microorganismos; pero si la relación C/N es baja el proceso de

transformación se hace rápida, originando pérdida de nitrógeno y oxígeno, lo que conduce a malos olores (Soriano, 2016).

El prototipo ideal de relación C/N para un compost totalmente maduro o estable está entre 10 a 20 (Guasco & Jaramillo, 2015).

### g) Tamaño de partícula

Es un factor importante en el proceso de compostaje debido a que condiciona la actividad microbiana; si los residuos orgánicos son cortados en tamaños pequeños permite una descomposición rápida y mejora de la calidad en el compost; no obstante, a tamaños demasiado pequeños provoca compactación en la masa (Castillo, 2015). Por lo tanto, para una adecuada degradación el rango de tamaño recomendado es de 2 a 5 cm, o bien de 5 a 20 cm (FAO, 2013).

### 2.3.5 Material compostable

Para un adecuado proceso de compostajes es importante conocer los diferentes tipos de residuos a compostar, ya que, el material a utilizar es fundamental al momento de la descomposición para prevenir efectos negativos durante el proceso (Zamora, 2018). La tabla 2 muestra la materia prima apropiada para iniciar un adecuado proceso de compostaje.

**Tabla 2:** Residuos compostables y sus diferentes efectos.

RESIDUO	EFECTO
<b>COCINA</b>	
Residuos de fruta y verdura	Degradación rápida. No ocasionan problemas.
Residuos de carne y pescado u otro tipo de mariscos.	Proclive a causar mal olor y atraer vectores (como roedores).
Huesos	Tardía descomposición. Aporta estructura.
Pasta y arroz cocido	Compactan el material.
Cáscaras de huevo	Tarda en descomponerse. Contribuye con calcio.
Lácteos y derivados	En exceso causan malos olores.
Bolsas de infusión y posos de café	No genera problemas en cantidades usuales.
Ceniza de leña sin químicos	Proporciona minerales.
Aserrín	Descomposición de mayor tiempo. Retiene humedad.
<b>JARDÍN Y HUERTA</b>	
Césped	En exceso compactan, es necesario equilibrar los materiales.
Residuos de poda, piña, hojas secas	Degradación lenta. Facilita la aireación.
Residuos de cosecha	Transformación rápida. No genera problemas.

**Fuente:** (FAO, 2013).

Se puede observar que los residuos de verdura y frutas, generados concurrentemente en domicilios tienen una descomposición rápida y sin dificultad, estos residuos están compuestos de nitrógeno, por lo que se pueden compostar con un material estructurante rico en carbono como las hojas secas, para permitir un equilibrio en la relación C/N.

## **2.4 Microorganismos en el proceso de compostaje**

Es llevado por una variedad de bacterias, hongos y actinomicetos (Castillo, 2015). Se encuentran presentes en todas las fases del proceso de compostaje, actúan de acuerdo a los medios de temperatura, humedad, oxígeno y pH dentro de la masa. Estos, transforman una amplia clase de compuestos desde proteínas e hidratos de carbono complejos a aminoácidos y azúcares simples. Su desarrollo y funcionamiento están condicionadas por factores físicos y químicos de la masa de descomposición, por ejemplo, la temperatura que es uno de los parámetros que más inciden en la proliferación y sobrevivencia de éstos (O’Ryan & Riffo, 2007).

Estos microorganismos se encuentran presentes en los residuos orgánicos a compostar, así como en el suelo, agua y aire. Las bacterias (primeras fases), actinobacterias y los hongos (fases finales), son los encargados de más del 95 % de toda la actividad que se concibe en el compostaje. Mientras que los protozoos y las algas se apoderan del resto del proceso (Bueno, 2008).

De acuerdo a Chilon (2013), un gramo de compost puede conservar más de 200 millones de microbios entre bacterias, hongos, actinobacterias, protozoarios, y otros. Estos benefician al suelo, al crecimiento y desarrollo de los cultivos, por efecto, a los procesos de: humificación, mineralización, y ciclo de nutrientes, así como síntesis de hormonas, vitaminas, sustancias mucilaginosas y ácidos orgánicos.

Entre las poblaciones de microorganismos asociadas al proceso de compostaje tenemos:

### **2.4.1 Bacterias**

Son microorganismos unicelulares, pequeños y numerosos en el transcurso del compostaje, ya que, en el compost llegan a conformar entre el 80 % y el 90 % de los microorganismos existentes. Por su gran diversidad metabólica cumplen un importante rol en la descomposición de los residuos orgánicos debido a que emplean un amplio rango de enzimas que los degradan de manera bioquímica (Laich, 2011).

Las bacterias son la población que alcanza mayor jerarquía en la primera fase mesófila y termófila, pero disminuyen eventualmente en el período de maduración (Arrigoni, 2011).

### **2.4.2 Actinomicetos**

Son microorganismos parecidos a los hongos debido a que adoptan formas filamentosas similares a micelios, normalmente tardan más en establecerse que otras bacterias; sin embargo, contribuyen con su capacidad de metabolizar polímeros orgánicos complejos como proteínas, celulosa, quitina y lignina (Moreno & Moral, 2008).

Muchos de estos actinomicetos (actinobacterias o bacterias filamentosas) son antagonistas de organismos patógenos porque producen antibióticos, enzimas líticas y parasitismo, inhibiendo la proliferación de estos. Además, se encargan de formar el humus y de producir la volatilización de geosmina, cuyo olor es característico a tierra húmeda en el compost y, ocasionalmente pueden ser observados a simple vista como una capa blanquecina (Moreno & Moral, 2008).

Pueden desarrollarse favorablemente en temperaturas cálidas y a pH neutro o alcalino que, se genera durante el proceso biológico aeróbica del compost (Laich, 2011).

### **2.4.3 Hongos**

Constituyen un grupo mayor en masa y variedad que las bacterias o actinomicetos, aunque menos numerosos (Borrero, 2014). Logran desarrollarse en forma de moho y levaduras, presenciándolas en las fases de enfriamiento (mesófila II) y maduración (como los actinomicetos), cuando el sustrato disponible no posee nutrientes asimilables y los polímeros predominan como únicos a disposición (Arrigoni, 2011); descomponen estos polímeros ricos en celulosa y lignina, para que sean asimilados por bacterias (Laich, 2011).

En la fase termófila suelen estar presentes en la capa superior del compostaje, crecen como filamentos y forman colonias blancas o grises de textura fina en la superficie de la masa, su rol más importante se encuentra en las últimas etapas cuando la humedad disminuye (Arrigoni, 2011).

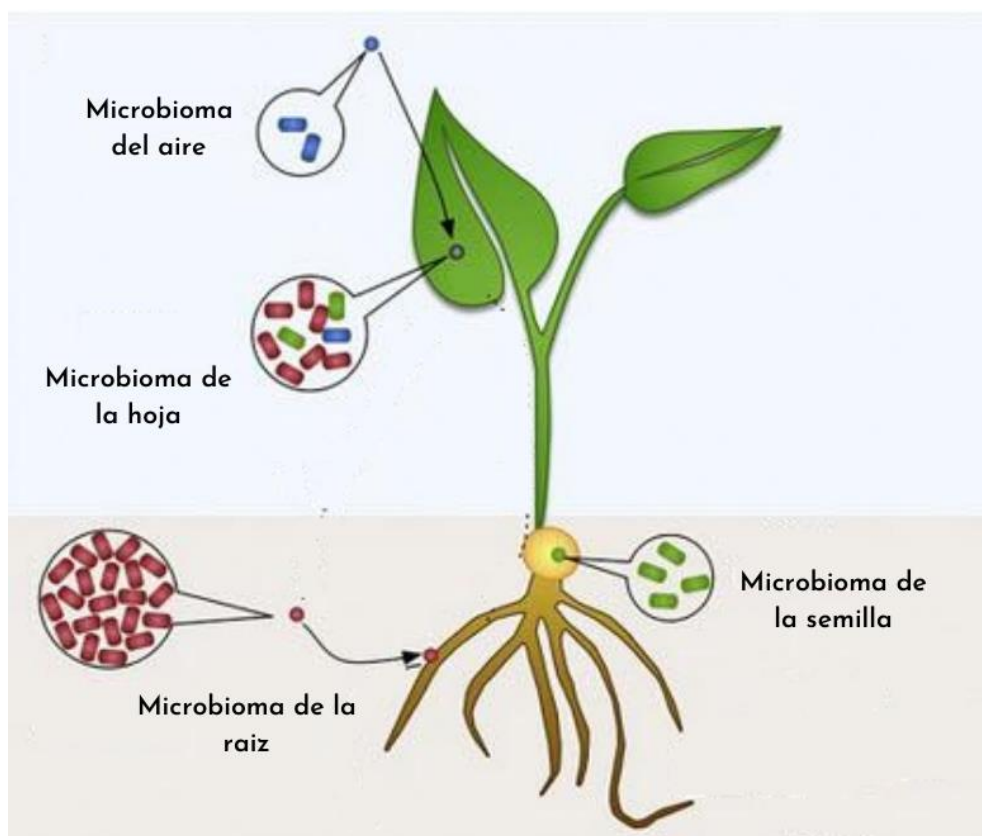
## **2.5 Microorganismos benéficos**

Los microorganismos benéficos son un consorcio de microorganismos conformados por: bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetos, hongos filamentosos y otros (Arias, 2010), que no han sido reconocidos, pero representan efectos benéficos en el ambiente (Alvarez, 2018).

Los microorganismos benéficos se encuentran presentes en diversas áreas de las especies vegetales y varían de acuerdo a la planta que provienen, están influenciados por su ubicación geográfica (piso altitudinal y clima), que es uno de los factores primordiales para

el crecimiento microbiano, ya que los microorganismos son muy diversos en relación a sus hábitats naturales (Alvarez et al., 2018).

Las plantas vivas albergan distintas comunidades microbianas dentro y fuera de sus tejidos, como en la filósfera, incluidos los tallos, brotes, flores y frutos, proporcionan una potencial fuente de microorganismos beneficiosos (Alvarez-Vera et al., 2018). Según Toloza & Lizarazo (2014), la mayor abundancia de microorganismos presentes en la filósfera son bacterias y hongos filamentosos, no son patógenas y, contribuyen al desarrollo de las plantas y a la inhibición de organismos nocivos (Figura 6).



**Figura 6:** Presencia de los microorganismos en la planta.

**Fuente:** Vorholt (2012).

Una de las cualidades de los microorganismos benéficos es descomponer la materia orgánica en menos tiempo a través de la fermentación y no de la pudrición. En efecto, a que las moscas y otros insectos se desarrollan en esta última por las condiciones de exceso de humedad típico de procesos anaeróbicos, mientras que los microorganismos benéficos permite reducir la población de insectos plaga (Olave, 2019).

Los microorganismos benéficos son de gran importancia para los Gobiernos Autónomos Descentralizados, puesto que, al valorizar los residuos orgánicos mediante su aplicación para producir bio abonos, como: compost u humus; reducirían del 50 a 60 % de los residuos

orgánicos concebidos, prolongarían la ocupación de los rellenos sanitarios o vertederos, y reduciría el impacto ambiental (Mosquera, 2018).

### 2.5.1 Funciones de los microorganismos benéficos

Según Higa y Parr (1994), los microorganismos benéficos presentan importantes funciones en:

- La captura de nitrógeno gaseoso.
- Biodegradación de residuos orgánicos.
- Antagonismo de microorganismos plaga edáficos.
- Reciclaje y disposición de nutrientes asimilables para la vegetación.
- Biorremediación de componentes tóxicos como pesticidas.
- Generación de antibióticos y sustancias bioactivos.
- Producción de polisacáridos para la mejora de los agregados del suelo.

### 2.5.2 Beneficios de los microorganismos benéficos

De acuerdo a Rojas (2014), los microorganismos benéficos albergan varios beneficios en las siguientes áreas:

- **Compostaje:** Al entrar en contacto con los residuos optimizan la descomposición y mejoran el compost, disminuyen los olores desagradables, inhiben a los patógenos, y, aumentan la disposición de nutrientes.
- **Producción animal:** Mayor calidad del alimento y agua; además, evitan infecciones, reprimen agentes patógenos, olores desagradables y crean ambientes saludables.
- **Agricultura:** Suscitan el crecimiento de las especies vegetales, mejoran la fotosíntesis y suprimen patógenos en el suelo.
- **Depuración de aguas:** Reducen la contaminación orgánica, química y microbiológica de las aguas servidas.
- **Limpieza industrial y doméstica:** Descomponen elementos orgánicos perjudiciales y suprimen patógenos.

### 2.5.3 Principales tipos de microorganismos benéficos

#### a. Bacterias fotosintéticas (*Rhodospseudomonas spp.*)

Son microbianos autótrofos que utilizan la radiación del sol y el calor del suelo como suministro de energía para constituir aminoácidos, ácidos nucleicos, compuestos bioactivos y azúcares, a partir de segregaciones de las raíces, materia orgánica (carbono) y gases perjudiciales como el amoníaco y el ácido sulfhídrico. De esta manera fortalecen

el desarrollo de las de las plantas, así como el aumento de otros microorganismos benéficos (Cóndor, González, & Lokare, 2007).

**b. Bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus spp.*)**

Producen ácido láctico a través de carbohidratos y azúcares, originados por las bacterias fotosintéticas y levaduras, además, el ácido láctico actúa como un componente de control de microorganismos indeseables (Cóndor, 2019). Arias (2010) menciona que “el ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica”, así mismo, los *lactobacillus* suscitan la fermentación y la descomposición rápida de la celulosa y lignina; además, poseen la capacidad de inhibir la propagación de microorganismos dañinos promotores de enfermedades como el hongo del genero *Fusarium*, que disminuyen el rendimiento de los cultivos y atraen otras plagas (Cóndor et al., 2007).

**c. Bacterias del género *Bacillus spp.***

El género *Bacillus* se denominan gram positivas, con apariencia bacilar, aerobias estrictas o anaerobias facultativas que en condiciones arduas forman una endospora central, que deforma la estructura de la célula (De La Mora, Vázquez, & Valero, 2016).

Segregan proteínas y metabolitos, eficaz para contrarrestar plagas y enfermedades, favorecen el desarrollo de las plantas a partir de la solubilización de fósforo y la generación de mecanismos de crecimiento como el ácido indol acético; asimismo, participan en la fijación de nitrógeno cuando hacen parte de consorcios microbianos (Corrales et al., 2017).

**d. Levaduras (*Saccharomyces spp.*)**

Son hongos unicelulares de mayor tamaño que las bacterias. Estos microorganismos forman compuestos antimicrobianos, hormonas y enzimas, a través de aminoácidos y azúcares segregados por las bacterias fotosintéticas, raíces de plantas y materia orgánica (Segami, 2018). Estas sustancias aumentan la actividad celular y el número de raíces, favoreciendo el crecimiento de las plantas y de microbianos beneficiosos como las bacterias ácido lácticas y actinomicetos (Segami, 2018).

**e. Actinomicetos**

Se caracterizan por ser antagonistas de nocivos organismos que, suelen presentarse en los cultivos y en el material orgánico en descomposición, ya que, emiten sustancias antibióticas de efectos biostáticos y biácidas (Rojas, 2014). Al mismo tiempo, pueden cohabitar con las bacterias fotosintéticas, para mejorar la biología del suelo y, por ende, el desarrollo de las plantas (Cóndor et al., 2007).

#### **f. Hongos fermentativos**

Se encuentran presentes hongos como *aspergillus* y *penicillium* que, degradan ligeramente la materia orgánica para elaborar ésteres, alcohol y compuestos antimicrobianas (Córdor et al., 2007). Así mismo, suprimen malos olores, la llegada de bichos perjudiciales y agentes patógenos (Córdor et al., 2007).

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Zona de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el cantón La Troncal provincia del Cañar (Figura 7), sector Cochancay a 7 km del centro de la ciudad. Ubicada en las coordenadas longitud este (X) 689466 y latitud norte (Y) 9726986 UTM, WGS84. La zona de estudio tiene un rango altitudinal de 24 a 200 ms.n.m y pertenece a un clima sub-tropical con temperaturas que oscilan entre 20 °C y 29 °C; además, cuenta con una época lluviosa de enero a mayo (1.732,8 mm) y otra seca de mayo a diciembre (GAD La Troncal, 2014).

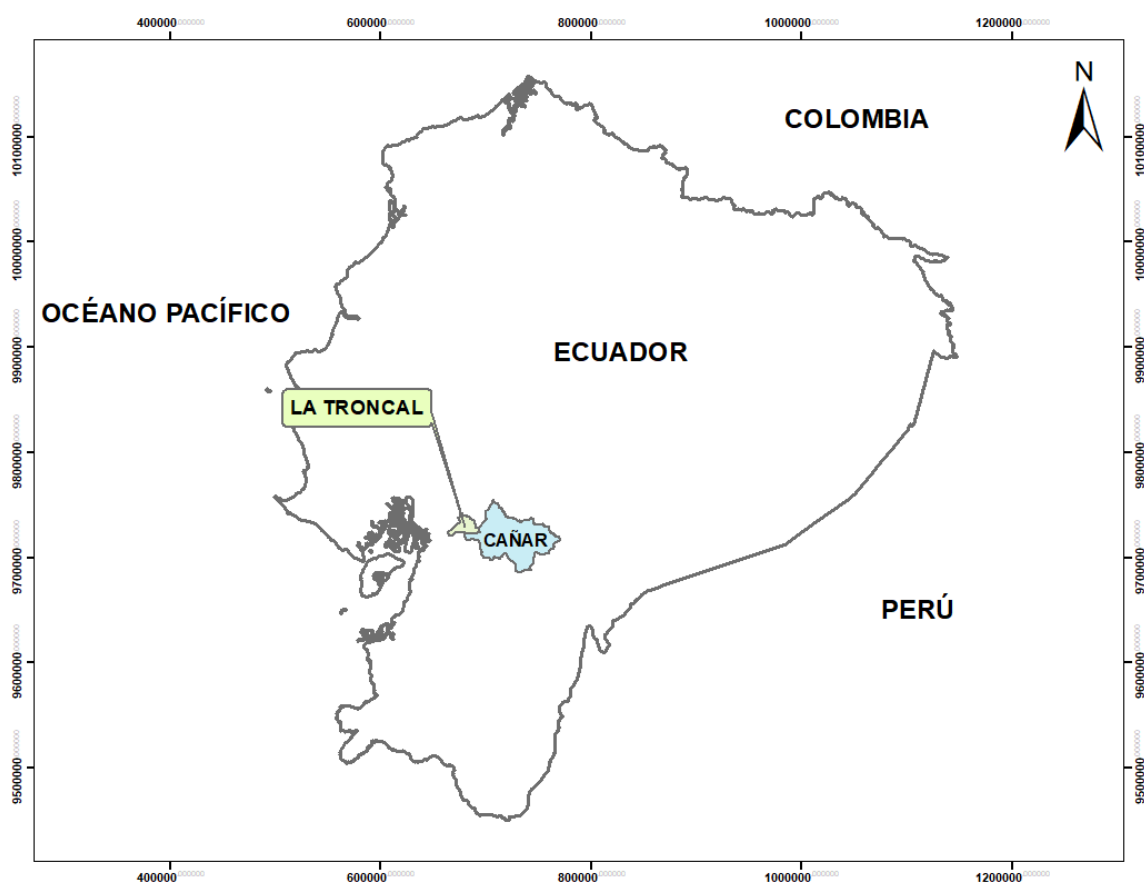


Figura 7: Ubicación del lugar de estudio.

#### 3.2 Materiales e insumos

Los materiales e insumos usados en la ejecución de la investigación son los siguientes:

**Materiales:** Se describen a continuación los materiales utilizados para la recolección de la materia orgánica, elaboración de los tratamientos, control de procedimiento, activación de los microorganismos benéficos y recolección de las muestras del compost.

El equipo de protección personal fue utilizado para el contacto con la materia orgánica, su recolección y elaboración de los tratamientos, para evitar un daño a la salud.

- Guantes de latex para manipular los residuos orgánicos.
- Mascarilla reutilizable, para disminuir los malos olores.
- Botas de caucho.
- Mandil multiuso de plástico.

A continuación, los materiales descritos se utilizaron para la preparación de la solución madre de microorganismos benéficos.

- 1 Balde hermético de polietileno de alta densidad, capacidad 4 litros, para colocar la mezcla de la melaza, agua, sal, concentrado de caldo pollo y hojas de plátano.
- 1 Tijera de podar de marca Altuna 0751, para seccionar las hojas de plátano.
- 1 Balanza comercial de plato ondo ovalado, capacidad 50 kg, para pesar las hojas de plátano.
- 1 Báscula gramera de marca profund de hogar, capacidad 1000 gr, para pesar la sal.
- 1 Vaso de polietileno de alta densidad, capacidad 500 ml, para medir el volumen de la melaza.
- 1 Jarra de plástico de alta densidad, capacidad 1 lt, para medir el volumen del agua.
- 1 Funda plástica de alta densidad, capacidad 23 x 28 inch, para base de la preparación de los microorganismos benéficos.

A continuación, los materiales descritos se utilizaron para la activación de los microorganismos benéficos.

- 1 Balde hermético de polietileno de alta densidad, capacidad 20 lt, para depositar los elementos de melaza, agua, sal y concentrado de caldo de pollo.
- 1 Bascula gramera profund de hogar, capacidad 1000 gr, para pesar la sal.
- 1 Jarra plástica de 1 lt, para medir el volumen del agua y la melaza.
- 1 Funda plástica de alta densidad, capacidad 23 x 28 inch, para base de la preparación de los microorganismos benéficos.

Materiales para la recolección de los residuos orgánicos, preparación de las unidades experimentales, aplicación de los microorganismos benéficos y control del proceso de biodegradación.

- 1 Cuaderno académico de 100 hojas y esfero para registrar el peso de los residuos orgánicos domiciliarios de cada familia, y los datos reportados de temperatura, humedad y pH de las diferentes unidades de tratamientos.
- 1 Bicicleta para la recolección de los residuos orgánicos domiciliarios de las familias.
- 1 Plástico negro para ubicar los residuos orgánicos de las familias.
- 1 Balanza comercial de plato hondo ovalado de capacidad 50 kg, para pesar los residuos orgánicos domiciliarios y la materia inicial del proceso de compostaje de cada unidad de tratamiento.
- 1 Tijera de podar altuna 0751, para seccionar los residuos orgánicos.
- 1 Carretilla bellota para el transporte de las hojas secas.
- 1 Balanza romana resorte gancho de 400 lb, para pesar las hojas secas.
- 1 Pala bellota para la mezcla de los residuos orgánicos y hojas secas.
- 8 Cajas cooler, capacidad de 20 lt, para los tratamientos del compost.
- 1 Botella de plástico de 3 lt para la aplicación de agua y microorganismos benéficos.
- Guantes de caucho para el volteo de las unidades de tratamiento.
- 1 Medidor digital termómetro de suelo, con un rango de -50 °C a +300 °C para medir la temperatura.
- 1 Medidor digital humedad de suelo, para la medición del nivel de humedad.
- 1 Medidor ph alcalinidad / acidez de suelo Sonkir para medir el ph.

Materiales para la recolección del compost para enviar al laboratorio.

- Cribador de 0,60 cm de largo y 0,55 m de ancho, para cernir el producto.
- Fundas ziploc para colocar las muestras de compost.

#### **Insumos:**

- Residuos orgánicos domiciliarios (verduras, cascaras de huevo, tubérculos y frutas).
- Hojas secas de parque.
- Hojas de plátano.
- Concentrado de caldo de pollo, es fuente de carbohidratos, proteínas, grasas, fibra alimentaría, sodio y vitaminas (Ildefonso & López, 2012); lo que aporta una cantidad significativa de nutrientes a la reproducción de los microorganismos benéficos (Mosquera, 2018).

- Melaza de caña proveniente del ingenio La Troncal, se le utiliza como fuente energética de fermentación y aporta al crecimiento de los microorganismos benéficos (Mosquera, 2018).
- Agua sin cloro, es importante que el agua se mantenga sin cloro para evitar la eliminación de los microorganismos benéficos y favorezca la reproducción microbiológica (Mosquera, 2018).
- Sal, ayuda a controlar la aparición de microorganismos patógenos que perjudican el desarrollo de los microorganismos benéficos (Mosquera, 2018).

### 3.3 Metodología para la producción y activación de microorganismos benéficos.

#### 3.3.1 Preparación de la solución madre de los microorganismos benéficos

Se preparó una solución madre para la reproducción de los microorganismos benéficos (MB) mediante una serie ordenada de procedimientos según la metodología mencionada por (Alvarez-Vera et al., 2018). Se utilizaron los siguientes insumos en proporciones peso/peso:

- Planta de plátano (*Musa paradisiaca*).
- Agua libre de cloro.
- 1 Concentrado de caldo de pollo.
- Melaza de caña al 20 %.
- Sal al 1 %.

Para comenzar, se obtuvo una muestra de la planta del plátano (*Musa paradisiaca*) en la región de estudio, se seccionó en pequeños fragmentos las hojas del vegetal (Figura 8) y se registró un peso de 500 gr (Figura 9).



**Figura 8:** Picado de las hojas de plátano



**Figura 9:** Peso del material vegetal

Luego, en un balde hermético de 4 lt de capacidad se agregó 1 lt de agua libre de cloro conjuntamente con el material vegetal (500 gr) que, en suma, constituyeron el peso total (1500 gr). Por consiguiente, se adicionó 1 % de sal (15 gr), 20 % de melaza de caña (300 ml) y un concentrado de caldo de pollo. En la figura 10 se puede observar los insumos medidos previo a la mezcla.



**Figura 10:** Insumos medidos para la obtención de la solución madre.

Una vez vertidos los insumos en el balde de 4 litros de capacidad, se uniformizó la mezcla (Figura 11) y se dejó en un lugar sin la radiación directa del sol por un periodo de 10 días. En el transcurso de este tiempo se levantó la tapa del balde al cuarto día para eliminar la presencia de gases. Al finalizar el intervalo de 10 días se evidenció una capa blanquecina, color marrón y un olor agridulce que, según (Alvarez-Vera et al., 2018) era presagio que el proceso avanzó de manera correcta (Figura 12).



**Figura 11:** Insumos uniformizados en el envase.



**Figura 12:** Apariencia de la solución madre.

### 3.3.2 Activación de los microorganismos benéficos (MB).

Para la reproducción de los microorganismos benéficos se utilizó 1 lt de la solución madre líquida (libre del material vegetal) (Figura 13). Posterior, se utilizó un balde con capacidad de 20 lt para depositar 17 lt de agua sin cloro sobre el cual se añadió: la solución madre líquida, 1 % de sal (200 gr), 2 cubos de concentrado de caldo de pollo y 10 % de melaza de caña (2000 ml). En la figura 14 se puede observar los insumos medidos para la uniformización.



**Figura 13:** Extracción de la solución madre líquida.



**Figura 14:** Insumos medidos para la activación de los microorganismos benéficos.

Luego de haber uniformizado la mezcla (Figura 15), se tapó y se conservó durante 10 días en un lugar bajo condiciones ambientales y sin la repercusión directa del sol. Todos los días a partir de la activación de los microorganismos benéficos se tuvo que destapar por un instante el balde para eliminar la presencia de gases y que el proceso de fermentación continúe.

Al décimo día la solución quedó lista para ser utilizada en los tratamientos del compost, ya que, presentó una capa blanquecina y un olor agridulce evidencia de la presencia de microorganismos benéficos (Alvarez-Vera et al., 2018). En la figura 16 se observa la presencia de capas blanquecina



**Figura 15:** Mezcla de los insumos.



**Figura 16:** Solución de microorganismos benéficos.

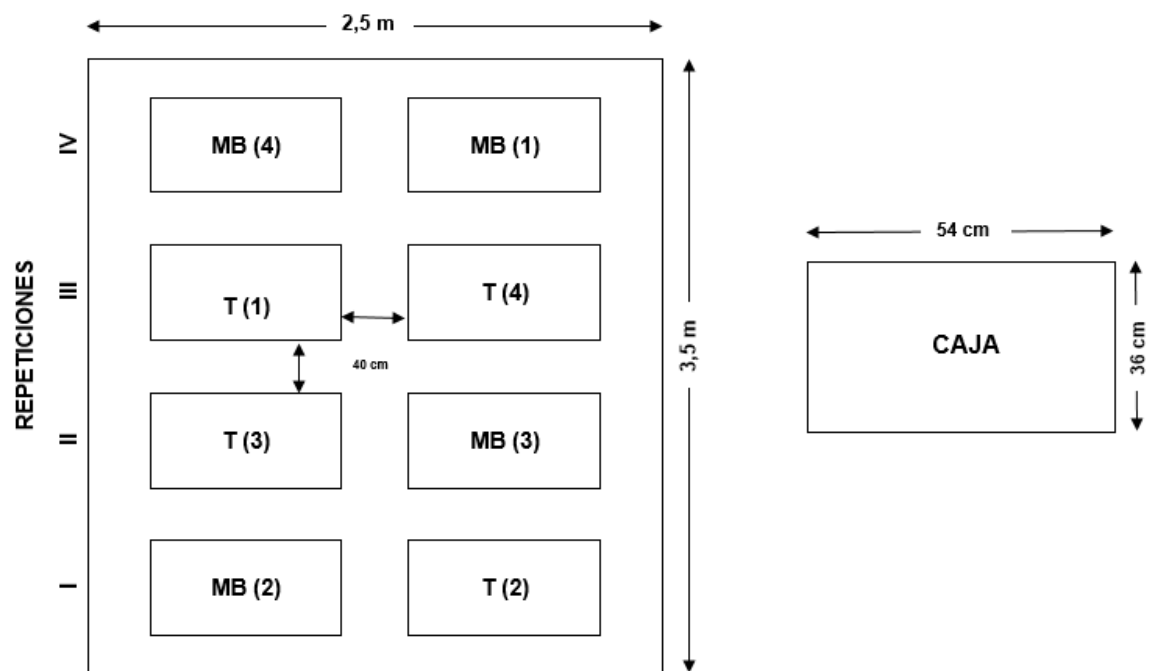
### 3.4 Diseño experimental

El presente estudio tuvo un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con 2 tratamientos y 4 repeticiones, un tratamiento aplicado con microorganismos benéficos (MB) y otro como testigo (T), total 8 unidades experimentales. La tabla 3 muestra la descripción de los tratamientos.

**Tabla 3:** Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción	Planta	Nombre Científico
MB	Compost con microorganismos benéficos	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i>
T	Compost testigo	-	-

Se utilizaron ocho cajas para las unidades experimentales con dimensiones de 0,54 x 0,36 x 0,33 m (aproximadamente de 20 litros); las repeticiones separadas 0,50 m entre ellas, los cuales se ubicaron en un área total de 8,75 m<sup>2</sup> (Figura 17).



LEYENDA	
T	Testigo
MB	Tratamiento con microorganismos benéficos de plátano

**Figura 17:** Distribución de las unidades experimentales.

### 3.5 Recolección de residuos orgánicos domiciliarios

De acuerdo al procedimiento de (La Cruz, 2019; Olave, 2019), al profesionalismo del director de tesis y al aprendizaje académico, se realizó lo siguiente:

#### Registro de los participantes de estudio

Para comenzar, se realizó una invitación personal a 17 domicilios (familias) en el sector Cochancay del cantón La Troncal, lo cual consistió en especificar la finalidad del estudio, la duración, su responsabilidad en la entrega de los residuos orgánicos y, registrar el número de habitantes por domicilio. La figura 18 presenta la parte de las familias.



**Figura 18:** Registro de la participación de las familias en el estudio.

### **Recolección**

A partir de las 17h00 se recolectaron las fundas o muestras de residuos orgánicos debidamente codificados y segregados de los domicilios (Figura 19).



**Figura 19:** Recolección de los residuos orgánicos.

### **Traslado**

En una bicicleta con el debido cuidado para evitar el deterioro de las fundas, se trasladó las muestras de residuos orgánicos desde la generación (domicilios) hasta el lugar de trabajo designado.

### **Descarga**

Se descargaron todas las muestras de residuos orgánicos domiciliarios con sus respectivos códigos de identificación, lo cual evidencia la fuente de origen. En la figura 20 se puede observar los residuos orgánicos de los domicilios codificados.



**Figura 20:** Muestras de residuos orgánicos domiciliarios codificados de los participantes.

### **Pesaje**

Posterior, se registró el peso en kg de cada muestra en un cuaderno de apuntes (Figura 21).



**Figura 21:** Pesaje de las muestras de residuos orgánicos.

### **3.6 Generación per cápita**

Como reporte adicional al estudio, se buscó determinar la generación per cápita de los residuos orgánicos domiciliarios en la zona de estudio (La Cruz, 2019). Por tanto, se prosiguió con la recolección durante 1 mes, tomando las muestras 3 veces a la semana (pasando 1 día), se registraba el peso de las muestras de cada domicilio y con las hojas de cálculo de Excel se promedió los valores recolectados para establecer la generación per cápita de residuos orgánicos día (Revelo, 2019).

### **3.7 Preparación del compostaje**

Con las muestras de los residuos orgánicos obtenidos en el primer día de recolección conjuntamente con el material vegetal de hojas secas se pudo iniciar el proceso de

compostaje, lo cual reflejaba una relación carbono nitrógeno de 25:1 (Paeria, 2019). La tabla 4 muestra la materia de partida para el compostaje.

**Tabla 4:** Composición de la materia inicial para el compostaje.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Residuos orgánicos domiciliarios (rico en nitrógeno)	49,255 (kg)
Hojas secas (rico en carbono)	24,62 (kg)

**A continuación, los pasos para elaborar el inicio del proceso de compostaje (Docampo, 2014).**

- Una vez pesadas las muestras y registrados los valores reportados de las muestras de residuos orgánicos, se procedió a abrir las fundas y depositar en un plástico para seccionar en pequeños fragmentos la materia orgánica (Figura 22).
- Se pesaron los sacos de hojas secas recolectadas de un parque.
- Luego, se uniformizó la mezcla de los 2 materiales (residuos orgánicos domiciliarios y hojas secas) (Figura 23).
- A continuación, se acondicionaron las cajas composteras mediante agujeros de 10 mm en la base y laterales para el ingreso de oxígeno y drenaje de lixiviados (Anexo 1/Imagen 2).
- Posteriormente se colocó en unas fundas el material uniformizado para el registro del peso inicial que fue de 6,500 kg para cada unidad experimental (Anexo 1/Imagen 5), los cuales fueron agregados a las cajas composteras (Anexo 1/Imagen 6).
- Finalmente se roció con una botella de plástico de 3 lt los microorganismos benéficos diluidos a un 5 % de concentración en las composteras de un tratamiento, excepto el testigo que fue regado con agua.



**Figura 22:** Fragmentación de los residuos orgánicos.



**Figura 23:** Material de partida del compostaje.

### **3.8 Manejo del compostaje**

De acuerdo a (Alvarez-Vera et al., 2019; Guasco & Jaramillo, 2015; Largo, 2019) en el proceso de compostaje, se controlaron los factores físicos todos los días durante un periodo de 17 semanas consecuentes, hasta obtener el compost. Para medir la temperatura, humedad y pH como reporte adicional de control, se lo hizo en los extremos y centro de cada una de las cajas composteras a una profundidad de 10 a 20 cm; al colocar el equipo se lo dejaba estabilizar y se anotaba el valor.

Los valores fueron tomados a partir de las 10h00 am. De cada caja se promediaron los valores de los cuatro extremos y del centro de la misma.

#### **a) Monitoreo de parámetros de temperatura, humedad y pH**

##### **Temperatura**

Se manejó con un termómetro digital de suelo, rango -50 °C a +300 °C, a partir de 3 días de haber preparado las unidades experimentales para iniciar la primera semana del estudio. El instrumento era introducido en el centro y extremos de las cajas composteras como se muestra en la figura 24, se lo dejaba normalizar y se escribía en un cuaderno de apuntes el valor.



**Figura 24:** Medición de temperatura.

##### **Humedad**

Se midió con un medidor digital de humedad, de punta de acero inoxidable. Se lo introducía, se dejaba estabilizar y se escribía el valor en porcentaje. La figura 25 presenta la medición en el centro de la caja.



**Figura 25:** Medición de humedad.

## **pH**

Se tomó con un pH-metro de suelo, tenía dos sondas inoxidables y, con un rango de 3,5 a 8. Asimismo, se lo introducía en la descomposición orgánica, se lo dejaba normalizar y se apuntaba el valor (Figura 26).



**Figura 26:** Medición de pH.

## **b) Trabajos complementarios del proceso de compostaje**

### **Volteo**

Con el propósito de brindar una favorable acción microbiana y una uniforme descomposición orgánica de las compostas, se procedió a voltear conjuntamente con el riego e inoculación de microorganismos benéficos una o dos veces por semana. Todas las unidades experimentales se voltearon con guantes para evitar la contaminación de los tratamientos.

### **Riego**

Se regó una o dos veces por semana, conforme se manipulaba la muestra, esta demostraba según lo indicado por el medidor de humedad el exceso o falta de hidratación. Para realizar la hidratación se utilizó agua del grifo almacenada en una botella de plástico con capacidad de 3 lt días previo al riego, para liberar el cloro y permita la actividad microbiana en el compostaje. Se observa en la figura 27 el riego con microorganismos beneficiosos en la caja de compostaje.



**Figura 27:** Riego con microorganismos benéficos.

#### **c) Aplicación de microorganismos benéficos**

Se realizó conjuntamente con el riego y volteo. Se utilizó un contenedor de polietileno para almacenar 20 lt de agua sin cloro, en la que, se aplicó el 5 % (1000 ml) de solución microorganismos benéficos. Se efectuó una o dos veces por semana durante toda la actividad del compostaje.

#### **d) Cosecha del compost**

Finalizó el periodo de compostaje cuando el producto compost se tornó de color marrón oscuro y la temperatura en promedio en cada unidad experimental alcanzó 25 °C. Se registró el peso final de cada unidad experimental; por consiguiente, mediante un cernidor se separó el mejor material compostado y finalmente se tomó muestras uniformes en bolsas herméticas con su etiquetado correspondiente a cada tratamiento, para ser enviados al laboratorio.

### **3.9 Análisis físico-químico y biológico**

Para los análisis del producto final, compost con microorganismos benéficos de plátano y compost testigo, fueron enviados a laboratorios Bionika de la ciudad de Quito para ser evaluados con respecto a sus características físicas, químicas y biológicas.

### **3.10 Análisis estadístico**

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística descriptiva e inferencial para detallar las características físicas, químicas y microbiológicas del compost y determinar su calidad (Vargas, 2017), los cuales fueron procesados en el programa Excel y Rstudio. Para el nivel de inferencia, se utilizó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de significancia de 0,05 (5%), que permitió determinar si los tratamientos tienen diferencias significativas con respecto al rendimiento del compost, humedad, temperatura y pH.

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Características físicas

##### a. Temperatura

Para esta variable se tomó en el centro y extremos de las cajas de compostaje de cada tratamiento, datos que se registraron todos los días durante 17 semanas.

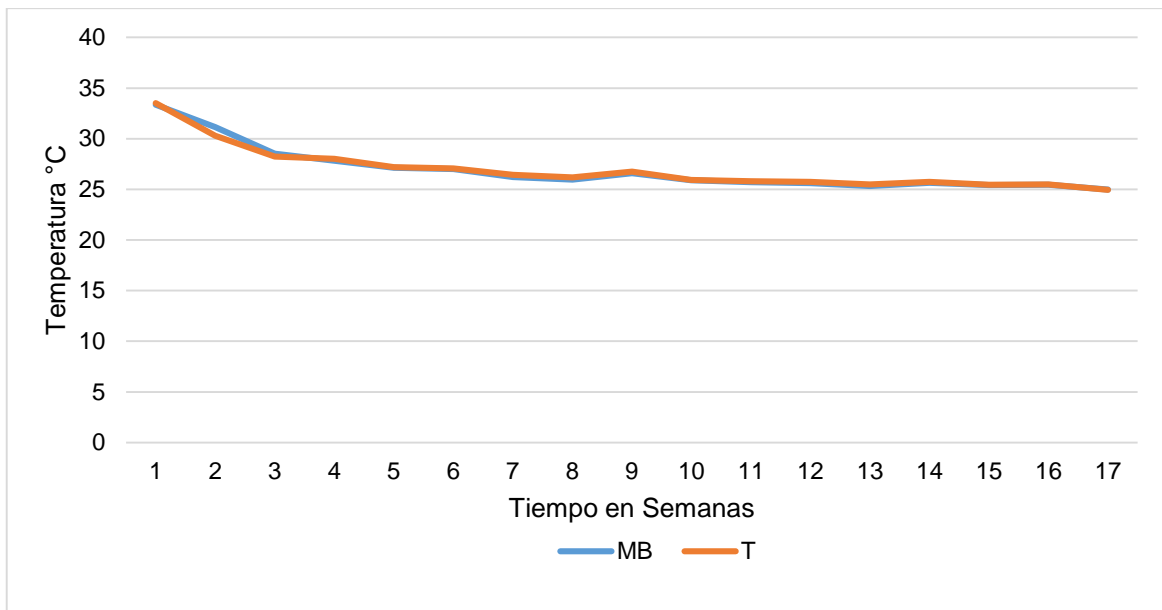
#### Temperatura registrada en los extremos de cada caja de compostaje

Los resultados de las temperaturas promedio de los extremos que se registró durante el proceso de compostaje son los siguientes:

**Tabla 5:** Promedio de temperatura °C en los extremos de los tratamientos.

Temperatura °C		
Semanas	MB	T
1	33,38	33,52
2	31,15	30,28
3	28,52	28,25
4	27,83	28,01
5	27,13	27,18
6	27,02	27,07
7	26,22	26,42
8	25,98	26,19
9	26,59	26,74
10	25,91	25,94
11	25,70	25,79
12	25,63	25,74
13	25,33	25,49
14	25,63	25,76
15	25,43	25,44
16	25,46	25,50
17	24,98	24,94

Se puede observar que al inicio del proceso de compostaje los números de temperatura son similares en los tratamientos (temperaturas de 33 °C), con el transcurrir de las semanas los valores descienden análogamente, por tanto, se procedía a regar y dar volteo; en la novena semana se evidenció un aumento de temperatura de baja significancia de 26,59 °C y 26,74 °C en los tratamientos “MB” y “T” con relación a la octava semana de 25,98 °C y 26,19 °C. Por consiguiente, los valores de temperatura tenían un descenso hasta alcanzar el final del proceso con 24,98 °C y 24,94 °C respectivamente.



**Figura 28:** Comportamiento de la temperatura en los extremos de las cajas de compostaje.

En la figura 28 se puede observar la variación de temperatura durante el transcurso del compostaje de los residuos orgánicos domiciliarios, en donde la mayor temperatura alcanzada fue al inicio con 33,38 °C y 33,52 °C para los tratamientos “MB” y “T” respectivamente hasta alcanzar una temperatura ambiente, lo que dio lugar a un proceso de compostaje mesofílico. Se infiere que esta disminución se genera por un alto contenido en la relación C/N y a la reducida masa que contenían las cajas de los tratamientos (Cervantes, 2014) disminuyendo el crecimiento y actividad celular de los microorganismos, retardando el proceso de descomposición (Salazar, 2014). Asimismo, se pudo notar que, la temperatura del testigo (T) tuvo el mismo comportamiento con el tratamiento inoculado con microorganismos benéficos (MB), lo que evidencia que la variación de temperatura entre los tratamientos son acorde al proceso normal del compostaje (Alvarez-Vera et al., 2019).

### Estadístico descriptivo

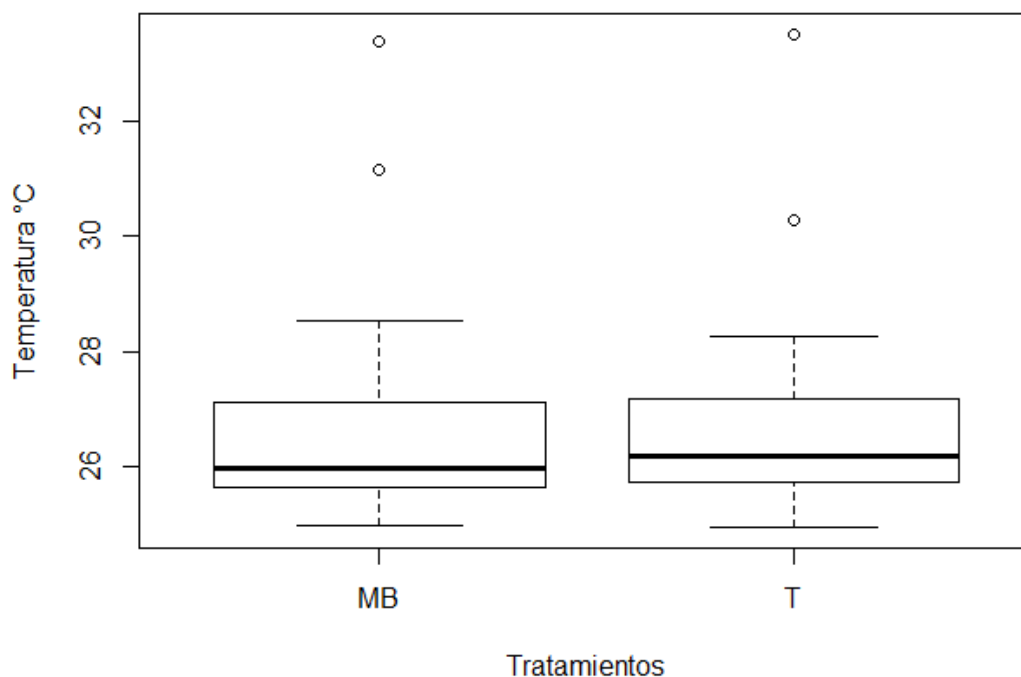
De acuerdo a la tabla 6 las medidas descriptivas entre los tratamientos no presentan diferencias significativas. Puesto que, sus temperaturas máximas se mantienen en 33,38 °C (MB) y 33,52 °C (T), y mínimas 24,98 °C (MB) y 24,94 °C (T); así mismo, las medidas de centralidad de la media y mediana toman valores similares entre los tratamientos, pues estas no presentan una variación significativa. Por consiguiente, la desviación estándar que mide la distancia de los datos con respecto a la media, es de 2,25 para el tratamiento “MB” y 2,15 para el tratamiento “T”, por lo cual nos dice que no existe mayor variación entre los tratamientos.

Del mismo modo, el coeficiente de variación del tratamiento “MB” es de 8,35 % y el tratamiento “T” es de 7,97 % que, significa poca variación y homogeneidad en las temperaturas de los tratamientos. Por tanto, se deduce que los microorganismos benéficos no inciden en una variación significativa de la temperatura.

**Tabla 6:** Análisis descriptivo de temperatura de los extremos de las cajas de compostaje.

Medidas Descriptivas	Tratamientos	
	MB	T
Media	26,93	26,96
Mediana	25,98	26,19
Max	33,38	33,52
Min	24,98	24,94
sd	2,25	2,15
cv %	8,35	7,97

Con la prueba ANOVA se obtuvo un valor de  $p= 0,977$  que, representa un nivel de significancia mayor a  $p= 0,05$ , por tanto, no existe una diferencia significativa en las medias de los tratamientos. Puesto que, coincide con los diagramas de cajas de la figura 29 donde las medias de los tratamientos son similares junto con sus medianas, lo que nos afirma que los tratamientos tienen un comportamiento no significativo en la temperatura. Asimismo, muestran una baja distribución asimétrica en relación con la mediana donde se presentan puntos extremos que significan mayores temperaturas en el inicio del proceso de compostaje.



**Figura 29:** Resultados de diferencias de temperatura en los extremos de los tratamientos.

### Temperatura registrada en el centro de cada caja de compostaje

En la tabla 7 se presentan los promedios de las temperaturas en los centros de las cajas para cada tratamiento. El inicio del proceso de descomposición parte con los valores más altos de temperatura de: 38,51 °C y 38 °C en los tratamientos. Se puede notar el descenso en la segunda semana en el tratamiento MB con 34,18 °C y tratamiento T con 32,90 °C siendo una variación no muy significativa y, a partir de esta semana descienden análogamente hasta alcanzar una temperatura ambiente de 25,05 °C y 25,08 °C.

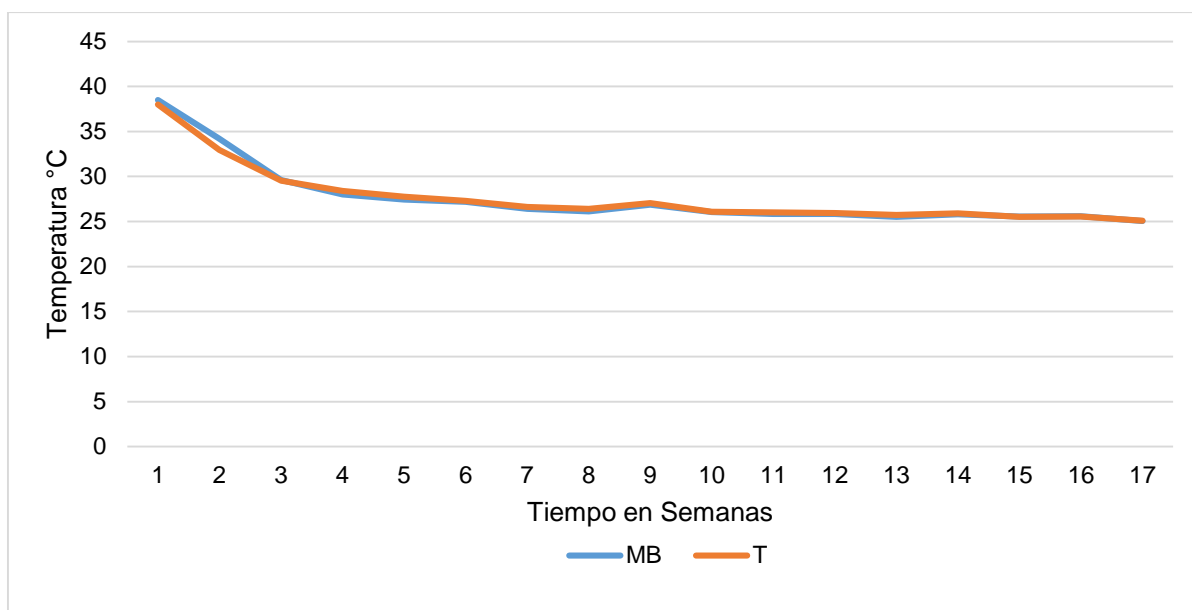
**Tabla 7:** Promedio de temperatura en el centro de los tratamientos.

Temperatura °C		
Semanas	MB	T
1	38,51	38
2	34,18	32,96
3	29,62	29,53
4	28,01	28,39
5	27,45	27,77
6	27,18	27,28
7	26,40	26,61
8	26,11	26,42
9	26,89	27,04
10	26,05	26,11
11	25,85	26
12	25,83	25,93
13	25,53	25,74
14	25,79	25,89
15	25,55	25,52
16	25,58	25,55
17	25,05	25,08

En la figura 30 se puede observar la variabilidad de la temperatura en el centro de cada caja de compostaje de los tratamientos. De todas las semanas, la semana uno y dos fueron las que presentaron mayor temperatura, mientras que a partir de la tercera semana desciende la temperatura, continuando este descenso notorio hasta la semana diez; no obstante, en la novena semana se evidenció un aumento de temperatura de baja significancia. Se genera principalmente por la acción metabólica de los microorganismos, ya que son los promotores de convertir el material orgánico, cuya actividad libera energía en forma de calor (Sanchez, 2015).

A partir de la semana 11 el descenso de la temperatura continúa de 25,85 °C (MB) y 26 °C (T), para luego estabilizarse en la última semana con 25,05 °C (MB) y 25,08 °C (T) respectivamente. Al presentarse estabilización la variable temperatura, se concluyó que el

proceso de compostaje está en su fase final (Figura 30). Cabe notar que los sistemas de compostaje aerobios pueden desarrollarse en ambas fases de temperatura, en el mesofílico, 30 a 38 °C o en termofílico, 55 a 60 °C (Bejarano & Delgadillo, 2007). En este estudio se desarrolló el compostaje en fase mesofílico. Asimismo, Barrena (2006) surgiere un intervalo de temperatura entre 35 y 40 °C para un mayor número de participación de microorganismos, por lo que surgen los promotores de sustancias húmicas (Vargas-Pineda, Trujillo-González, & Torres-Mora, 2019).



**Figura 30:** Comportamiento de la temperatura en el centro de las cajas de compostaje.

### Estadístico descriptivo

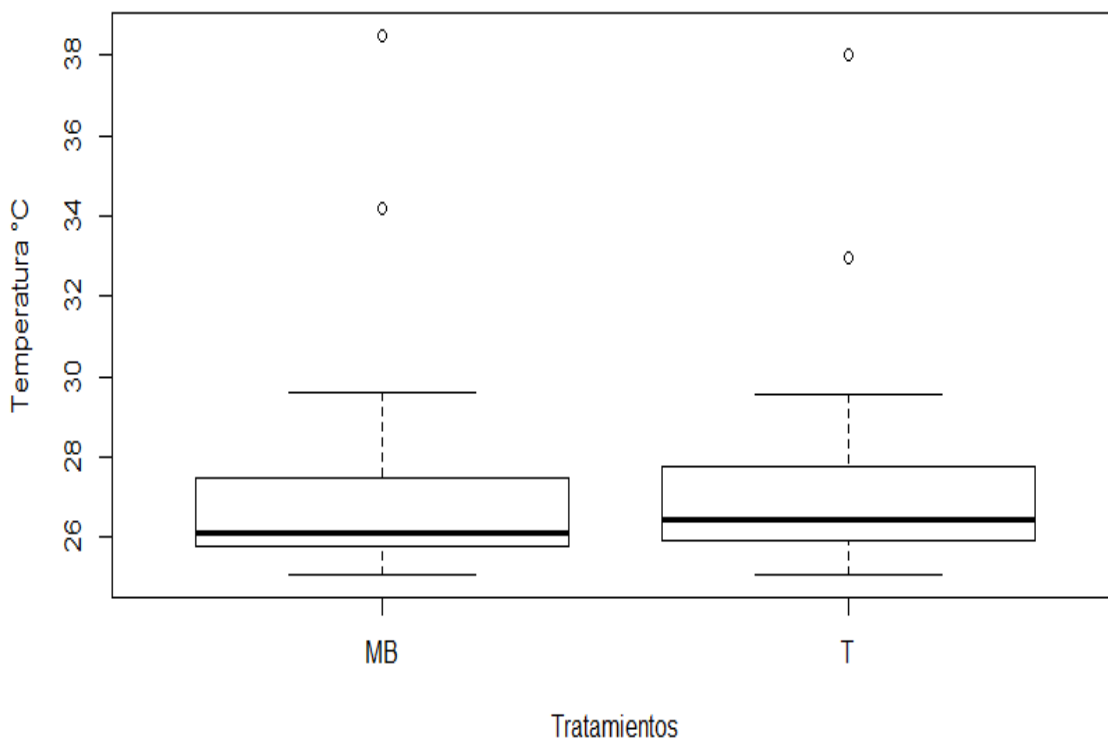
En la tabla 8 se detalla las medidas de centralidad y de variación de las temperaturas registradas en el centro de cada caja de los tratamientos.

**Tabla 8:** Análisis descriptivo de temperatura del centro de las cajas de compostaje.

Medidas Descriptivas	Tratamientos	
	MB	T
Media	27,62	27,64
Mediana	26,11	26,42
Max	38,51	38
Min	25,05	25,08
sd	3,55	3,29
cv %	12,86	11,89

En la tabla 8, se evidencia que las medidas descriptivas de temperatura en los tratamientos no presentan diferencias significativas, por lo que, se puede observar que la desviación estándar como el coeficiente de variación entre los tratamientos no presentan una

dispersión con eficiencias bastante diferentes, visto que, nos denomina que los datos de temperatura son homogéneos y deduce que la aplicación de microorganismos beneficiosos en el tratamiento no influyen directamente en el comportamiento de la temperatura desde su fase inicial hasta la parte final del compostaje.



**Figura 31:** Resultados de diferencias de temperatura en el centro de los tratamientos.

El cálculo ANOVA proporcionó un valor de  $p=0,99$  que, afirma que no existe diferencias significativas en los tratamientos. Del mismo modo, el diagrama de cajas de la figura 31 nos permite afirmar que los tratamientos son análogos y no presentan variación significativa. No obstante, muestra puntos extremos que nos afirma que existe mayor dispersión de valores por encima de la mediana. Esto se debe al inicio del proceso de compostaje donde existe mayor temperatura durante las dos primeras semanas y un descenso constante hasta el final del proceso.

#### **b. Humedad**

Para esta variable se tomó en el centro y extremos de las cajas de compostaje de cada tratamiento, valores que se rastrearon todos los días durante 17 semanas.

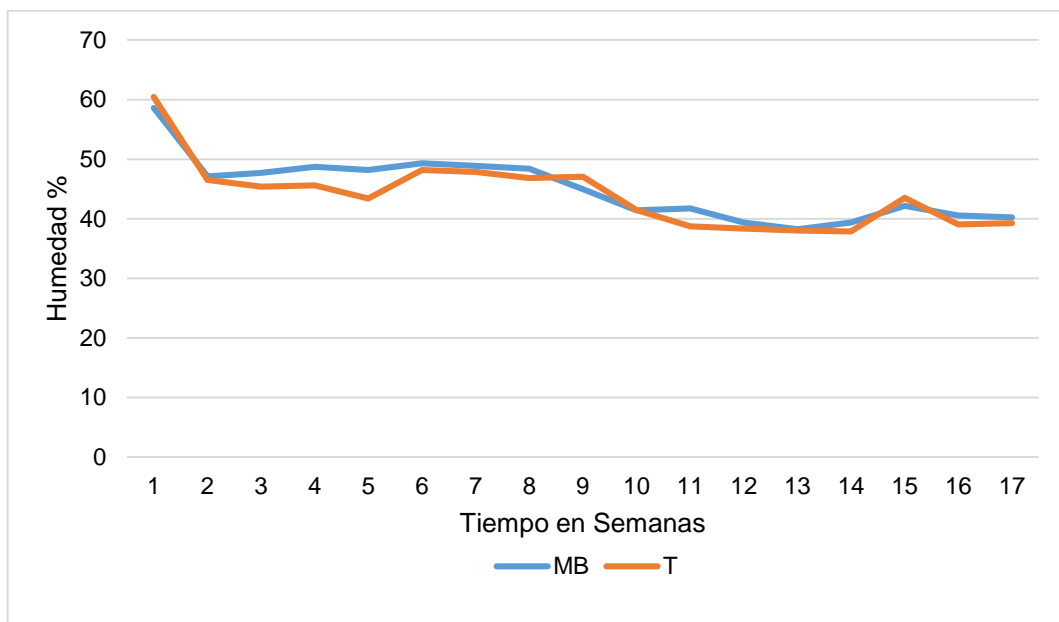
#### **Humedad registrada en los extremos de cada caja de compostaje**

En la tabla 9 se encuentran los resultados de la humedad promedio que se evidenció durante el sistema de compostaje. Al inicio del proceso hubo un aumento de humedad

debido al riego de agua y de la temperatura; se mantuvo hasta la octava semana una humedad por encima del 45 % para un óptimo proceso. A partir de la novena semana el proceso de humedad descendió en los dos tratamientos hasta su finalización, se llegó a 40,2 % y 39,3 % (MB y T).

**Tabla 9:** Promedio de humedad en los extremos de los tratamientos.

Humedad %		
Semanas	MB	T
1	58,6	60,4
2	47,1	46,5
3	47,7	45,4
4	48,7	45,6
5	48,2	43,4
6	49,3	48,2
7	48,9	47,9
8	48,4	46,8
9	44,9	47,1
10	41,4	41,5
11	41,7	38,7
12	39,3	38,3
13	38,2	38
14	39,4	37,9
15	42,2	43,5
16	40,6	39
17	40,2	39,3



**Figura 32:** Comportamiento de la humedad en los extremos de las cajas de compostaje.

La figura 32 gráfica la transición de la humedad en el proceso de compostaje de los residuos orgánicos domiciliarios con sus respectivos tratamientos donde la humedad al inicio del proceso se encuentra entre 58,6 % y 60,4 % (MB y T), este porcentaje es importante para el crecimiento microbiano, ya que la humedad óptima se encuentre en un rango entre 50 % y 70 % (Haug, 1993). Si disminuye por debajo del 30 %, la actividad microbiana se reduce y por arriba del 70 % el agua oprime el aire entre las partículas induciendo a un proceso anaeróbico por la falta de oxígeno originando malos olores (Muñoz, Dorado, & Pérez, 2015). En las siguientes semanas la humedad tiende a descender de manera uniforme en el tratamiento MB, mientras el tratamiento T disminuye a un 43,4 % en la quinta semana para tener un pico de ascenso y descender análogamente con el tratamiento de microorganismos benéficos.

Se puede observar que ninguno de los tratamientos supera el rango definido de humedad, por lo cual no existe putrefacción.

### Estadístico descriptivo

La tabla 10 muestra las medidas de centralidad y de variación de las humedades registradas en los extremos de cada caja de los tratamientos.

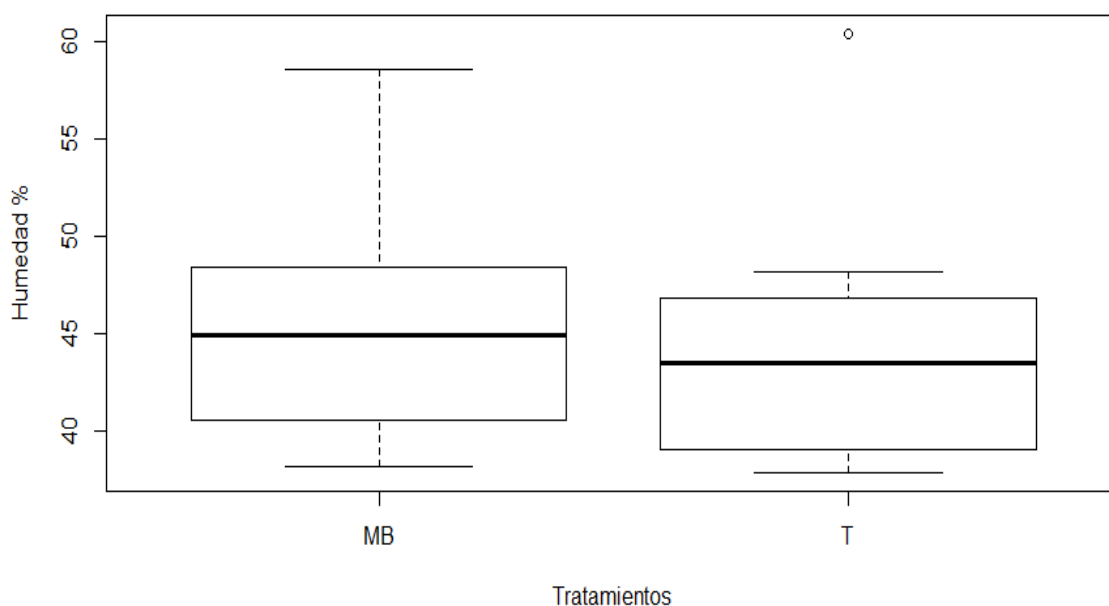
**Tabla 10:** Análisis descriptivo de humedad de los extremos de las cajas de compostaje.

Medidas Descriptivas	Tratamientos	
	MB	T
Media	45	43,97
Mediana	44,94	43,5
Max	58,59	66,44
Min	38,23	37,87
sd	5,3	5,69
cv %	11,79	12,94

Las medidas de tendencia central (media y mediana) no demuestran una diferencia significativa entre los tratamientos, con medias de humedad de 45 % y 43,97 % (MB y T), y mediana de 44,94 % y 43,5 % respectivamente, tal cual se puede verificar en el diagrama de cajas de la figura 33 que no presenta diferencias significativas entre los tratamientos. Del mismo modo, la prueba ANOVA proporcionó un p-valor = 0,59; puesto que aclara que los tratamientos no tienen diferencias significativas.

Además, la desviación estándar para el tratamiento “MB” es de 5,3 y 5,69 para el tratamiento “T”, y el coeficiente de variación fue de 11,79 % y 12,94 % respectivamente; lo que afirma que existe poca variación en los valores de humedad. Por tanto, la aplicación

de microorganismos beneficiosos no incide significativamente en la variable de humedad en el compostaje.



**Figura 33:** Resultados de diferencias de humedad en los extremos de los tratamientos.

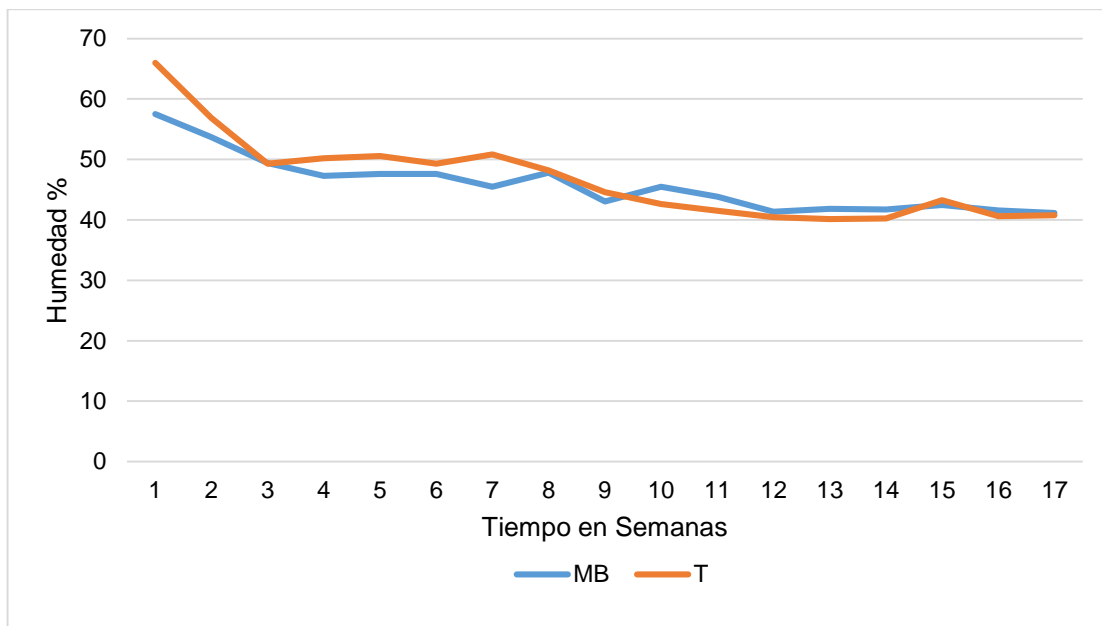
#### **Humedad registrada en el centro de cada caja de compostaje**

Se presenta en la tabla 11 la humedad promedio registrado en el proceso de obtención del compost. Se evidencia que al inicio del proceso de los tratamientos la humedad es alta por la aplicación de agua y a la humedad generada por los residuos orgánicos, por lo cual se tuvo que voltear para equilibrar la humedad a un rango estable entre 40 % y 60 % (FAO, 2013). Al transcurrir los días la humedad descende análogamente entre los tratamientos, se estabiliza en la novena semana disminuyendo de manera uniforme hasta finalizar el proceso.

La humedad es un factor fundamental en el compostaje, al ser un proceso biológico de biooxidación de los residuos orgánicos se necesita del agua para las funciones fisiológicas de los microbianos, el cual actúa como medio de transporte de los compuestos simples que alimentan a las células y de los subproductos de las reacciones que tiene el proceso (Suárez, 2014). Dicho esto, se considera a la humedad de los residuos como el componente más imprescindible en el compostaje, por lo que es recomendada como un criterio primordial en la eficacia del compostaje (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

**Tabla 11:** Promedio de humedad en el centro de los tratamientos.

Semanas	MB	T
1	57,5	66
2	53,7	56,9
3	49,4	49,3
4	47,3	50,2
5	47,6	50,6
6	47,6	49,3
7	45,5	50,8
8	47,8	48,2
9	43,1	44,6
10	45,5	42,6
11	43,8	41,5
12	41,4	40,5
13	41,8	40,1
14	41,7	40,2
15	42,5	43,3
16	41,5	40,6
17	41,1	40,8



**Figura 34:** Comportamiento de la humedad en el centro de las cajas de compostaje.

La figura 34 evidencia una distribución uniforme de la humedad sin diferencias destacables, cabe señalar que al inicio del proceso el tratamiento testigo presentó mayor humedad; no obstante, este valor estadísticamente no es significativo. En la parte final de obtención de compost se obtuvo una humedad de 41,1 % y 40,8 % correspondientes a los tratamientos “MB” y “T”. De acuerdo a (Pacheco, 2009) el porcentaje aceptable de humedad del compost

para fertilizante se encuentra entre un 30 % a 40 %, por lo cual la humedad final se encuentra cercano al parámetro expuesto y por ende cumple con dicho requisito de calidad.

### Estadístico descriptivo

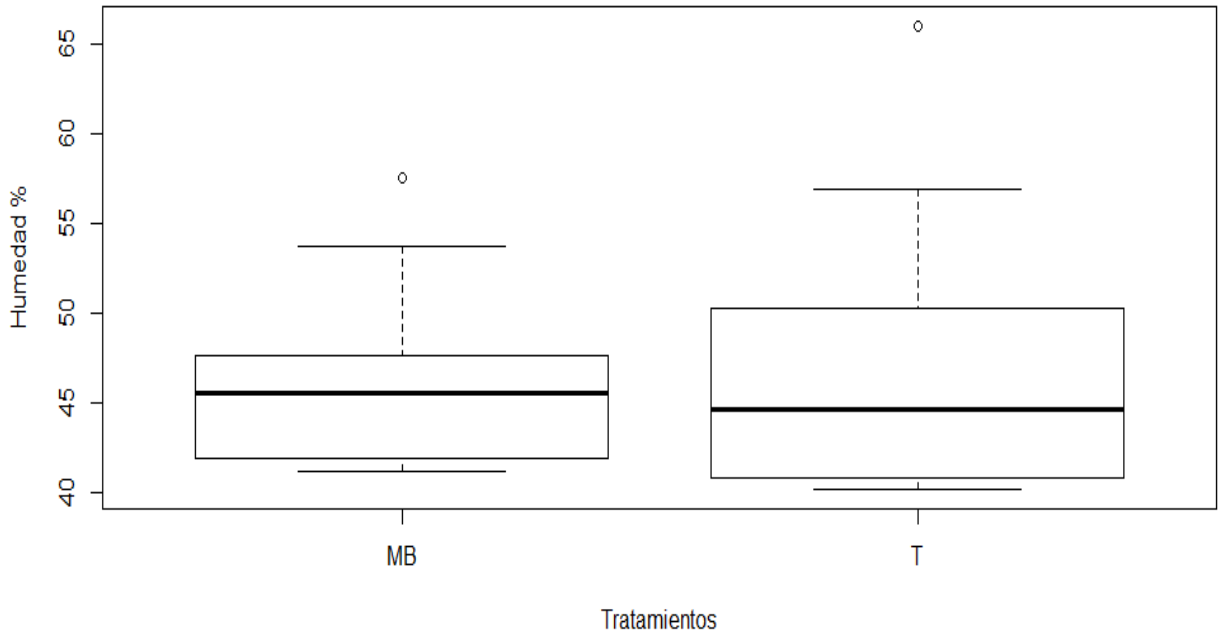
La tabla 12 presenta un resumen estadístico de las humedades registradas en los extremos de cada caja de los tratamientos.

**Tabla 12:** Análisis descriptivo de humedad del centro de las cajas de compostaje.

Medidas Descriptivas	Tratamientos	
	MB	T
Media	45,81	46,79
Mediana	45,5	44,56
Max	57,5	66
Min	41,12	40,12
sd	4,61	7,04
cv %	10,06	15,05

Se puede evidenciar que las medidas de centralidad (media y mediana) no presentan diferencias significativas entre los tratamientos. El valor máximo alcanzado de humedad fue al inicio del proceso, con 57,5 % para el compost aplicado con microorganismos benéficos y 66 % para el control, y la humedad mínima llegó a 41,12 % y 40,12 % mostrando un descenso uniforme de este parámetro.

Por consiguiente, la desviación estándar fue de 4,61 y 7,04 (MB y T), por tanto, existe poca variación en los tratamientos. El cálculo ANOVA es de  $p= 0,637$ , es decir, que los tratamientos no tienen diferencias significativas. La figura 35 destaca esta afirmación donde los diagramas de caja son similares, cabe señalar que existe mayor dispersión por encima de la mediana debido a la liberación de humedad de los residuos orgánicos y a la mayor aplicación de agua.



**Figura 35:** Resultados de diferencias de humedad en el centro de los tratamientos.

### c. Olor del compost

Al inicio del proceso de descomposición de los restos orgánicos, se percibió un olor neutro de frutas y vegetales en degradación, conforme se avanzó en el proceso de los dos tratamientos el olor fue agradable y al finalizar el proceso, fue semejante al de tierra para el tratamiento “MB” y no se percibió olor en el tratamiento “T”, recomendado como un compost de clase A, según la norma chilena (2003). Evidencia de que no se originó putrefacción en el desarrollo del compostaje (Suárez, 2014).

### d. Color del compost

Al inicio del proceso de descomposición se podía percibir los residuos orgánicos, al transcurrir las semanas fueron tomando un color de tonalidad marrón. El color característico al final del proceso de compostaje para el tratamiento “MB” fue de tonalidad oscura y para el tratamiento “T” fue de un color marrón oscuro (Figura 36). Según la Organización Mundial de la Salud (1999), el aspecto del compost estabilizado y maduro es de color marrón oscuro o negro, indicador que el proceso de descomposición ha logrado finalizar (Vásquez, 2008).



**Figura 36:** Color del compost: izquierda tratamiento MB y derecha tratamiento T.

## 4.2 Características químicas

### a. Rendimiento del compost

En la tabla 13 se muestra el peso del material de partida al inicio del proceso de compostaje con 6,500 kg para cada unidad experimental de los tratamientos y un peso final promedio registrado de 5,679 kg (MB) y 5,721 kg (T). Según el análisis de varianza (Tabla 14), no se registraron estadísticamente diferencias significativas entre los pesos de los tratamientos.

**Tabla 13:** Rendimiento del compost.

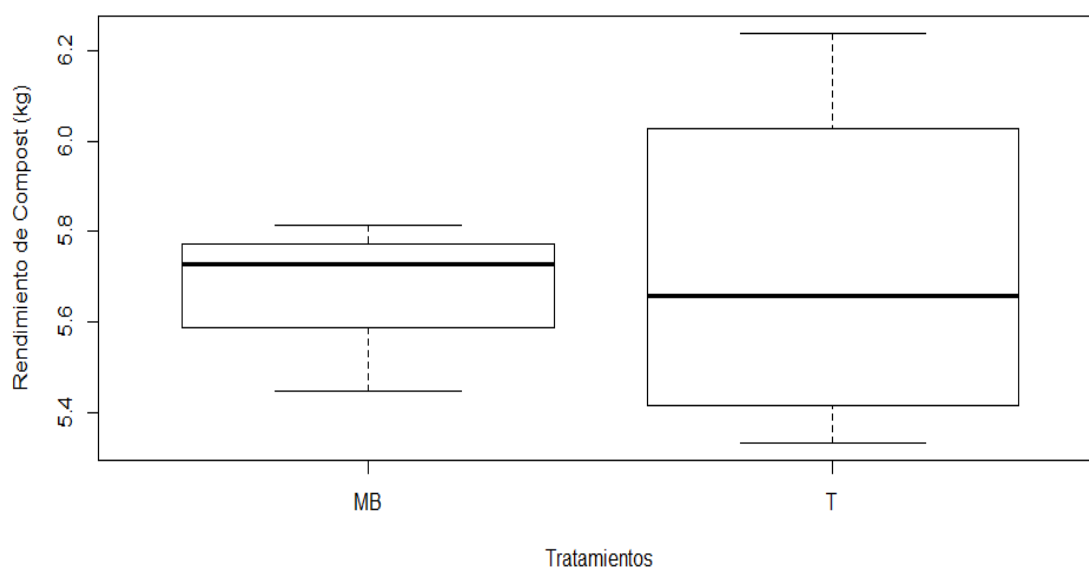
Tratamiento	Peso de Material de Partida (kg)	Peso Final del Compost (kg)	Reducción de Masa (kg)	Reducción de Masa (%)
MB	6,500	5,679	0,821	12,631
T	6,500	5,721	0,779	11,985

**Tabla 14:** Calculo ANOVA de pesos del compost.

Factor de Varianza	SC	CM	F	Pr(>F)	Significancia
Tratamientos	0,0036	0,0036	0,039	0,85	NS
Error	0,55	0,09			
<b>Total</b>	<b>0,5536</b>				

Los rendimientos obtenidos de compost (Figura 37), presentó mayor masa con respecto a la mediana el tratamiento “T”, mientras que el tratamiento “MB” tuvo menor contenido de masa con respecto a la mediana. El mayor rendimiento se obtuvo en “MB” con 12,631 % y “T” con 11,985 % de reducción con respecto a su peso inicial; no obstante, no existe diferencias significativas entre los tratamientos. Del mismo modo, el contenido de ácidos húmicos fue mayor para la inoculación de microorganismos benéficos con 2,9 % en comparación al tratamiento testigo con 2,3 %.

Para un adecuado proceso de descomposición debe encontrarse entre un rango de 20 % a 30 % de reducción el material compostado (Gordillo, 2010). No obstante, la transformación de los residuos orgánicos varía según su estructura física y química, de los tipos de microorganismos que actúan y de las condiciones ambientales del proceso como: humedad, aireación, temperatura y pH (Zuconi & De Bertoldi, 1987). Estas respuestas indican que, con la adición de microorganismos benéficos aceleran el proceso de compostaje (Naranjo, 2013), los mismos que, no influyeron significativamente en el peso final del compost.



**Figura 37:** Rendimiento de compost final a partir de residuos orgánicos domiciliarios.

### b. pH

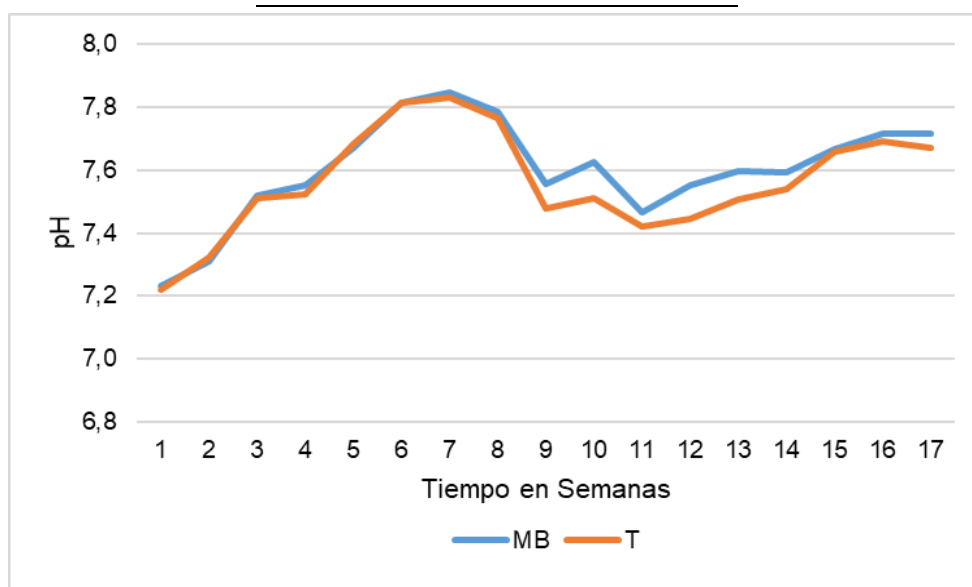
Para esta variable se tomó en el centro y extremos de las cajas de compostaje de cada tratamiento, datos que se registraron todos los días durante 17 semanas.

#### **pH registrado en los extremos de cada caja de compostaje**

En la tabla 15 se encuentran los resultados del pH promedio que se registraron en el desarrollo del compostaje. Los tratamientos al inicio del proceso son cercanos a 7, con el pasar de las semanas se observa (Figura 38) que las curvas de los tratamientos ascendieron a un pH básico de 7,8 para luego descender hasta un 7,5 y finalmente estabilizarse en un nivel de 7,7.

**Tabla 15:** Promedio del pH en los extremos de los tratamientos.

Semanas	MB	T
1	7,2	7,2
2	7,3	7,3
3	7,5	7,5
4	7,6	7,5
5	7,7	7,7
6	7,8	7,8
7	7,8	7,8
8	7,8	7,8
9	7,6	7,5
10	7,6	7,5
11	7,5	7,4
12	7,6	7,4
13	7,6	7,5
14	7,6	7,5
15	7,7	7,7
16	7,7	7,7
17	7,7	7,7



**Figura 38:** Comportamiento del pH en los extremos de las cajas de compostaje.

Con un pH final de 7,7 los resultados muestran que el proceso fue el adecuado con un efecto deseable de calidad; debido a que Suler & Finstein (1977), investigaron las relaciones de pH, aireación y microorganismos predominantes en el proceso, y concluyeron que la descomposición orgánica se inhabilita a pH bajos, por lo que si el pH se mantiene por arriba de 7,5 durante el proceso es indicio de una buena descomposición.

Los cambios del pH en el compostaje se dan en tres etapas. En la primera parte (mesófila) el pH disminuye por el metabolismo de los microorganismos en los elementos orgánicos como azúcares, liberando ácidos orgánicos (Bueno et al., 2008). En la segunda parte

(termófila) alcanza la alcalinidad por la reducción de ácidos orgánicos y a la volatilización de amoníaco derivados de la degradación de polímeros, y en la tercera parte (mesófila II), el pH se neutraliza por la formación de sustancias húmicas (Campos-Rodríguez, Brenes-Peralta, & Jiménez-Morales, 2016).

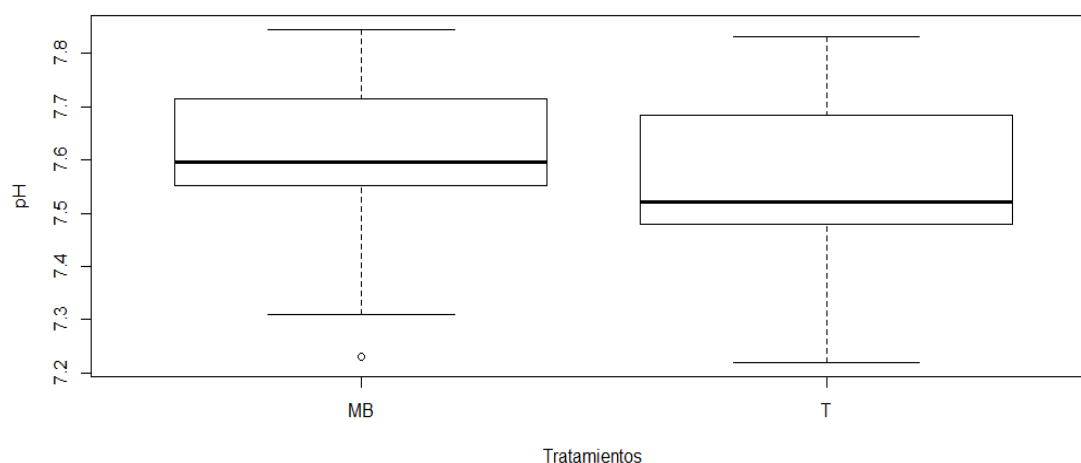
### Estadístico descriptivo

Los datos evaluados de pH de los tratamientos tienden a la neutralidad, ya que sus mínimos registran valores de 7,22 y máximos de 7,85; en las medidas de centralidad no presentan significancia (Tabla 16). Asimismo, sus coeficientes de variación son de 2,15 % y 2,23 % para los tratamientos “MB” y “T”, por lo cual demuestra que los valores presentan homogeneidad.

**Tabla 16:** Análisis descriptivo de pH de los extremos de las cajas de compostaje.

Medidas Descriptivas	Tratamientos	
	MB	T
Media	7,6	7,56
Mediana	7,60	7,52
Max	7,85	7,83
Min	7,23	7,22
sd	0,16	0,17
cv %	2,15	2,23

El resultado de la prueba ANOVA fue de  $p= 0,526$ , indicando que no existe significativa diferencia entre los tratamientos (Figura 39). Menciona Naranjo (2013), que la aplicación de microorganismos benéficos cumplen principalmente la función de reducir el tiempo de compostaje y aportar mayores nutrientes disponibles al compost, pero no inciden esencialmente en el comportamiento del pH.



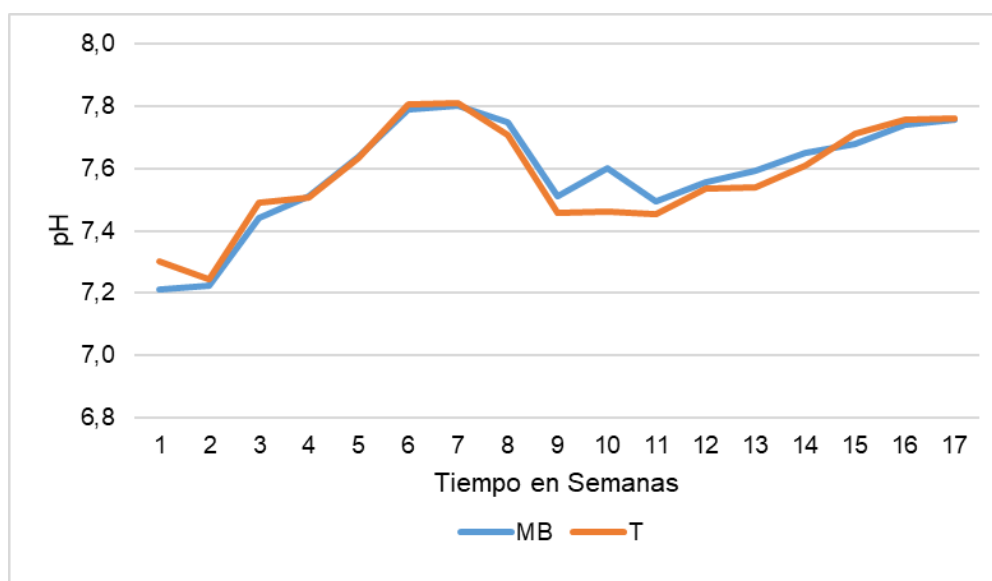
**Figura 39:** Resultados de diferencias de pH en los extremos de los tratamientos.

### pH registrados en el centro de cada caja de compostaje

Los resultados de pH obtenidos en el centro de los tratamientos registran inicialmente valores de 7,2 y 7,3; para luego en el transcurso de las semanas ascender a 7,8 y, a partir de la novena semana hubo un descenso hasta la semana 14, originando una fase de maduración y finalmente ascendió a un pH estable de 7,8 para su cosecha.

**Tabla 17:** Promedio del pH en el centro de los tratamientos.

Semanas	MB	T
1	7,2	7,3
2	7,2	7,2
3	7,4	7,5
4	7,5	7,5
5	7,6	7,6
6	7,8	7,8
7	7,8	7,8
8	7,8	7,7
9	7,5	7,5
10	7,6	7,5
11	7,5	7,5
12	7,6	7,5
13	7,6	7,5
14	7,7	7,6
15	7,7	7,7
16	7,7	7,8
17	7,8	7,8



**Figura 40:** Comportamiento del pH en el centro de las cajas de compostaje.

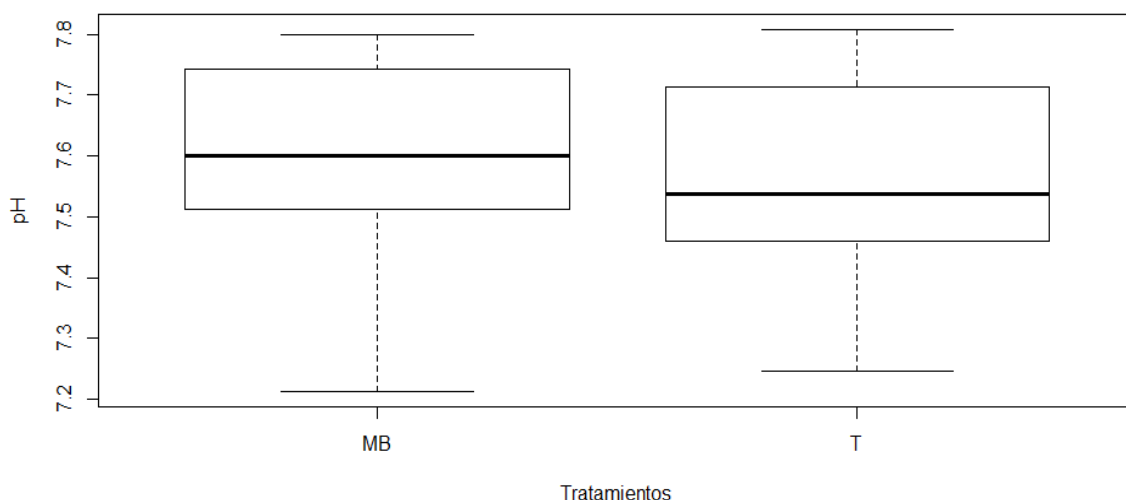
Los resultados muestran que no existen pH ácidos que generen condiciones anaerobias y limiten la actividad microbiana (Bejarano & Delgadillo, 2007), por lo que el proceso avanzó adecuadamente (Figura 40). De acuerdo a la norma chilena (2003) para compost establece un pH óptimo de 5 a 8,5 y la Organización Mundial de la Salud (1999) establece un intervalo de 6,5 a 8; deduciendo así que los compost “MB” y “T” se encuentran dentro de lo establecido con valores de 7,8. Un pH normal mejora los procesos de descomposición, mineralización y transformación de la materia orgánica (Pillco, 2020).

### Estadístico descriptivo

El pH mantiene un similar comportamiento registrado en los extremos, los valores se acercan a la neutralidad con una media de 7,59 “MB” y 7,58 “T”, cuyas medidas de centralidad y dispersión no representan significancia entre los tratamientos (Tabla 18). El cálculo ANOVA definió un p-valor = 0,871, lo cual demuestra que los tratamientos no son significativos. En la figura 41 los diagramas de caja (boxplot) de los tratamientos se mantienen análogamente, por tanto, la aplicación de microorganismos benéficos no incide significativamente en la variable del pH.

**Tabla 18:** Análisis descriptivo de pH del centro de las cajas de compostaje.

Medidas Descriptivas	Tratamientos	
	MB	T
Media	7,59	7,58
Mediana	7,60	7,54
Max	7,8	7,81
Min	7,21	7,25
sd	0,18	0,17
cv %	2,32	2,23



**Figura 41:** Resultados de diferencias de pH en el centro de los tratamientos.

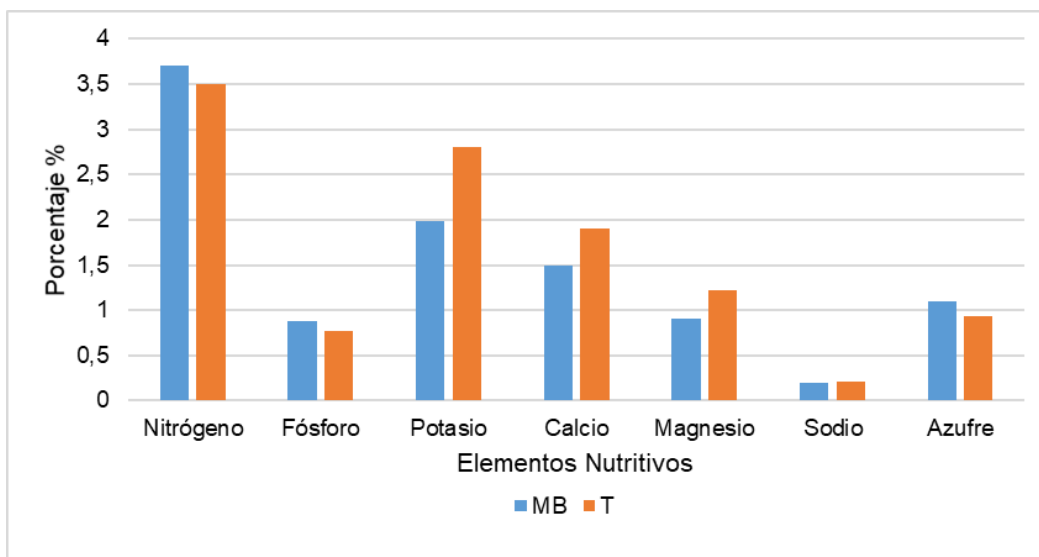
### c. Macroelementos

Las más altas concentraciones de nitrógeno (3,7 %), fósforo (0,88 %) y azufre (1,1 %), fueron para el tratamiento enriquecido con microorganismos benéficos, mientras los más altos porcentajes de potasio (2,8 %), calcio (1,9 %), magnesio (1,22 %) y sodio (0,21 %) se constató en el compost testigo (Tabla 19). En la figura 42 se observa la diferencia del contenido de elementos nutritivos en el compost, comparando con lo que indica la norma chilena (2003) para un compost maduro, establece que el nitrógeno debe ser mayor o igual a 0,8 %, fósforo mayor o igual a 0,1 % y sodio menor al 1 %. Los tratamientos estudiados están dentro de lo establecido por la norma.

Según la Organización Mundial de la Salud (1999) el potasio está entre 0,5 % a 1,8 %, para considerar un compost de clase A; sin embargo, de los tratamientos “MB” y “T”, el que se aproxima al rango establecido por la norma es el de microorganismos benéficos 1,99 %. Asimismo, (Jacob & Uexkull, 1961; Martinez, Gutierrez, & Novo, 2011) mencionan que el contenido de calcio en un compost varía entre 0,2 a 8%, los resultados muestran que los dos compost se encuentran dentro del rango con 1,5 % “MB” y 1,9 % “T”. Los mismos autores mencionan que el magnesio se encuentra en valores inferiores al 1 %, siendo así, el compost “MB” es el único que oscila en lo establecido con 0,9 %. Esto indica que los microorganismos y las plantas pueden absorber bien estos elementos (Suárez, 2014).

**Tabla 19:** Macroelementos presentes en el compost.

<b>Elementos Nutritivos (%)</b>	<b>Tratamientos</b>	
	<b>MB</b>	<b>T</b>
Nitrógeno	3,7	3,5
Fósforo	0,88	0,77
Potasio	1,99	2,8
Calcio	1,5	1,9
Magnesio	0,9	1,22
Sodio	0,19	0,21
Azufre	1,1	0,93



**Figura 42:** Variación en porcentaje de los macroelementos presentes en el compost.

#### d. Micronutrientes

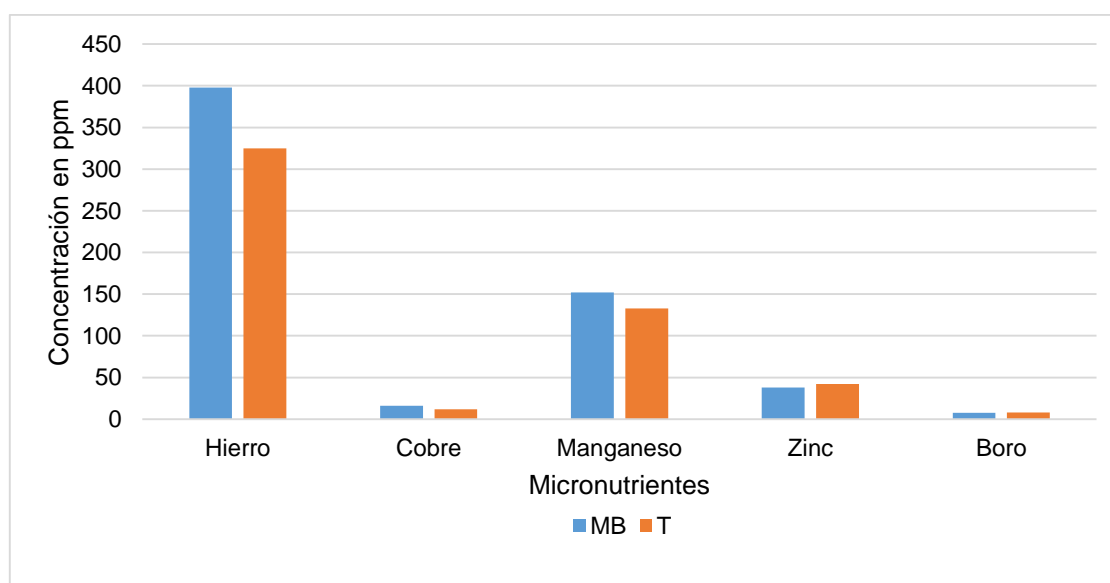
La presencia de micronutrientes fue variable entre los tratamientos (Figura 43). Las mayores concentraciones de hierro (398 ppm), cobre (16 ppm) y manganeso (152 ppm) fueron para el compost “MB”. El mayor contenido de zinc (42 ppm) y boro (8 ppm) se registró en el compost “T” (Tabla 20).

Según la norma chilena (2003) la máxima concentración para el zinc es menor a 200 ppm, boro menor a 200 ppm y del cobre menor a 100 ppm, por lo que los resultados de este estudio se encuentran en lo establecido; valores que se corroboran con lo expuesto por (Jacob & Uexkull, 1961; Martinez et al., 2011) que, según lo óptimo para el cobre, zinc y hierro los valores deben ser menor a 1 %, siendo así, los compost (MB y T) tienen los valores menores indicados por los autores: 16 ppm/0,0016 %; 12 ppm/0,0012 %; 38 ppm/0,0038 %; 42 ppm/0,0042 %; 398 ppm/0,0398 %; y 325 ppm/0,0325 % respectivamente.

Por tanto, se deduce que los tratamientos se encuentran dentro de los establecido por las normas, es decir, que los compost “MB” y “T” tienen calidad, no obstante, el de mejor concentración de elementos nutritivos es el compost enriquecido con microorganismos benéficos. Los mismos que cumplen una función importante en la síntesis de enzimas y en la actividad metabólica de los microbianos (Bueno et al., 2008; Suárez, 2014). Sostiene Sánchez et al., (2017) que incorporar microorganismos benéficos en el sistema de compostaje, incide en el aumento de micronutrientes en el compost, quedando listos para ser asimilados por las especies vegetales.

**Tabla 20:** Micronutrientes presentes en el compost.

Elementos Nutritivos (ppm)	Tratamientos	
	MB	T
Hierro	398	325
Cobre	16	12
Manganeso	152	133
Zinc	38	42
Boro	7,7	8



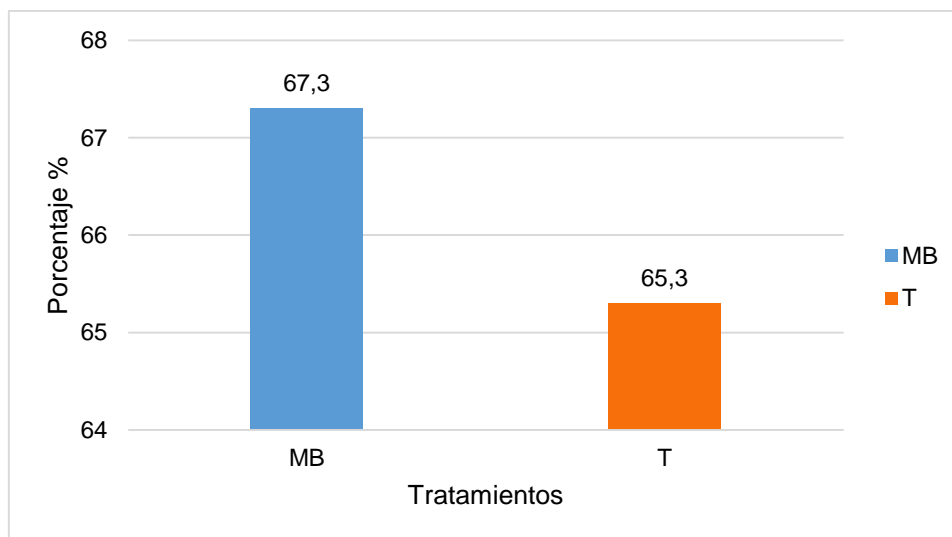
**Figura 43:** Concentración de micronutrientes presentes en el compost (ppm).

#### e. Materia orgánica

Los resultados de materia orgánica obtenida en el análisis de laboratorio (Figura 44) determinó que el compost “MB” presentó mayor concentración con 67,3 %, mientras que el testigo registró menor contenido 65,3 %. Según la Organización Mundial de la Salud (1999) el contenido de materia orgánica varía entre 25 % a 50 %, cuyos valores obtenidos en los dos tratamientos superan lo recomendado. Pero de acuerdo a la norma chilena (2003) para que sea un compost de clase A debe ser mayor o igual a 45 %, por lo cual los dos tratamientos cumplirían con lo establecido.

Manifiesta Pillco (2020) que la alta concentración de materia orgánica refleja calidad en el compost y considera que es señal de la cantidad de carbono orgánico que suministrará a la tierra y a las plantas. Asimismo, Lescano (2015) expone que la concentración de materia orgánica aumenta mediante la inoculación de microorganismos eficientes conformados por microorganismos benéficos y así como también, a los materiales a compostar y a la evolución de temperatura, humedad, oxígeno, nutrientes, pH, etc. De acuerdo a Nuñez (1992) afirma que los microorganismos como actinomicetos, bacterias y hongos, en

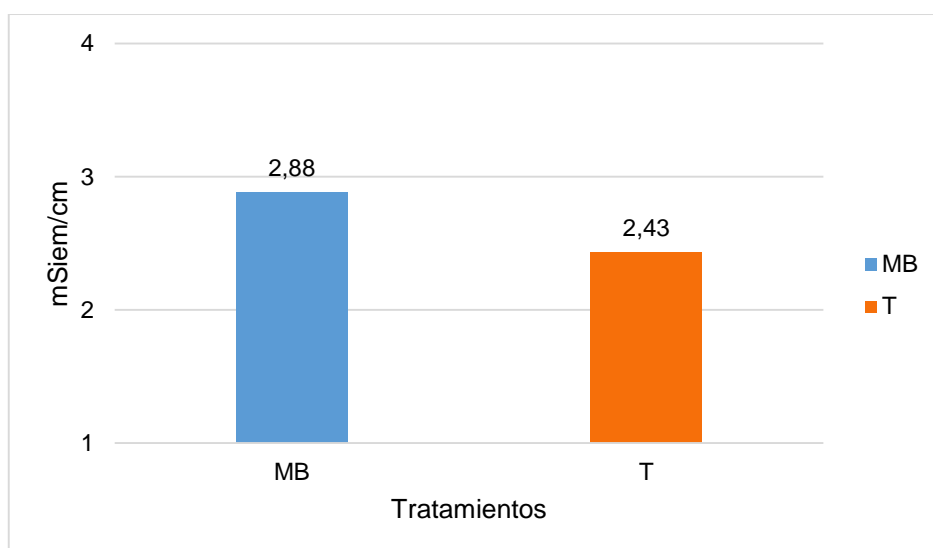
condiciones equilibradas pueden proveer importantes aumentos de materia orgánica para mejorar la fertilidad del suelo.



**Figura 44:** Concentración de materia orgánica presente en el compost (%).

#### f. Conductividad eléctrica

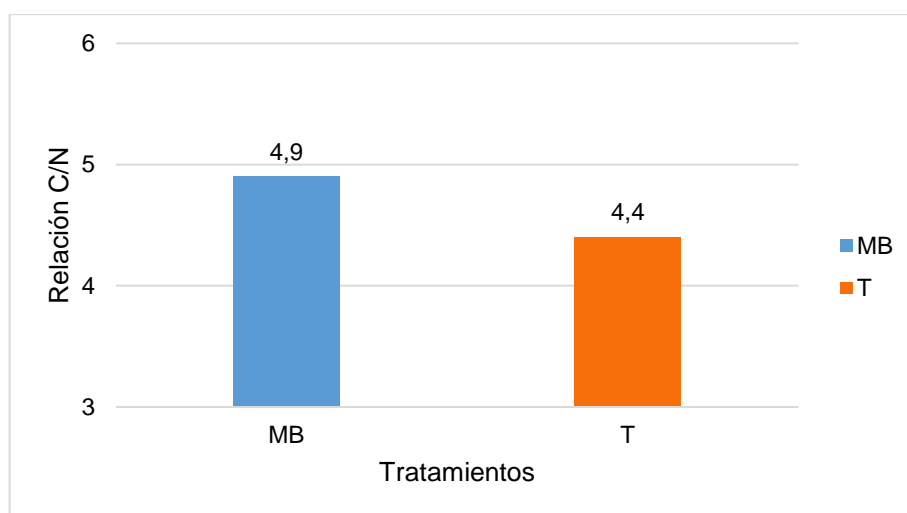
De acuerdo a los resultados (Figura 45), la más alta concentración fue del compost “MB” con 2,88 (mSiem/cm) y menor el compost testigo con 2,43 (mSiem/cm), comparando con la norma chilena (2003) para un compost estable indica una conductividad eléctrica menor a 3 dS/m, por lo cual están dentro del rango normal. La conductividad eléctrica del compost se define por el tipo de material de partida, principalmente por su contenido de sales y en menor estado por la presencia de iones amonio o nitrato subproductos del proceso (Bueno et al., 2008).



**Figura 45:** Concentración de conductividad eléctrica presente en el compost (mSiem/cm).

### g. Relación carbono/nitrógeno

Se evidencia en la relación C/N obtenida (Figura 46), un valor de 4,9 para el compost "MB" y 4,4 del compost testigo, comparando con la norma chilena (2003) para un compost clase A establece una relación C/N entre 10 a 20, los resultados se encuentran por debajo de lo establecido. Sin embargo, Lescano (2015) sostiene que en general una relación C/N más baja indica que el compost está maduro y estable, siendo este un indicativo de los resultados de los tratamientos como un compost de calidad. Por tanto, una baja relación C/N en el final del proceso de compostaje es efectivo, siendo un criterio de la estabilidad del compost (Rafael, 2015).



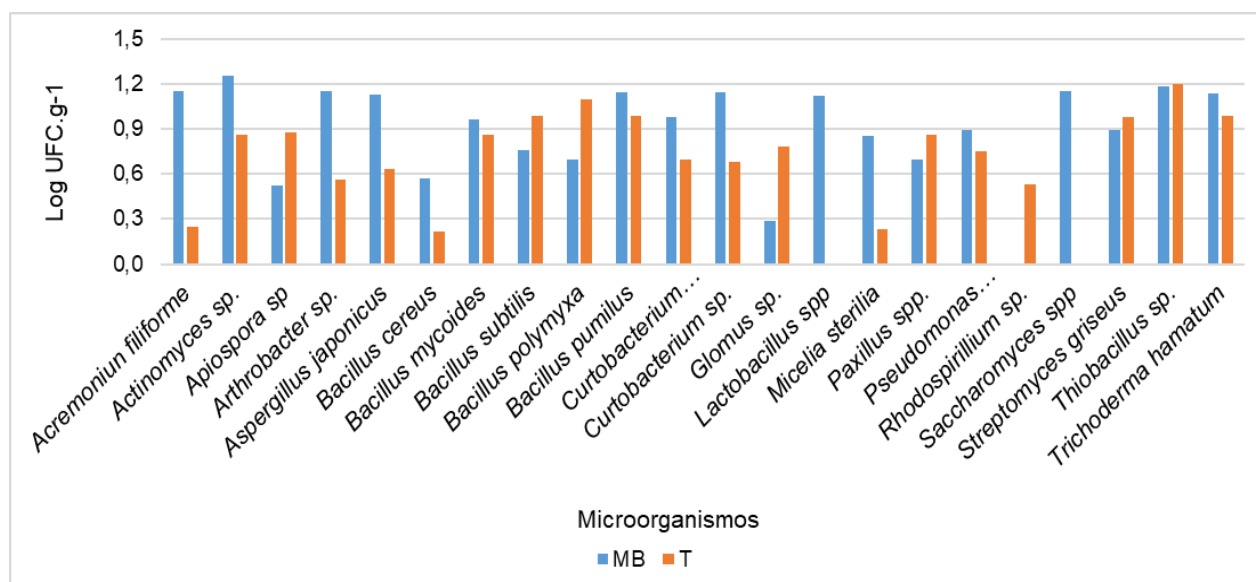
**Figura 46:** Relación Carbono/Nitrógeno presente en el compost final obtenido.

### 4.3 Características biológicas

La Tabla 21 demuestra los diferentes microorganismos presentes en el compost.

**Tabla 21:** Microorganismos presentes en el compost.

Microorganismos (Log UFC.g <sup>-1</sup> )	MB	T
<i>Acremonium filiforme</i>	1,1524574	0,2512452
<i>Actinomyces sp.</i>	1,2548517	0,8652145
<i>Apiospora sp</i>	0,5213214	0,8798758
<i>Arthrobacter sp.</i>	1,1547421	0,5632147
<i>Aspergillus japonicus</i>	1,1321542	0,6325689
<i>Bacillus cereus</i>	0,5685421	0,2154334
<i>Bacillus mycoides</i>	0,9657415	0,8652145
<i>Bacillus subtilis</i>	0,7652143	0,9865484
<i>Bacillus polymyxa</i>	0,6985485	1,1023548
<i>Bacillus pumilus</i>	1,1457313	0,9865487
<i>Curtobacterium flacumafaciens</i>	0,9861372	0,6958431
<i>Curtobacterium sp.</i>	1,1465215	0,6854573
<i>Glomus sp.</i>	0,2846202	0,7845324
<i>Lactobacillus spp</i>	1,1247513	0
<i>Micelia sterilia</i>	0,8546572	0,2358475
<i>Paxillus spp.</i>	0,6987843	0,8654214
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,8954121	0,7512483
<i>Rhodospirillum sp.</i>	0	0,5321485
<i>Saccharomyces spp</i>	1,15845217	0
<i>Streptomyces griseus</i>	0,8985462	0,9856422
<i>Thiobacillus sp.</i>	1,1874527	1,2015485
<i>Trichoderma hamatum</i>	1,1425843	0,9865124



**Figura 47:** Análisis microbiano del compost de los dos tratamientos.

En los dos tratamientos se registró la presencia de: *Acremonium filiforme*, *Actinomyces sp.*, *Apiospora sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Aspergillus japonicus*, *Bacillus cereus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus pumilus*, *Curtobacterium flacumafaciens*,

*Curtobacterium sp.*, *Glomus sp.*, *Lactobacillus spp.*, *Micelia sterilia*, *Paxillus spp.*, *Pseudomonas fluorescens*, *Rhodospirillum sp.*, *Saccharomyces spp.*, *Streptomyces griseus*, *Thiobacillus sp.* y *Trichoderma hamatum* (Tabla 21). No obstante, en el compost inoculado con microorganismos benéficos presentó mayor carga en relación con el testigo (Figura 47).

*Lactobacillus spp.* y *Saccharomyces spp.* no se registraron en el compost testigo, mientras que la bacteria fijadora de nitrógeno *Rhodospirillum sp.* es ausente en el compost "MB". El microorganismo *Actinomyces sp.*, con 1,2548517 (log UFC.g<sup>-1</sup>) se determinó con mayor presencia en el compost "MB" en relación con los otros microorganismos. Asimismo, en el compost "MB" sobresalieron en concentraciones *Acremonium filiforme* 1,1524574 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Arthrobacter sp.* 1,1547421 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Aspergillus japonicus* 1,1321542 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Bacillus pumilus* 1,1457313 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Curtobacterium sp.* 1,1465215 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Trichoderma hamatum* 1,1425843 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Lactobacillus spp.* 1,1247513 (log UFC.g<sup>-1</sup>) y *Saccharomyces spp.* 1,15845217 (log UFC.g<sup>-1</sup>), en más baja agrupación se registró *Glomus sp.* 0,2846202 (log UFC.g<sup>-1</sup>).

En el compost testigo se registró en la más alta concentración *Apiospora sp* 0,8798758 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Bacillus subtilis* 0,9865484 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Bacillus polymyxa* 1,1023548 (log UFC.g<sup>-1</sup>) y *Thiobacillus sp.* 1,2015485 (log UFC.g<sup>-1</sup>), el más bajo en concentración es *Bacillus cereus* 0,2154334 (log UFC.g<sup>-1</sup>). Por lo tanto, el tratamiento con mayor concentración de microorganismos es el compost "MB" con respecto al testigo.

El aspecto primordial del apareamiento de numerosos y diversos microorganismos es el manejo que se realiza en todo el periodo de compostaje de los residuos orgánicos (Rafael, 2015) y a la inoculación de microbianos beneficiosos (Vásquez, 2008). El compost aporta buena energía para incentivar el funcionamiento microbiano, al existir condiciones equilibradas de oxígeno, humedad, porosidad, pH y otros, lo cual aumenta y diversifica la flora microbiana (Yáñez, 2014).

#### **4.4 Determinación de generación per cápita**

La tabla 22 muestra la población existente de 17 domicilios para la apreciación de la generación per cápita, con un total de 71 habitantes.

**Tabla 22:** Número de habitantes de los domicilios en el cantón La Troncal.

<b>Población Existente</b>	
<b>Domicilios</b>	<b>Número de habitantes por domicilio</b>
D1	4
D2	2
D3	3
D4	4
D5	5
D6	6
D7	5
D8	4
D9	5
D10	4
D11	5
D12	3
D13	4
D14	4
D15	8
D16	3
D17	2
<b>Total Habitantes</b>	<b>71</b>

D=domicilio

**Tabla 23:** Generación de residuos orgánicos domiciliarios en el cantón La Troncal.

<b>GENERACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS</b>														
N°	Domicilios Códigos	Semana 1 (kg)			Semana 2 (kg)			Semana 3 (kg)			Semana 4 (kg)			Total (Kg)
		Martes 10/11/20	Jueves 12/11/20	Sábado 14/11/20	Martes 17/11/20	Jueves 19/11/20	Sábado 21/11/20	Martes 24/11/20	Jueves 26/11/20	Sábado 28/11/20	Martes 1/12/20	Jueves 3/12/20	Sábado 5/12/20	
1	D1	6,735	1,785	0,170	1,474	0,652	1,445	3,628	1,616	3,628	0,425	1,105	1,701	24,364
2	D2	2,922	1,133	1,500	0,340	0,454	0,907	1,247	1,138	4,875	1,701	1,927	2,834	20,978
3	D3	0,909	1,022	0,453	0,453	0,963	0,510	0,907	0,510	0,680	0,566	1,134	1,020	9,127
4	D4	2,450	5,596	3,599	1,190	2,126	4,280	3,742	1,417	2,948	1,814	1,814	1,020	31,996
5	D5	2,523	0,793	0,056	1,814	1,871	1,134	0,227	0,624	0,340	0,340	0,368	-	10,09
6	D6	0,425	1,247	1,020	1,454	0,510	2,466	0,850	0,964	1,247	1,530	1,361	0,368	13,442
7	D7	2,931	4,761	0,793	3,628	2,069	1,814	4,421	3,883	7,375	3,515	3,231	2,324	40,745
8	D8	5,040	0,510	-	3,287	1,474	0,453	2,891	1,615	2,239	2,098	1,927	2,154	23,688
9	D9	8,400	1,643	2,041	8,390	4,705	4,535	3,968	1,304	6,803	3,855	3,938	5,215	54,797
10	D10	1,769	2,012	2,721	3,656	3,175	2,041	4,081	2,268	3,628	4,625	0,595	2,721	33,292
11	D11	1,077	1,814	0,623	1,474	2,722	1,446	2,863	2,721	3,514	2,041	1,474	2,154	23,923
12	D12	3,175	1,814	2,608	3,005	2,523	1,247	1,275	1,927	1,587	1,247	1,531	1,927	23,866
13	D13	1,247	1,420	1,275	0,652	2,721	2,494	0,368	0,283	0,566	1,587	1,531	1,077	15,221
14	D14	1,871	0,765	2,636	0,680	1,360	2,381	0,368	1,134	0,624	1,162	1,361	1,162	15,504
15	D15	5,981	3,295	3,061	4,422	3,628	5,442	4,507	1,644	2,608	4,308	2,381	2,098	43,375
16	D16	0,411	1,701	0,567	0,822	1,049	0,340	0,624	0,652	-	1,361	0,340	1,814	9,681
17	D17	1,389	1,079	0,964	1,558	1,105	2,668	0,794	1,388	3,175	2,380	1,361	1,417	19,278
<b>Suma Total (kg)</b>		<b>49,255</b>	<b>32,390</b>	<b>24,087</b>	<b>38,299</b>	<b>33,107</b>	<b>35,603</b>	<b>36,761</b>	<b>25,088</b>	<b>45,837</b>	<b>34,555</b>	<b>27,379</b>	<b>31,006</b>	<b>413,367</b>

Los resultados de los registros de pesos de residuos orgánicos domiciliarios durante cuatro semanas sumo un total de 413,367 kg (Tabla 23). En la tabla 24 se evidencia la determinación de la generación per cápita con respecto a los residuos orgánicos domiciliarios.

**Tabla 24:** Generación per cápita de residuos orgánicos domiciliarios en el cantón La Troncal.

<b>Cantidad total de residuos orgánicos generados</b>	<b>413,367</b>	Kg
<b>Número total de habitantes</b>	71	hab
<b>Número total de días</b>	28	días
<b>Generación per cápita</b>	<b>0,208</b>	Kg/hab.día

En La Troncal se evidencia según los resultados que se generan 0,208 kg/hab.día de residuos orgánicos, cantidad baja que puede ser aprovechada para elaborar compost desde los hogares y de acuerdo a lo estudiado en la investigación, la inoculación de microorganismos benéficos muestra una alternativa positiva en el tratamiento de los residuos orgánicos.

La población del cantón La Troncal es de 76.872 habitantes (INEC, 2010), cifra que nos permitió establecer una relación con los residuos orgánicos generados por día en el estudio, cuyo resultado es de 447.554,19 kg/mes de residuos orgánicos domiciliarios generados de toda la población, se estimó así, una producción de 179.021,68 kg de compost cada tres meses. Por lo que, se podría llevar como proyecto municipal el aprovechamiento de los residuos orgánicos domiciliarios del cantón La Troncal.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

- La temperatura y humedad en los dos tratamientos durante el proceso de descomposición orgánica no tuvo diferencias significativas, es decir, que trabajaron al mismo ritmo el tratamiento MB y el testigo, por lo que los microorganismos benéficos no inciden en estos factores. Asimismo, se determinó el color y olor de acuerdo a las normas como un compost de clase A en los dos tratamientos.
- El pH factor importante en el proceso de compostaje, tuvo un comportamiento similar en los dos tratamientos y fue acorde al proceso normal del compostaje en una fase neutral. Por tanto, se concluye que demuestra un buen desarrollo microbiano y que los microorganismos benéficos no inciden directamente en este factor.
- El tratamiento con microorganismos benéficos presentó mayor rendimiento de compost con respecto al testigo.
- Se evidenció una alta concentración de materia orgánica en los dos tratamientos, con 65,7 para el tratamiento “MB” y testigo con 65,3. Por lo que demuestra un buen desarrollo microbiano y manejo del compostaje, en efecto, según la norma chilena (NCh2880 2003) se estableció como un compost de clase A para los dos tratamientos.
- La aplicación de microorganismos benéficos aumenta y mejora la concentración de macro y micronutrientes en el compost con respecto al testigo. De los cuales están: nitrógeno (3,7 %), fósforo (0,88 %), potasio (1,99 %), magnesio (0,9 %), azufre (1,1 %), hierro (398 ppm), cobre (16 ppm) y manganeso (152 ppm).
- Los microorganismos benéficos inciden en la mayor concentración de ácidos húmicos, lo que se verifica en la mayor aceleración de la descomposición orgánica del tratamiento “MB” con respecto al testigo.
- Los dos tratamientos mostraron madurez y calidad de acuerdo a la norma chilena (NCh2880 2003), OMS y a los autores (Jacob & Uexkull, 1961; Martinez et al., 2011), puesto que se pueden utilizar para enriquecer el suelo y cultivos.
- La aplicación de microorganismos benéficos aumenta la carga y diversidad microbiana con respecto al testigo. Tal cual, se evidencia la única presencia de *Actinomyces sp.*, *Lactobacillus spp.* y *Saccharomyces spp.*
- Existe una cantidad pequeña de residuos orgánicos generados al día en el cantón La Troncal 0,208 kg/hab.día, por lo que se puede utilizar para un proceso de compostaje en los hogares y contrarrestar el volumen de residuos sólidos en el vertedero.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. RECOMENDACIONES**

- Desarrollar el compostaje de los residuos orgánicos domiciliarios con la aplicación de microorganismos benéficos como incentivo de proyectos municipales y establecer el costo beneficio del compost producido para su respectiva comercialización.
- Se recomienda evaluar una implementación de composteras en hogares con sus respectivos residuos orgánicos y con la aplicación de microorganismos benéficos.
- Se sugiere estudiar la incidencia del compost enriquecido con microorganismos benéficos en cultivos de hortalizas.
- Evaluar la incidencia de MB obtenidos de varias especies vegetales distintas a la de este estudio, en el proceso de compostaje domiciliario.
- Se recomienda otros estudios de tratamientos de residuos orgánicos domiciliarios donde se inoculen microorganismos benéficos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez-Vera, M, Vázquez, J., Castillo, J., Tuca, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Potential of the flora of the province of Azuay (Ecuador) as a source of beneficial microorganisms. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 561–568. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.12>
- Alvarez-Vera, Manuel, Largo, A., Iglesias-Abad, S., & Castillo, J. (2019). Quality of compost obtained from hen manure, with application of beneficial microorganisms. *Scientia Agropecuaria*, 10(3), 353–361. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.03.05>
- Alvarez, J. M. (2010). *Manual de Compostaje para Agricultura Ecológica. Compostaje para Agricultura Ecológica*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20182.24647>
- Alvarez, M. (2018). *Caracterización de microorganismos benéficos provenientes de tres pisos altitudinales de Azuay - Ecuador y su influencia en el cultivo de fresa* (Tesis doctoral). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3097>
- Alvarez, Manuel, Tuca, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidence of the inoculation of beneficial microorganisms in the strawberry (*Fragaria* sp.) crop. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33–42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>
- Alvaro, M., & Olives, A. (2013). *Identificación del potencial aprovechable de los residuos sólidos orgánicos que se generan en mercados, supermercados, parques, jardines y diferentes sectores industriales de la zona Sur del distrito metropolitano de Quito* (Tesis de ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Retrieved from <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- AME-INEC. (2020). *Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Gestión de Residuos Sólidos 2019*. Retrieved from [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2019/Residuos\\_solidos\\_2019/PRESENTACION\\_RESIDUOS\\_2019.pptxV06.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2019/Residuos_solidos_2019/PRESENTACION_RESIDUOS_2019.pptxV06.pdf)
- Arias, A. (2010). Microorganismos Eficientes Y Su Beneficio Para La Agricultura Y El Medio Ambiente. *Journal De Ciencia E Ingeniería*, 02(02), 42–45. Retrieved from <http://jci.uniautonoma.edu.co/2010/2010-7.pdf>
- Arrigoni, J. (2011). *Evaluación del desempeño de diferentes prototipos de compostadores en el tratamiento de residuos orgánicos* (Tesis de maestría). Universidad Nacional del

- Comahue, Neuquén. Retrieved from [https://www.academia.edu/26863127/Evaluación\\_del\\_desempeño\\_de\\_diferentes\\_prototipos\\_de\\_compostadores\\_en\\_el\\_tratamiento\\_de\\_residuos\\_organicos\\_Tesis\\_de\\_Maestría](https://www.academia.edu/26863127/Evaluación_del_desempeño_de_diferentes_prototipos_de_compostadores_en_el_tratamiento_de_residuos_organicos_Tesis_de_Maestría)
- Ascázubi, E. (2011). *Evaluación de seis combinaciones de compost de material vegetal de rosas enriquecido con Machachi-Cat utilizando como planta indicadora la remolacha* (Tesis de ingeniería). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí, Ecuador. Retrieved from [http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5109/1/T-ESPE-IASA\\_II-002396.pdf](http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5109/1/T-ESPE-IASA_II-002396.pdf)
- Aveiga, E., Alcívar, R., Cañarte, F., & Vera, H. (2016). Uso de biopreparados en el compostaje de residuos orgánicos urbanos. *Revista Espamciencia*, 7(2), 135–142. Retrieved from [http://espamciencia.espam.edu.ec/index.php/Revista\\_ESPAMCIENCIA/article/view/122/123](http://espamciencia.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/122/123)
- Baquero, V. E. (2019). Aprovechamiento de residuos orgánicos residenciales para la generación de abono en Bogotá (Monografía de especialización). Universidad de América, Bogotá. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7254>
- Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso* (Tesis doctoral). Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra. Retrieved from <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Barrera, P., & Otacoma, L. (2017). *Pruebas piloto para una planta de separación y recuperación de materiales a partir de residuos sólidos indiferenciados del cantón Cuenca, provincia del Azuay* (Tesis de ingeniería). Universidad del Azuay, Cuenca.
- Bejarano, E., & Delgadillo, S. (2007). *Evaluación de un tratamiento para la producción de compost a partir de residuos orgánicos provenientes del rancho de comidas del establecimiento carcelario de Bogotá La Modelo por medio de la utilización de microorganismos eficientes (EM)* (Tesis de ingeniería). Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria. Universidad de La Salle, Bogotá.
- Beltrán, C., & Pérez, P. (2020). *Potencial de compostaje de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado mayorista del cantón Ambato* (Tesis de ingeniería). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Borrero, G. (2014). *Estudio comparativo del uso de dos sustratos con inoculos microbiales*

- para el tratamiento de residuos orgánicos sólidos en compostaje doméstico* (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432056>
- Bravo, Y. (2017). *Aprovechamiento de los residuos orgánicos domiciliarios para la obtención de compost utilizando microorganismos eficientes* (Tesis de ingeniería). Universidad Central del Ecuador, Quito. Retrieved from <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/12671/1/T-UCE-0017-0052-2017.pdf>
- Brito, H., Viteri, R., Guevara, L., Villacrés, M., Jara, J., Jiménez, S., ... Parra, C. (2016). "Obtención De Compost A Partir De Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Mercado Mayorista Del Cantón Riobamba." *European Scientific Journal, ESJ*, 12(29), 76–94. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p76>
- Bueno, M. (2008). *Cómo hacer un buen compost. Manual para horticultores ecológicos* (4th ed.). Navarra: La Fertilidad de la Tierra Ediciones.
- Bueno, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2008). Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje. In *Compostaje*. <https://doi.org/10.1002/adma.201604105>
- Cabrera, V., & Rossi, M. (2016). *Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2251>
- Cajahuanca, S. (2016). *Optimización del manejo de residuos orgánicos por medio de la utilización de microorganismos eficientes (Saccharomyces cerevisiae, Aspergillus sp., Lactobacillus sp.) en el proceso de compostaje en la central hidroeléctrica Chaglla* (Tesis de ingeniería). Universidad de Huánuco, Huánuco. Retrieved from [http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/58/TESIS\\_SARA\\_CAJAHUANCA\\_FIGUEROA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/58/TESIS_SARA_CAJAHUANCA_FIGUEROA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Cajamarca, D. (2012). *Procedimientos para la elaboración de abonos orgánicos* (Monografía de ingeniería). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Campos-Rodríguez, R., Brenes-Peralta, L., & Jiménez-Morales, M. F. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología En Marcha*, 25–32. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i8.2982>
- Campos, R., Brenes, L., & Jimenez, M. (2016). Evaluación técnica de dos métodos de

- compostaje para el tratamiento de residuos sólidos biodegradables domiciliarios y su uso en huertas caseras. *Tecnología En Marcha [Online]*, 29(5), 25–32. Retrieved from [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S037939822016000900025&lang=es](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037939822016000900025&lang=es)
- Cantanhede, A., Monge, G., & Wharwood, G. (1993). *Compostificación de residuos de mercados*. Lima. Retrieved from <http://www.resol.com.br/textos/TT935159360.htm>
- Castillo, J. (2015). *Evaluación de la calidad de abonos ecológicos (compost, bokashi Y lumbrifert) elaborados a partir de residuos sólidos orgánicos de la ciudad de El Alto* (Tesis de ingeniería). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia. Retrieved from <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6835/T-2189.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cervantes, J. (2014). *Compostaje Doméstico: Estudio Comparativo Entre Vermicompostaje E Inóculo De Microorganismos Autóctonos* (Tesis de ingeniería). Universidad Pública de Navarra, Navarra, España.
- Chefetz, B., Hatcher, P. G., Hadar, Y., & Chen, Y. (1996). Chemical and Biological Characterization of Organic Matter during Composting of Municipal Solid Waste. *Journal of Environmental Quality*, 25(4), 776–785. <https://doi.org/10.2134/jeq1996.00472425002500040018x>
- Chilon, E. (2013). El compost altoandino como sustento de la fertilidad del suelo frente al cambio climático. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(4), 456–468. Retrieved from [http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4\\_a04.pdf](http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4_a04.pdf)
- Cóndor, A., González, P., & Lokare, C. (2007). Effective Microorganisms: Myth or reality? *Revista Peruana de Biología*, 14(2), 315–319. <https://doi.org/10.15381/rpb.v14i2.1837>
- Cóndor, D. (2019). *Producción de biogás y biol en biodigestores batch a partir de residuos agropecuarios pre-tratados con la técnica de bokashi* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.
- Corrales, L., Caycedo, L., Gómez, M., Ramos, S., & Rodríguez, J. (2017). Bacillus spp: una alternativa para la promoción vegetal por dos caminos enzimáticos. *NOVA*, 15(27), 45–65. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v15n27/1794-2470-nova-15-27-00046.pdf>
- Da Costa, A., da Silva, N., de Sousa, F., da Costa, D., dos Santos, C., & de Sousa, T. (2018). Composting of household organic waste and its effects on growth and mineral

- composition of cherry tomato. *Revista Ambiente e Agua*, 13(3), 1–18. <https://doi.org/10.4136/1980-993X>
- Da Costa, D., Da Silva, N., Da Costa, A., E Lima, C., De Sousa, F., Nascimento, V., ... Navarro, M. (2018). Efecto del compost de residuos orgánicos domiciliarios, vegetales y estiércol en el crecimiento de lechuga. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(2), 464–474. <https://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7902>
- Damián, L. (2018). *Aplicación de tres tratamientos aceleradores para la elaboración de compost de residuos del Mercado Los Cedros, Distrito de Chorrillos, 2018* (Tesis de ingeniería). Universidad César Vallejo, Lima. Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/20516>
- De La Mora, A., Vázquez, F., & Valero, J. (2016). Sucesión bacteriana del género *Bacillus* en el proceso de compostaje y lombricompostaje con diferentes fuentes de estiércol. *Tecnociencia Chihuahua*, X(1), 23–31. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/309479823\\_Sucesion\\_bacteriana\\_del\\_genero\\_Bacillus\\_en\\_el\\_proceso\\_de\\_compostaje\\_y\\_lombricompostaje\\_con\\_diferentes\\_fuentes\\_de\\_estiercol/link/5812689508aea2cf64e25cae/download](https://www.researchgate.net/publication/309479823_Sucesion_bacteriana_del_genero_Bacillus_en_el_proceso_de_compostaje_y_lombricompostaje_con_diferentes_fuentes_de_estiercol/link/5812689508aea2cf64e25cae/download)
- Défaz, G., & Gualoto, H. (2020). *Evaluación de la eficiencia de tres activadores biológicos aplicados a pilas de compostaje ubicadas en la comunidad de San Francisco de Cruz Loma* (Tesis de ingeniería). Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Delgado, O. (2012). *Elaboración de un manual con prácticas agroecológicas enfocándose en la producción de alimentos sanos* (Monografía de ingeniería). Universidad de Cuenca, Cuenca.
- Docampo, R. (2014). *Guía del compostaje en pequeña escala. INIA Las brujas*. Retrieved from <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/3553/1/Rev.INIA-2014-No38-p.46-49.pdf>
- Drechsel, P., & Kunze, D. (2001). *Waste Composting for Urban and Peri-urban Agriculture: Closing the Rural-Urban Nutrient Cycle in Sub-Saharan Africa*. Colombo, Sri Lanka: Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI); Roma, Italia: FAO; Wallingford, Reino Unido: CABI (CABI, Vol. XVII). <https://doi.org/10.1097/00010694-200302000-00010>
- FAO. (2013). *Manual de compostaje del agricultor. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>

- Fernández, A. (2005). La gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el desarrollo sostenible local. *Revista Cubana de Química*, XVII(3), 35–39. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543687013.pdf>
- GAD La Troncal. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón La Troncal 2014-2019. Componente Biofísico*. La Troncal, Cañar.
- Gallardo, K. (2013). *Obtención de compost a partir de residuos orgánicos impermeabilizados con geomembrana* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima. Retrieved from <https://1library.co/document/y96xjjwy-obtencion-compost-partir-residuos-organicos-impermeabilizados-geomembrana.html>
- García, X. (2017). *Tratamiento de los residuos sólidos generados en sanitarios ecológicos mediante el uso de Microorganismos Eficientes en un proceso de compostaje* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2823/Q70-P7-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gordillo, F. (2010). *“Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros”* (Tesis de ingeniería). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil.
- Guasco, J., & Jaramillo, M. (2015). *Obtención de Compost a partir de Activadores Biológicos* (Tesis de ingeniería). Universidad de Cuenca, Cuenca. Retrieved from <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21723/1/TESIS.pdf>
- Haug, R. T. (1993). *The Practical Handbook of Compost Engineering*. (Boca Ratón Florida, Ed.). Lewis Publisher.
- Higa, T., & Parr, J. (1994). *Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. International Nature Farming Research Center*. Atami, Japan.
- Huamani, P. (2019). *“Evaluación de la calidad de compost a base de residuos orgánicos provenientes de la poda de áreas verdes y mercados del Distrito de San Borja”* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima. Retrieved from <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/166>
- Ildelfonso, N., & López, P. (2012). *Determinación de los parámetros técnicos para la obtención de un caldo concentrado a partir de la carne de cuy (Cavia porcellus)* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo.

- INEC. (2010). *Proyección de la Población Ecuatoriana, por años calendario, según cantones 2010-2020*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- INEC. (2015). *Información Ambiental en Hogares*. Retrieved from <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/AmbienteHogares.pdf>
- INEC. (2017). *Módulo de Información Ambiental en Hogares*. Retrieved from [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Hogares/Hogares\\_2017/DOC\\_TEC\\_MOD\\_AMBIENTAL\\_ENEMDU\\_2017.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2017/DOC_TEC_MOD_AMBIENTAL_ENEMDU_2017.pdf)
- INEC. (2020a). *Boletín Técnico N° 02-2019-GAD MUNICIPALES Gestión de Residuos Sólidos*. Retrieved from [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2019/Residuos\\_solidos\\_2019/Boletin\\_Tecnico\\_Residuos\\_2019\\_v05\\_2.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2019/Residuos_solidos_2019/Boletin_Tecnico_Residuos_2019_v05_2.pdf)
- INEC. (2020b). *Información Ambiental en Hogares ESPND 2019*. Retrieved from [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas\\_Ambientales/Hogares/Hogares\\_2019/MOD\\_AMB\\_HOGAR\\_ESPND\\_2019\\_11.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2019/MOD_AMB_HOGAR_ESPND_2019_11.pdf)
- Jacob, A., & Uexkull, H. (1961). *Fertilización. Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales*. Internationales Handelmaatschappij voor Meststof. Amsterdam.
- Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia* (Monografía de especialización). Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Retrieved from <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>
- La Cruz, H. (2019). *Calidad de compost de residuos sólidos orgánicos domiciliarios utilizando aserrín de Eucalyptus globulus Labill y restos de poda jardín Chilca - Huancayo* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Retrieved from [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5442/T010\\_20079183\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5442/T010_20079183_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- La Paeria. (2019). *Relación carbono nitrógeno (C/N) en los abonos orgánicos*. Retrieved from <https://urbanisme.paeria.es/sostenibilitat/fitxers/a21e/RelacioicalculCN.pdf>

- Laich, F. (2011). *El papel de los microorganismos en el proceso de compostaje. Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad del Suelo. Experiencias de fertilización orgánica en platanera.* Santa Cruz de Tenerife. Retrieved from <https://www.icia.es/biomusa/pt/jornadas-y-actividades/jornada-tecnica-sobre-calidad-y-fertilidad-del-suelo/65-el-papel-de-los-microorganismos-en-el-proceso-de-compostaje/file>
- Lanna, N., Silva, P., Colombari, L., Corrêa, C., & Cardoso, A. (2018). Residual effect of organic fertilization on radish production. *Horticultura Brasileira*, 36(1), 47–53. <https://doi.org/10.1590/S0102-053620180108>
- Largo, A. (2019). *Estudio de compost a partir de excretas de aves, con aplicación de microorganismos benéficos en la ciudad de Cuenca* (Tesis de ingeniería). Universidad Católica de Cuenca, Cuenca. Retrieved from <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>
- Lescano, C. (2015). *Efecto de Tres Aceleradores de Degradación en el Tiempo de Compostaje Utilizando Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos en Huanchaco, Trujillo* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo. Retrieved from <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7643>
- López, P. (2013). *Elaboración De Compost a Partir De Cascarilla De Cacao* (Tesis de ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- Manzi Tarapués, V., Rendón Muñoz, L. I., Herrera Rodas, M., Gandini Ayerbe, M. A., & Marmolejo Rebellón, L. F. (2020). Estado De La Valorización De Biorresiduos De Origen Residencial En Grandes Centros Urbanos. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(3), 755–774. <https://doi.org/10.20937/rica.53341>
- Martinez, M., Gutierrez, V., & Novo, R. (2011). *Microbiología aplicada al manejo sustentable de suelos y cultivos.* (USM, Ed.). Universidad Federico Santa Maria, Chile.
- Mendoza, J. (2019). *Diseño de un proceso para la elaboración de un abono orgánico para cacao a partir de los residuos sólidos generados en la empresa GAMAFI ubicada en el cantón La Concordia Parroquia Las Villegas* (Tesis de ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba.
- MMAyA. (2012). *Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos, mediante compostaje y lombricompostaje.* Bolivia. Retrieved from <https://www.kioscoverde.bo/wp-content/uploads/2016/11/Guía-para-el-Aprovechamiento-de-Residuos-Sólidos-Orgánicos.pdf>

- Moreno, J., & Moral, R. (2008). *Compostaje*. Madrid: Mundi-Prensa.
- Mosquera, J. J. (2018). *Valoración de la aplicación de inóculos de microorganismos benéficos (MOBs) en el cultivo de rábano (Raphanus sativus) en la granja experimental-Paute* (Tesis de ingeniería). Universidad Pólitécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca.
- Muñoz, J., Dorado, J., & Pérez, E. (2015). Sistema de compostaje y lombricompostaje aplicado en residuos orgánicos de una galería municipal. *Suelos Ecuatoriales*, 45(2), 72–83. Retrieved from [http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos\\_ecuatoriales/article/view/20](http://unicauca.edu.co/revistas/index.php/suelos_ecuatoriales/article/view/20)
- Naranjo, E. (2013). *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost* (Tesis de ingeniería). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Nauto, R. (2019). *Implementación de composteras en viviendas a partir de residuos orgánicos generados en domicilio en Zona ZV-5 de Cercado de Lima* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima. Retrieved from <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/166>
- NCh2880.c2003. (2003). Compost - Clasificación y requisitos. *Instituto Nacional de Normalización*, 1–27. Retrieved from <http://www.ingeachile.cl/descargas/normativa/agricola/NCH2880.pdf>
- Núñez, A. (1992). *Fertilización química y orgánica en dos especies en condiciones de invernadero*. Universidad Técnica de Ambato.
- O’Ryan, J., & Riffo, M. (2007). *El compostaje y su utilización en agricultura. Manuales FIA de Apoyo a la Formación de Recursos Humanos para la Innovación Agraria*. Santiago-Chile. Retrieved from [http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1907/1/El\\_compostaje\\_y\\_su\\_utilizacion\\_en\\_agricultura.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://bibliotecadigital.fia.cl/bitstream/handle/20.500.11944/1907/1/El_compostaje_y_su_utilizacion_en_agricultura.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Olave, J. (2019). *Tratamiento De Los Residuos Sólidos Domiciliarios Generados En El Asentamiento Humano Villa Alejandro Etapa III Distrito De Lurín, Utilizando La Técnica De Compostaje Y Generación De Microorganismos Benéficos Como Aceleradores De Descomposición* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima. Retrieved from <http://repositorio.untels.edu.pe/handle/UNTELS/166>
- Pacheco. (2009). *Evaluación de la eficacia de la aplicación de inóculos microbiales y de*

- Eissenia fetida* en el proceso de compostaje doméstico de desechos urbanos (Tesis de maestría). Universidad Pública de Navarra, Navarra, España.
- Penagos, J., Adarraga, J., Aguas, D., & Molina, E. (2011). Reducción de los residuos sólidos orgánicos en Colombia por medio del compostaje líquido. *Ingeniare*, (11), 37–44. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6579711>
- Pezzati, M. (2014). *Compostaje en escuelas de Luján* (Monografía de especialización). *Especialización en Gestión de la Tecnología y la Innovación*. Universidad Nacional de Luján, Luján, Argentina. Retrieved from <https://ri.unlu.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/rediunlu/318/Pezzati.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pillco, K. (2020). *Evaluación del proceso de compostaje de residuos orgánicos, aplicando microorganismos eficaces* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional del Antiplano, Puno, Perú. Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12303/Yana\\_Aydee\\_Quispe\\_Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12303/Yana_Aydee_Quispe_Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Quevedo Beltrán, M. A. (2017). *Uso de materiales de soporte en la eficiencia del proceso de compostaje de residuos vegetales de mercado* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3130>
- 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 ingeniería). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3511>
- Revelo, J. (2019). *Propuesta de un plan de manejo integral de residuos sólidos para la población del cantón Piñas, provincia de El Oro* (Tesis de ingeniería). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca.
- Reyes-Ordoñez, H. R., Ortiz-Torres, J. I., Álvarez-Vera, M. S., & Cobos-Torres, J. C. (2020). Evaluación de la degradación de materia orgánica mediante técnicas de visión artificial y sensores. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria KOINONIA*, 5(9), 421–436.
- Rojas, H. (2014). *Estudio del efecto de la aplicación de microorganismos efectivos en la calidad del biol en un proceso de biodigestión anaeróbica* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

- Salazar, T. (2014). Actividad microbiana en el proceso de compostaje aerobio de residuos sólidos orgánicos. *Revista de Investigación Universitaria*, 3(2), 74–84.
- Sanchez, F. (2015). *Evaluación de la producción de compost con microorganismos eficientes en el distrito de Rupa Rupa* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Agraria de La Selva, Tingo María.
- Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., & Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. *Waste Management*, 69, 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>
- Segami Shigyo, M. A. (2018). *Efecto de la aplicación de microorganismos benéficos para el tratamiento de aguas residuales domésticas en un humedal artificial* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3390/segami-shigyo-miki-andrea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Soriano, J. (2016). *Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces-Concepción* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Retrieved from [http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3487%0Ahttp://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3487%0Ahttp://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3487/Soriano%20Vilcahuman.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Suárez Medina, M. A. (2014). *Evaluación del compost de residuos orgánicos domiciliarios con microorganismos efectivos como sustrato para la producción de plántulas* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal.
- Suler, D. J., & Finstein, M. S. (1977). Effect of temperature, aeration, and moisture on CO<sub>2</sub> formation in bench scale, continuously thermophilic composting of solid waste. *Applied and Environmental Microbiology*, 33(2), 345–350. <https://doi.org/10.1128/aem.33.2.345-350.1977>
- Sztern, D., & Pravia, M. (1999). *Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos*. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud (OMS). Retrieved from <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>
- Taco, G., & Taramuel, J. (2018). *Elaboración de una guía técnica para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el mercado municipal de Conocoto* (Tesis de ingeniería). Escuela Politécnica Nacional, Quito. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7556065%0Ahttp://www.pubmedcentral.nih.gov/>

articlerender.fcgi?artid=PMC394507%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.humpath.2017.05.005%0Ahttps://doi.org/10.1007/s00401-018-1825-z%0Ahttp://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157931

- Tolosa, L., & Lizarazo, L. (2014). Microbial Populations Associated with the Rhizosphere and Phyllosphere Plants of Cape Gooseberry ( *Physalis peruviana* L .). *Revista de Ciencias*, 18(2), 27–38.
- Varela, S., & Basil, G. (2011). *Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales. Silvicultura en Vivero, Cuadernillo N° 4*. Retrieved from [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_utilizaciondeenmiendas.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_utilizaciondeenmiendas.pdf)
- Vargas-Pineda, O. I., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2019). El compostaje, una alternativa para el aprovechamiento de residuos orgánicos en las centrales de abastecimiento. *Orinoquia*, 23(1), 111–117. <https://doi.org/10.22579/20112629.575>
- Vargas, Y. (2017). *Calidad de compost producidos a partir de residuos sólidos orgánicos en el Centro de Protección Ambiental “Santa Cruz”, Ciudad de Concepción* (Tesis doctoral). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4145%0Ahttp://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/4145/YtavclerhVargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Varma, V., & Kalamdhad, A. (2014). Stability and microbial community analysis during rotary drum composting of vegetable waste. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3(2), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0052-4>
- Vásquez, D. (2008). *Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos* (Tesis de ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10574/1/96T00524.pdf>
- Vera Rojas, S. P. (2018). *Elaboración De Compost a Partir De Los Residuos Orgánicos Generados En La Limpieza De Planta De La Empresa Copeinca Sac* (Tesis de ingeniería). Universidad Nacional de Piura, Piura. Retrieved from <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1475>
- Vorholt, J. (2012). Vida microbiana en la filósfera. *Nature Reviews Microbiology*. Retrieved from <https://www.nature.com/articles/nrmicro2910#f4>
- Yáñez, Á. (2014). *“Aprovechamiento de los E.M. (Microorganismos eficientes) para mejorar la calidad del abono orgánico tipo compost”* (Tesis de maestría). Universidad Técnica

de Ambato, Ambato. Retrieved from  
<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3>

Zamora, K. (2018). *Comparación de dos tipos de compost tratados con diferentes aceleradores biológicos aprovechando los residuos orgánicos del sector de Pianguapí-Esmeraldas* (Tesis de ingeniería). Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Esmeraldas. Retrieved from  
[https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1743/1/ZAMORA LOOR KAROL ANDREA.pdf](https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/1743/1/ZAMORA_LOOR_KAROL_ANDREA.pdf)

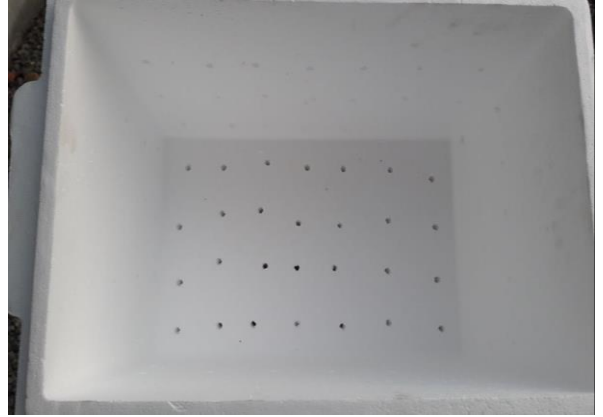
Zucconi, F., & De Bertoldi, M. (1987). Specifications for solid waste compost. *Biocycle*, 28(5/6), 56–61.

## ANEXOS

**Anexo 1:** Evidencias fotográficas durante la elaboración del trabajo de estudio.



**Imagen 1:** Muestra vegetal del plátano.



**Imagen 2:** Caja acondicionada para el compostaje.



**Imagen 3:** Retiro de residuos orgánicos de los domicilios.



**Imagen 4:** Equipos de trabajo para la preparación del inicio de compostaje.



**Imagen 5:** Peso inicial del material de partida para cada compostera.



**Imagen 6:** Material de partida en la caja de compostaje.



**Imagen 7:** Diseño experimental e inicio del compostaje.



**Imagen 8:** Muestras de compost de los tratamientos para ser enviados a laboratorio.

## Anexo 2: Análisis fisicoquímico en laboratorio del compost obtenido.

### DATOS DE IDENTIFICACION

NOMBRE DEL PROPIETARIO	ING. BRYAN MONCAYO
O.REMITENTE:	BM
CODIGO DE CLIENTE:	BM1
NOMBRE DE LA PROPIEDAD:	
TELF:	0981488687
E-MAIL:	
TIPO DE ANALISIS:	ANALISIS QUIMICO DE COMPOST
CULTIVO:	
FASE DE CULTIVO:	

FECHA DE MUESTREO:	01/04/2021
FECHA DE INGRESO:	01/04/2021
ORDEN DE TRABAJO No.:	PSL 1211
FECHA DE INFORME LAB.:	16/04/2021
FACTURA No.:	4714

BELLAVISTA DE CARRETAS  
CALLE N75B Y N6  
TELF: 6023531 - 0999796977

E-MAIL: PLANTSIPHERELABS@BIOSOFTWARE.DE  
[WWW.BDKI.EU](http://WWW.BDKI.EU)  
QUITO - ECUADOR

### RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO DE ABONOS ORGANICOS

Identificación	No. Lab.	pH	C.Elec.	N.Total	M.O	P	K	Ca	Mg	Na	S	Fe	Cu	Mn	Zn	B	REL C/N	ACID HUMICOS
			mS/cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	REL C/N
				Nitrógeno	M.Org.	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Azufre	Hierro	Cobre	Manganeso	Zinc	Boro		
COMPOST 1 TESTIGO		7,70	2,43	3,50	65,3	0,77	2,80	1,9	1,22	0,21	0,93	325	12	133	42	8	4,4	2,3
COMPOST 2 MB		7,70	2,88	3,70	67,3	0,88	1,99	1,5	0,9	0,19	1,1	398	16	152	38	7,7	4,9	2,9

ESTABILIDAD	COMPOST t	COMPOST mb
Temperatura	Estable	Estable
COLOR	Marrón	Negro
OLOR	Sin olor	tierra
No. Termofilos	drecciente	dreccient
RESPIRACION	< 10 mg g	< 8 mg g
DQO	< 700 mg ps	<500 mg ps
ATP	estable	Estable
ACTIVIDAD ENZIMAS	Incrementa estable	Incrementa hasta Estable
HIDROSOLUBLES		
POLISACARIDOS	< 30 mg gluc g	< 20 mg gluc g
REDUCCION DE AZUCARES	30%	23%

DR. CARLOS FALCONI BORJA PH.D.  
LABORATORIOS  
Bionika Labs  
0999796977 - 0988087239  
[www.BDKI.EU](http://www.BDKI.EU)

### Anexo 3: Análisis microbiológico del compost obtenido.



Fecha de Muestreo:	1/4/2021
Fecha de Laboratorio:	16/4/2021
Solicitado por:	Ing. Bryan Moncayo
Orden de trabajo:	PSL 1201
Sustrato:	Compost
Tipo de Análisis:	Biograma Microbiano
Factura No:	4714
Localización Geográfica:	La troncal Cañar

<b>METODOLOGIA</b>
Observación directa (OD).
Colorimetría de muestras de estados inducidos (CMES).
Análisis en Microplots (AMP: MA, APD, NA, KB, KA).
Microscopía N/CO.
Cámara Microscópica Infiltrada (CMI).
Difusión Microscópica Normanski (DMN)
Reacción Enzimática Microbiana (REM)

MICROORGANISMOS	TESTIGO 1 log cfu g-1	TRATAMIENTO 2 log cfu g-1	EVALUACIONES BIOCATALITICAS
<i>Acremonium filiforme</i>	0,2512452	1,1524574	eficiente micoparásito desdoblador de lignina, estrictamente aerobio, afin a pH ácidos, habil colonizador de sustratos ligníficos
<i>Actinomyces</i> sp.	0,8652145	1,2548517	importante productor de antibióticos, en núcleos de materia orgánica mineralizada, se visualizan como colonias de color blanco
<i>Apiospora</i> sp	0,8798758	0,5213214	ascomiceto, formador de micelas, polímeros quelatantes de material mineral originario de la mineralización de la materia orgánica
<i>Arthrobacter</i> sp.	0,5632147	1,1547421	biocatalizador de materia orgánica, desdoblador ligno y celulolítico biocatalizador de S, con mecanismos acidificadores del medio.
<i>Aspergillus japonicus</i>	0,6325689	1,1321542	biocatalizador de vitaminas en lechos de compost, con exudaciones de color amarillo, metabolitos eficientes para el cultivo.
<i>Bacillus cereus</i>	0,2154334	0,5685421	saprotítico, solubilizador de componentes potásicos del suelo, eficiente productor de biopolímeros
<i>Bacillus mycoides</i>	0,8652145	0,9657415	antagonista potencial de fitopatógenos, importante sanitizante fitopatógeno, tolera altas temperaturas, desarrolla endosporas
<i>Bacillus subtilis</i>	0,9865484	0,7652143	eficiente productor de antibióticos iturónicos y surfatínicos y amplia fama de biopolímeros con diferentes estructuras moleculares
<i>Bacillus polymyxa</i>	1,1023548	0,6985485	importante regulador de hongos, solubilizador micótico de estructuras por sus metabolitos por medio de bacitracinas
<i>Bacillus pumilus</i>	0,9865487	1,1457313	poblaciones dependientes de condiciones de pH ácidos y alta temperatura especialmente al inicio de la fase de alta temperatura
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	0,6958431	0,9861372	saprotito identificado dentro de las poblaciones de regulación de maduración de compost, deben disminuir por ser maduras
<i>Curtobacterium</i> sp.	0,6854573	1,1465215	bacteria transiente (t) de suelo, esporádica, con alta capacidad metabólica en todos los estadios de producción de compost
<i>Glomus</i> sp.	0,7845324	0,2846202	micorriza especialmente importante en la última fase de la producción de compost de apariencia blaquescina filamentosas
<i>Lactobacillus</i> spp	n.r.	1,1247513	transiente, con pocas posibilidades de anclaje al sustrato, no es específico de este pocas posibilidades de subsistencia
<i>Micelia sterilia</i>	0,2358475	0,8546572	micorriza especialmente importante en la última fase de la producción de compost de apariencia blaquescina filamentosas
<i>Paxillus</i> spp.	0,8654214	0,6987843	basidiomicetes, eficientes desdobladores de materia orgánica, bioindicadores de la madurez del compost, aportan con materia orgánica
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0,7512483	0,8954121	bacteria beneficiosa, localizada especialmente en procesos de quelación de hierro, se la considera como una bacteria BPC
<i>Rhodospirillum</i> sp.	0,5321485	n.r.	levadura saprotítica, biocataliza biomoléculas orgánicas complejas, biocompleja lignosulfanos con minerales edáficos.
<i>Saccharomyces</i> spp	n.r.	1,15845217	transiente, con pocas posibilidades de anclaje al sustrato, no es específico de este pocas posibilidades de subsistencia
<i>Streptomyces griseus</i>	0,9856422	0,8985462	desdoblador de materia orgánica en todas las fases de transformación, notoria es su producción de ácidos húmicos y fúlvicos
<i>Thiobacillus</i> sp.	1,2015485	1,1874527	biocatalizador y predigestor de azufre, incluso en la formación de proteínas complejas.
<i>Trichoderma hamatum</i>	0,9865124	1,1425843	bioestimulante de sistema radicular tanto en la formación de biomasa como de fitohormonas especialmente de auxinas.

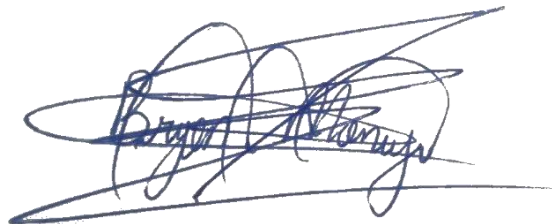
<b>CONCLUSIONES.</b>
1. El biograma ( <b>BGRM</b> ) muestra la factibilidad de implementar o comprobar tecnologías de BIOCATALIZACION en materia de bioremediación o aplicación agrícola
2. Se considera que los agentes de Biocatalización son nativos de la zona, resistentes a la presión de selección agroquímica tradicional y con desarrollo paralelo al microorganismos nocivos.
3. El <b>BGRM</b> , muestra el tipo de sistema orgánico en estudio, donde cinética de producción de abonos es sincrónica en todas las fases de producción, amplia capacidad de respuesta a procesos de adaptación sensibilidad agroquímica, agresividad, tolerancia, aclimatación, etc.
4. El soporte nutricional de los componentes del microcosmos puntualizados en este análisis son exclusivamente expresados por el sustrato donde la mayor destreza de consumo lo muestran la versatilidad de los biocatalizadores, la expresión bioquímica es sincrónica a la población microbiana existe un equilibrio entre la materia prima y el resultado de la biocatalización de estos.
5. La Biocatalización continúa con la mejora del medio donde se programa su aplicación con beneficio bioquímico, microbiológico, biofísico y mineral. con la bufferización microbiana mineral de suelo donde la mayoría de elementos se hacen mucho más disponibles por efecto de mecanismos hacen mucho más disponibles por efecto de mecanismos de quelatización, sideroforización de elementos nutricionales.

Carlos Falconi Borja Ph.D.  
 BIONIKA Laboratorios  
 www.bdkl.eu  
 plantspherelab@biosoftware.de  
 098508315-099773664

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Bryan Sebastian Moncayo Vasquez** portador de la cédula de ciudadanía N° 0929784866. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Calidad de compost a partir de residuos orgánicos domiciliarios, con aplicación de microorganismos benéficos**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **25 de octubre de 2021**



F: .....  
Bryan Sebastian Moncayo Vasquez  
C.I. 0929784866