



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**

**COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE PIÑA, CAÑA Y  
PLÁTANO CON APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS  
BENÉFICOS, EN LA FINCA “DOÑA LUISA” CANTÓN  
GUALAQUIZA**

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR: NANCY FABIOLA TSUKANKA SHARUP**

**DIRECTOR: ING. MANUEL SALVADOR ALVAREZ VERA PhD**

**CUENCA- ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

COMPOSTAJE DE RESIDUOS DE PIÑA, CAÑA Y PLÁTANO CON  
APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS, EN LA FINCA  
“DOÑA LUISA” CANTÓN GUALAQUIZA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR: NANCY FABIOLA TSUKANKA SHARUP**

**DIRECTOR: ING. MANUEL SALVADOR ALVAREZ VERA PhD**

**CUENCA – ECUADOR**

**2023**

**DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROL**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

**Nancy Fabiola Tsukanka Sharup** portador de la cédula de ciudadanía N.º **1150459186**. Declaro ser el autor de la obra: **“Compostaje de residuos de piña, caña y plátano con aplicación de microorganismos benéficos, en la finca “DOÑA LUISA” cantón Gualaquiza”**, 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, 19 de abril de 2023



F: .....

Nancy Fabiola Tsukanka Sharup

1150459186

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Nancy Fabiola Tsukanka Sharup, bajo mi supervisión.



---

**Ing. Manuel Salvador Álvarez Vera PhD.**

**DIRECTOR**

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi padre quien vida fue Raúl Tsukanka quien alguna vez en sus sabias palabras me dijo, “Nunca nadie hace algo por ti, tú tienes que luchar, sacrificarte y hacer las cosas por ti mismo” El éxito es de los grandes, es de aquellos que dicen ¡SI PUEDO!, de aquellos que se aferran a lo imposible sin importar lo que pase, rompiendo cadenas, construyendo muros, para poder llegar a donde uno realmente se quiere.

A mi madre Digna Sharup, quien con esfuerzo y dedicación ha sido un ejemplo de vida a seguir, quien con sus buenos consejos me motivó y me convirtió en una excelente persona, siempre presente a pesar de la distancia, su amor incondicional hizo que nunca mire hacia atrás y que a pesar de los errores que uno comete en el camino debe aprender de ello y seguir, a mis hermanos, hermanas por confiar y estar apoyándome moralmente y a mi amigo Ricardo Posligua, que estuvo ahí presente en los momentos difíciles de mi trayectoria estudiantil.

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo, agradecida con Dios por guiar mi camino, brindarme salud y sabiduría en toda esta trayectoria universitaria, a mis padres Digna y Raúl por el esfuerzo que hicieron día a día por un mejor futuro, gracias a ellos hoy puedo culminar lo que con tanto esfuerzo y dedicación anhelé.

Agradecida con cada uno de los docentes de la carrera de ING AMBIENTAL, quienes fueron uno de mis mejores encaminadores de la vida, unos personajes de gratos consejos, aquellos que se inspiran en el futuro y el bienestar del pueblo, como olvidar aquellas palabras de aliento que me permitieron seguir adelante sin importar los obstáculos que se presentaban en el camino, a mi tutor Ing. Manuel Álvarez por la cooperación, la paciencia y la buena voluntad de no dejarme caer más bien de alentarme a seguir en pie hasta el final, enfrentarme y terminar lo que se empieza.

## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue determinar la calidad de compost a partir de restos de piña, caña y plátano mediante la aplicación de Microorganismos Benéficos (MB) en la finca "DOÑA LUISA", se ejecutó en 2 etapas. (i): aislamiento de Microorganismos Benéficos (MB) de una especie vegetal (escancel); (ii): compostaje de residuos de hojas de plátano, bagazo de caña y hojas de piña con aplicación de MB. Se establecieron 2 tratamientos con tres tipos de residuos combinados, T1 residuos agrícolas con incorporación de MB al 5% y T2 residuos agrícolas sin aplicación de MB, se establecieron pilas mediante un diseño de 2 factores con 2 repeticiones, las mismas que se voltearon 2 veces por semana. Se consideraron las variables físicas: temperatura, humedad y pH, el proceso culminó a las 17 semanas. El mejor tratamiento fue T1 y obtuvo los resultados siguientes: olor a tierra vegetal y color marrón oscuro; compost con un 72,2%, pH de 8,5, C.E. 1,34 dsSiem/m<sup>-1</sup>, materia orgánica 29,14%, nitrógeno total (NT) 2,2%, carbono orgánico total (COT) 17,54%, relación C/N 7,06, fósforo (P) 1,12%, potasio(K) 1,11%, sodio 0,0011% y reducción de masa del 23,53%. Se analizó el resultado biocatalítico en el tratamiento T1, prevalecieron los microorganismos: *Trichoderma koningii*, *Streptomyces*, *Trichoderma*, *Serratia* sp, *Trichoderma reesei*, *Bacillus mycooides*, *Bacillus licheniformis*, *Microbispora* sp, *Candida* sp y en el tratamiento T2: *Streptomyces griseus*, *Trichoderma koningii*, *Bacillus mycooides*, *Bacillus licheniformis*, *Candida* sp. Mediante la aplicación de MB para el tratamiento T1 respecto al T2, se evidenció que el compost obtenido fue de buena calidad según sus características. La aplicación de MB en desechos orgánicos disminuye el tiempo de desintegración y mejora las características del compost.

*Palabras clave:* hojas de piña, hojas de plátano, bagazo, microorganismos benéficos, compostaje.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to determine the compost quality from pineapple, sugarcane, and banana residues through the application of Beneficial Microorganisms (BM) in the farm "DONA LUISA"; it was carried out in 2 stages: (i): isolation of Beneficial Microorganisms (BM) from a plant species (escancel); (ii): composting of banana leaves, sugarcane bagasse, and pineapple leaves residues with the application of BM. Two treatments were established with three types of combined residues, T1 agricultural residues with the incorporation of BM at 5% and T2 agricultural residues without the application of BM. Piles were established using a 2-factor design with 2 replicates, which were turned twice a week. Physical variables were considered: temperature, humidity, and pH; the process culminated at 17 weeks. The best treatment was T1 and obtained the following results: topsoil odor and dark brown color; compost with 72.2%, pH of 8.5, E.C. 1.34 dsSiem/m<sup>-1</sup>, organic matter 29.14%, total nitrogen (TN) 2.2%, total organic carbon (TOC) 17.54%, C/N ratio 7.06, phosphorus (P) 1.12%, potassium (K) 1.11%, sodium 0.0011% and mass reduction of 23.53%. The biocatalytic result was analyzed in the treatment T1, and the microorganisms that prevailed were *Trichoderma koningii*, *Streptomyces*, *Trichoderma*, *Serratia* sp, *Trichoderma reesei*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus licheniformis*, *Microbispora* sp, *Candida* sp. In the treatment T2 was found *Streptomyces griseus*, *Trichoderma koningii*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus licheniformis*, *Candida* sp. Through the application of BM for treatment T1 with respect to T2, it was evidenced that the compost obtained was of good quality according to its characteristics. The application of BM to organic wastes decreases the disintegration time and improves the characteristics of the compost.

*Keywords:* pineapple leaves, banana leaves, sugarcane bagasse, beneficial microorganisms, composting.

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	I
CERTIFICACIÓN	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	V
ABSTRACT	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VII
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE ANEXOS	XII
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>- 1 -</b>
<b>1.1. OBJETIVOS</b>	<b>- 2 -</b>
1.1.1. <i>General</i>	- 2 -
1.1.2. <i>Específicos</i>	- 2 -
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>- 3 -</b>
<b>2. REVISIÓN DE LA LITERATURA</b>	<b>- 3 -</b>
<b>2.1. RESIDUOS</b>	<b>- 3 -</b>
2.1.1. <i>Residuos orgánicos</i>	- 3 -
2.1.2. <i>Residuos agrícolas</i>	- 3 -
<b>2.2. IMPLICACIONES AMBIENTALES POR EL INADECUADO TRATAMIENTO DE LA MATERIA ORGÁNICA-</b>	<b>4</b>
2.2.1. <i>Contaminación de agua</i>	- 4 -
2.2.2. <i>Contaminación de suelo</i>	- 4 -
2.2.3. <i>Contaminación de aire</i>	- 4 -
2.2.4. <i>Generación amonio (NH<sub>3</sub>)</i>	- 5 -
2.2.5. <i>Generación de metano (CH<sub>4</sub>)</i>	- 5 -
<b>2.3. COMPOSTAJE</b>	<b>- 5 -</b>
2.3.1. <i>Fases del compostaje</i>	- 6 -
<b>2.4. COMPOST</b>	<b>- 7 -</b>
<b>2.5. PROPIEDADES FÍSICAS DEL COMPOST</b>	<b>- 7 -</b>
2.5.1. <i>Color y olor</i>	- 7 -
2.5.2. <i>Calor y temperatura</i>	- 8 -
2.5.3. <i>Humedad</i>	- 8 -
<b>2.6. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL COMPOST</b>	<b>- 8 -</b>
2.6.1. <i>pH</i>	- 8 -
2.6.2. <i>Relación carbono/nitrógeno</i>	- 9 -
2.6.3. <i>Nitrógeno total</i>	- 9 -
2.6.4. <i>Carbono orgánico total (COT)</i>	- 10 -
2.6.5. <i>Materia orgánica</i>	- 10 -
2.6.6. <i>Conductividad eléctrica</i>	- 10 -
2.6.7. <i>Fósforo(P)</i>	- 10 -
2.6.8. <i>Potasio(K)</i>	- 11 -

<b>2.7. PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DEL COMPOST</b>	<b>- 11 -</b>
2.7.1. <i>Bacterias fototróficas</i>	- 11 -
2.7.2. <i>Bacterias ácido lácticas</i>	- 11 -
2.7.3. <i>Bacterias fotosintéticas</i>	- 11 -
2.7.4. <i>Hongos</i>	- 12 -
2.7.5. <i>Levadura</i>	- 12 -
<b>2.8. CALIDAD DEL COMPOST</b>	<b>- 12 -</b>
<b>2.9. USO DEL COMPOST</b>	<b>- 13 -</b>
<b>2.10. FITOTOXICIDAD DEL COMPOST</b>	<b>- 13 -</b>
<b>2.11. ASPECTOS TOMADOS EN CUENTA EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE</b>	<b>- 13 -</b>
2.11.1. <i>Aireación</i>	- 14 -
2.11.2. <i>Volteo</i>	- 14 -
<b>2.12. SISTEMAS DE PROCESOS DE COMPOSTAJE</b>	<b>- 14 -</b>
2.12.1. <i>Sistema de compostaje abierto</i>	- 14 -
2.12.2. <i>Sistema de pilas por volteo</i>	- 14 -
2.12.3. <i>Sistemas de compostaje cerrado</i>	- 15 -
2.12.4. <i>Sistema en reactores</i>	- 15 -
<b>2.1. MICROORGANISMOS BENÉFICOS</b>	<b>- 16 -</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>- 15 -</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>- 15 -</b>
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>- 15 -</b>
1.1.1. <i>Límites de la parroquia Bomboiza</i>	- 15 -
<b>3.2. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LA PARROQUIA BOMBOIZA</b>	<b>- 16 -</b>
<b>3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>- 16 -</b>
3.3.1. <i>Diseño experimental</i>	- 16 -
3.3.2. <i>Material experimental</i>	- 17 -
3.3.3. <i>Flujograma del proceso de compost</i>	- 17 -
3.3.4. <i>Variables físicas, químicas y microbiológicas del compost</i>	- 18 -
<b>3.4. MATERIALES, EQUIPOS E INSUMOS UTILIZADOS DURANTE EL DESARROLLO Y MADUREZ DEL COMPOST</b>	<b>- 19 -</b>
3.4.1. <i>Materiales para la construcción de la compostera</i>	- 19 -
3.4.2. <i>Materia prima utilizada para obtener compost</i>	- 19 -
3.4.3. <i>Materiales para la fuente de microorganismos</i>	- 19 -
3.4.4. <i>Material de equipo de monitoreo</i>	- 20 -
3.4.5. <i>Material de control de volteo y riego</i>	- 20 -
3.4.6. <i>Material de limpieza de los alrededores del compostaje</i>	- 20 -
<b>3.5. PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN MADRE</b>	<b>- 20 -</b>
3.5.1. <i>Activación de Microorganismos Benéficos</i>	- 22 -
<b>3.6. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL COMPOST</b>	<b>- 22 -</b>
3.6.1. <i>Recolección del bagazo de caña</i>	- 23 -
3.6.2. <i>Recolección de la hoja de plátano</i>	- 23 -
3.6.3. <i>Recolección de la hoja de piña</i>	- 23 -
3.6.4. <i>Adecuamiento del terreno</i>	- 24 -
3.6.5. <i>Elaboración de las composteras</i>	- 24 -
3.6.6. <i>Llenado de los residuos en las composteras</i>	- 25 -
3.6.7. <i>Inoculación de Microorganismos Benéficos</i>	- 26 -
3.6.8. <i>Datos de temperatura durante el proceso de compostaje</i>	- 26 -
3.6.9. <i>Datos del pH durante el proceso de compostaje</i>	- 26 -
3.6.10. <i>Riego de agua en las pilas</i>	- 27 -
3.6.11. <i>Volteo de pilas</i>	- 27 -
3.6.12. <i>Cosecha del compost</i>	- 28 -

<b>3.7.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS QUÍMICOS EN EL COMPOST</b>	<b>- 28 -</b>
3.7.1.	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	- 28 -
3.7.2.	<i>Materia orgánica</i>	- 28 -
3.7.3.	<i>Carbono orgánico total (COT)</i>	- 28 -
<b>3.8.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS NUTRITIVOS PRESENTES EN EL COMPOST</b>	<b>- 29 -</b>
<b>3.9.</b>	<b>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO EN EL COMPOST</b>	<b>- 29 -</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>- 31 -</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>- 31 -</b>
<b>4.1.</b>	<b>DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS FÍSICAS (OLOR, COLOR) DEL COMPOST</b>	<b>- 31 -</b>
<b>4.2.</b>	<b>TEMPERATURAS</b>	<b>- 31 -</b>
4.2.1.	<i>Temperatura en el extremo de la pila para el tratamiento T1 y T2</i>	- 31 -
1.1.2.	<i>Temperatura promedio en el centro de las pilas para en tratamiento T1 yT2</i>	- 33 -
4.2.2.	<i>pH</i>	- 35 -
<b>4.3.</b>	<b>ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EN EL COMPOST.</b>	<b>- 37 -</b>
4.3.1.	<i>Materia orgánica</i>	- 38 -
4.3.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	- 39 -
4.3.3.	<i>Relación C/N</i>	- 40 -
<b>4.4.</b>	<b>ANÁLISIS BIOCATALÍTICO MICROBIANO DE QUITINA (QT), CELULOSA (CE) Y PECTINA (PT) EN EL COMPOST</b>	<b>- 41 -</b>
4.4.1.	<i>Microorganismos degradadores de quitina (Qt)</i>	- 41 -
4.4.2.	<i>Microorganismos degradadores de celulosa (Ce)</i>	- 43 -
4.4.3.	<i>Microorganismos degradadores de pectina (Pc)</i>	- 44 -
<b>4.5.</b>	<b>CALIDAD DE COMPOST</b>	<b>- 46 -</b>
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>- 48 -</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>- 48 -</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>		<b>- 49 -</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>- 49 -</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>		<b>- 50 -</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>- 59 -</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Fases del compostaje .....</i>	<i>- 6 -</i>
<i>Figura 2: Sistema del proceso de compostaje cerrado.....</i>	<i>- 15 -</i>
<i>Figura 3: Reactor cilíndrico para activación microbiológica.....</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Figura 4: Mapa de ubicación de la parroquia Bomboiza.....</i>	<i>- 15 -</i>
<i>Figura 5: Unidades experimentales del compost.....</i>	<i>- 16 -</i>
<i>Figura 6: Flujograma del proceso de compostaje.....</i>	<i>- 18 -</i>
<i>Figura 7: Variables físicas, químicas, microbiológicas tomadas para verificar la calidad de compost .....</i>	<i>- 19 -</i>
<i>Figura 8: Muestra vegetal de escancel para obtener Microorganismos Benéficos .....</i>	<i>- 21 -</i>
<i>Figura 9: Muestra de hígado de res .....</i>	<i>- 21 -</i>
<i>Figura 10: Componentes para obtener la fuente principal (solución madre).....</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Figura 11: Capa blanquecina de escancel.....</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Figura 12: Molienda de caña.....</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Figura 13: Residuos de la cosecha del plátano .....</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Figura 14: Recolección de residuos de piña. ....</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Figura 15: Medición de las tablas para la adecuación de las pilas.....</i>	<i>- 24 -</i>
<i>Figura 16: Aplicación de microorganismos benéficos en las pilas.....</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Figura 17: Termómetro registrando temperatura 13:00 pm.....</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Figura 18: Muestra de datos del pH.....</i>	<i>- 27 -</i>
<i>Figura 19: Volteo manual para facilitar la descomposición de los residuos. ....</i>	<i>- 27 -</i>
<i>Figura 20: Temperatura de extremos de las pilas del proceso de compostaje .....</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Figura 21: Temperatura promedio en el centro de las pilas del T1 y T2 .....</i>	<i>- 34 -</i>
<i>Figura 22: pH del proceso de compostaje para el tratamiento T1 y T2 .....</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Figura 23. Porcentaje de algunos micro y macro elementos presentes en el compost .....</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Figura 24. Porcentaje de materia orgánica en los tratamientos T1 y T2 .....</i>	<i>- 39 -</i>
<i>Figura 25 : Concentración de CE en los tratamientos T1 y T2.....</i>	<i>- 40 -</i>
<i>Figura 26: Relación C/N en el compost .....</i>	<i>- 41 -</i>
<i>Figura 27: Microorganismos degradadores de quitina (Qt) en el compost.....</i>	<i>- 42 -</i>
<i>Figura 28. Microorganismos degradadores de celulosa en el compost.....</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Figura 29: Microorganismos degradadores de pectina (Pc) en el compost. ....</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Figura 30: Rendimiento del compost en el T1 y T2 .....</i>	<i>- 46 -</i>
<i>Figura 31: Análisis físico-químico del compost tratamiento T2.....</i>	<i>- 59 -</i>
<i>Figura 32: Análisis biocatalítico microbiano de quitina (QT), celulosa (CE) y pectina (Pc) del tratamiento T2 .....</i>	<i>- 60 -</i>
<i>Figura 33: Análisis físico-químico del tratamiento T1 .....</i>	<i>- 61 -</i>
<i>Figura 34: Análisis biocatalítico microbiano de quitina (Qt), celulosa (Ce) y pectina (Pc) del tratamiento T1 .....</i>	<i>- 61 -</i>
<i>Figura 35: Sembrío de piña.....</i>	<i>- 62 -</i>
<i>Figura 36: Sembrío de caña.....</i>	<i>- 62 -</i>
<i>Figura 37: Cultivo de plátano .....</i>	<i>- 62 -</i>
<i>Figura 38: Residuos piña .....</i>	<i>- 63 -</i>
<i>Figura 39: Residuos de plátano .....</i>	<i>- 63 -</i>
<i>Figura 40: Residuos de bagazo de caña .....</i>	<i>- 63 -</i>

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Descripción de las categorías, acorde al color y olor del compost</i>	- 8 -
<i>Tabla 2: Relación Carbono/Nitrógeno de algunos residuos</i>	- 9 -
<i>Tabla 3. Cantidad de RSO presentes en el T1 y T2</i>	- 17 -
<i>Tabla 4: Características físicas (color y olor) del compost según su categoría</i>	- 31 -
<i>Tabla 5. Temperatura promedio del extremo de las pilas T1 y T2</i>	- 32 -
<i>Tabla 6: Promedio de temperatura en el centro de las pilas T1 y T2.</i>	- 33 -
<i>Tabla 7: pH de los tratamientos T1 y T2 del proceso de compostaje</i>	- 35 -
<i>Tabla 8. Concentración de macro y microelementos del compost</i>	- 37 -
<i>Tabla 9: Concentración de microorganismos degradadores de quitina (Qt) con aplicación de consorcios microbianos en los tratamientos.</i>	- 42 -
<i>Tabla 10: Concentración de microorganismos degradadores de Celulosa (ce) en T1 y T2</i>	- 43 -
<i>Tabla 11: Concentración de microorganismos degradadores de pectina (Pc) en T1 y T2</i>	- 45 -
<i>Tabla 12. Verificación de reducción de masa para el tratamiento T1 y T2</i>	- 46 -

## LISTA DE ANEXOS

<i>Anexo A: Resultados de laboratorio de las propiedades físicas y químicas del compost T2.....</i>	<i>- 59 -</i>
<i>Anexo B: Análisis biocatalítico microbiano de quitina (QT), celulosa (CE) y pectina (Pc) del tratamiento T2 .....</i>	<i>- 60 -</i>
<i>Anexo C: Análisis físico-químico y microbiológico del compost tratamiento T1 .....</i>	<i>- 61 -</i>
<i>Anexo D: Fotografías de los cultivos de piña, caña y plátano .....</i>	<i>- 62 -</i>
<i>Anexo E: Fotografías del proceso de recolección de residuos como: bagazo de caña, hojas de piña, hojas de plátano .....</i>	<i>- 63 -</i>

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

La generación de desechos aumenta día a día, debido al crecimiento demográfico y al consumo de la población, los mismos que pueden clasificarse en residuos orgánicos e inorgánicos (Guizado, 2018). La población crece y con ello la generación de residuos también, del 60% al 70% son desechos orgánicos, las cuales se deberían reintegrar en procesos ambientales y cadenas económicas, para que puedan ser valorizadas y reinsertadas en el medio ambiente (Cruz & Ojeda, 2013).

El sin número de inconvenientes que ocasionan los análisis medio ambientales locales, regionales y globales se encuentran relacionadas de manera directa con el uso inadecuado de los desechos orgánicos no biodegradables y biodegradables (Mendieta et al., 2020). Gutiérrez (2020) expresa que la disposición inapropiada de desechos agrícolas genera contaminación atmosférica ya sea por el material particulado o los malos olores, así como también el acto inadecuado de las actividades humanas (monocultivo, deforestación, quema de bosques, etc.) alteran diversas propiedades físico, químico y biológico del suelo.

Se considera a nivel mundial que la tasa de generación de los desechos ha incrementado de un 25% a 50%, de la cual 4,1 millones de toneladas pertenecen a Ecuador (Sáez & Undarneta, 2006). Gualaquiza, de acorde a los datos del GADMG produce 3,5 toneladas diarias de residuos sólidos, las mismas que son destinados directamente al relleno sanitario de Gualaquiza sin previo tratamiento (Guayara, 2018).

No aprovechar los residuos orgánicos provoca implicaciones en el ambiente como el metano ( $\text{CH}_4$ ), dióxido de carbono, por tanto, contribuyen al cambio climático. Por esta razón el relleno sanitario del cantón Gualaquiza enfrenta una dura problemática al no poseer un manejo adecuado de los desechos orgánicos (Guayara, 2018). De ahí surge la importancia de manejar un sistema adecuado de desechos biodegradables a través de técnicas como el compostaje con aplicación de consorcios microbianos (Cruz & Ojeda, 2013).

El presente proyecto tuvo como propósito: obtención de compost mediante aplicación de una fuente de Microorganismos Benéficos, a partir de bagazo de caña, hojas de piña y hojas de plátano residuos generados en la finca "DOÑA LUISA". La finca genera desechos orgánicos de 1,5 a 2 toneladas semestralmente cada que inicia el proceso de cosecha. Por

esta razón se opta por elaborar compost una técnica según Guizado (2018) mediante la aplicación de MB se puede disminuir la cantidad de desechos orgánicos generados y evitar futuras contaminaciones a fuentes como agua, aire y suelo.

Para Naranjo (2013), los MB son los encargados de degradar importantes cantidades de residuos biodegradables, sintetizar del 15 al 30% de sus compuestos orgánicos, acelerar el proceso de degradación, controlar la temperatura, productividad del suelo, concentración de micro-macronutrientes (N, P y K), actividad biológica y ser un indicador de fertilidad bastante alto. Montero (2019), expresa que la utilización de MB en restos orgánicos estimula los procesos de degradación, demostrando que todo el desarrollo del compost va de 4 a 5 meses según el lugar y las variaciones de clima en cada región.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. General**

- Determinar la calidad de compost a partir de residuos de piña, caña y plátano con aplicación de Microorganismos Benéficos en la finca "DOÑA LUISA", cantón Gualaquiza.

### **1.1.2. Específicos**

- Determinar las características físicas del compost mediante análisis de laboratorio para conocer sus diferentes cualidades (color y olor).
- Evaluar las características químicas (pH, materia orgánica, conductividad eléctrica) y la concentración de: nitrógeno total, relación C/N, fósforo, potasio, sodio del compost mediante análisis de laboratorio.
- Verificar los microorganismos presentes en el compost con énfasis en bacterias y hongos degradadores de quitina, celulosa y pectina previamente conocidos por su metabolismo mediante análisis de laboratorio.

## CAPÍTULO II

### 2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1. Residuos

Denominada a aquella materia prima generada a partir de distintos medios de producción (industrias, sectores agrícolas, ganadería etc.), fuentes de consumo o actividades invaluable, así como también se los puede identificar como materiales orgánicos que provienen de la naturaleza al ser aprovechada su parte útil (Guizado, 2018).

##### 2.1.1. Residuos orgánicos

Se conocen también por residuos orgánicos biodegradables, considerados por su gran volumen e impacto ocasionado en el ambiente, es uno de los principales medios de contaminación mediante la generación de metano, lixiviados, alteraciones térmicas y generación de vectores. (Castro, 2019).

##### 2.1.2. Residuos agrícolas

Denominados como materiales que se encuentran en estado sólido o líquido dentro del ambiente, resultado de la descomposición de productos primarios de los sectores agrícolas, son de fácil aprovechamiento y muchas de la veces no son valorados ni ambiental, ni comercialmente (Fallas, 2016).

###### a. Residuos de bagazo caña

Residuo fibroso que se acumula en grandes cantidades luego del proceso de extracción del jugo, el mismo que queda en grandes cantidades expuestas al medio, su estructura es relativamente baja (80% está compuesto de carbón), pero contiene un alto porcentaje de humedad, al momento de ser desechados en el campo atrae grandes cantidades de vectores y malos olores la cual debe ser sometida al proceso que mayor se ajuste (compost, vermicompost, biochar etc.) (Gordillo et al., 2011).

###### b. Residuos de hojas de plátano

Las plantas de plátano son un recurso natural que los productores no utilizan de manera directa, la acumulación de estos residuos orgánicos, desechos de la cosecha genera inconvenientes en el ambiente acarreado vectores y malos olores. El inadecuado manejo de estos desechos afectaría de manera indirecta al suelo y al agua (Haro et al., 2017).

### **c. Residuos de hojas de piña**

Los residuos de piña son una problemática ambiental ya que no se degradan fácilmente en el ambiente, una vez que inicia el proceso de cosecha quedan alrededor de 300 toneladas por hectárea en plantaciones comerciales de una densidad de 60 mil plantas por hectárea, de residuos a la intemperie, los mismos que no tienen aprovechamiento alguno (Hualpa & Alcántara, 2019).

## **2.2. Implicaciones ambientales por el inadecuado tratamiento de la materia orgánica**

### **2.2.1. Contaminación de agua**

Agüero (2014) dice que la acumulación y descarga de desechos orgánicos sin control puede afectar negativamente las fuentes hídricas, los lixiviados muchas de las veces pueden llegar a contaminar no solo los ríos y arroyos, sino también las aguas subterráneas (acuíferos).

El inadecuado manejo de los restos orgánicos disminuye en gran parte la calidad del suelo, es una de las fuentes primarias que contamina aguas superficiales; por la mala disposición, acumulación de lodos y filtración de lixiviados (Jaramillo & Zapata, 2008).

### **2.2.2. Contaminación de suelo**

Los desechos orgánicos establecidos en lugares inadecuados, pueden generar inconvenientes como: percolación del suelo, generación de lixiviados y entre muchos otros problemas que afectan la calidad y estabilidad del suelo (Jaramillo & Zapata, 2008) .

### **2.2.3. Contaminación de aire**

La acumulación incontrolada de residuos produce olores desagradables, lo que ha generado inconvenientes en el ambiente por la falta de reorganización de los mismos, debido a esto la mayoría de esta acumulación produce contaminantes como gases de efecto invernadero; ozono ( $O_3$ ), óxido nitroso, dióxido de carbono ( $CO_2$ ), etano ( $CH_4$ ) (Agüero, 2014).

Los desechos de la agricultura pueden causar problemas ambientales si se queman sin control, como contaminar el suelo, el agua superficial y subterránea, si se manipulan o se almacenan inadecuadamente, también generan impactos negativos sobre el paisaje (Cicloagro, 2010).

#### **2.2.4. Generación amonio ( $NH_3$ )**

La población crece y con ello aumenta la necesidad de abastecimiento alimenticio, es por ello que los sectores agrícolas, ganaderos buscan incrementar su producción, a medida de que esto sucede la generación de desechos aumenta en ambos sectores, provocando que el 82% de estos residuos estén destinados a emanar amonio por la acumulación descontrolada (Velasco et al., 2016)

También se produce por sustancias con alto contenido de nitrógeno, estas se evaporan y conducen gravemente a contaminar tanto fuentes hídricas superficiales como subterráneas. Hay cultivos que generan grandes cantidades de nitratos por el uso excesivo de fertilizantes, lo que disminuye el desarrollo de las plantas y frutos (Román et al., 2015).

#### **2.2.5. Generación de metano ( $CH_4$ )**

Producida durante el proceso de compostaje por la falta de control, tomando en cuenta que es perjudicial para el medio ambiente ya que posee un grado superior de toxicidad al dióxido de carbono ( $CO_2$ ) superándose 21 veces y provocando el gas efecto invernadero, este compuesto se origina mediante la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos, así como también hay bacterias responsables de su formación de acorde a la temperatura y humedad de la región (Delgado & Pinargote, 2015).

### **2.3. Compostaje**

Considerado como una sucesión aeróbica en la cual las reacciones químicas se producen mediante un proceso biológico, convierten fracciones orgánicas en productos finales estables, libres de partículas y patógenos, mediante la acción de microorganismos aerobios como hongos y bacterias (Hanníbal et al., 2016).

El compostaje es considerado como uno de los procesos naturales en que el hombre interviene, este método se encarga de descomponer aeróbicamente los restos orgánicos mediante condiciones apropiadas y tiempo adecuado (Guerrero & Monsalve, 2006).

El compostaje está formado por cuatro fases y durante el proceso desarrolla distintas comunidades microbianas como bacterias, levaduras y actinomicetos: las cuales predominan de manera dependiente de acuerdo a las condiciones del medio y componente nutricional; así como también todos los procesos del compostaje van a depender de sucesiones microbianas que contribuyen a la eliminación de microorganismos patógenos presentes en los sustratos (Acosta & Peralta, 2015).

### 2.3.1. Fases del compostaje

Son consideradas como uno de los métodos eficientes que se da de acuerdo a una secuencia biológica con interacción del oxígeno, donde su transformación depende de dos parámetros importantes como la temperatura y humedad adecuada, para que dentro de un periodo de 3 a 6 meses su desarrollo haya finalizado (Román, Martínez, et al., 2015).

Para obtener el compost hay que pasar por un proceso físico-químico y microbiológico que consta de 4 fases (Figura 1), llevando un control minucioso de los distintos parámetros importantes que hacen que se obtenga un compost de calidad (Ruiz, 2003).

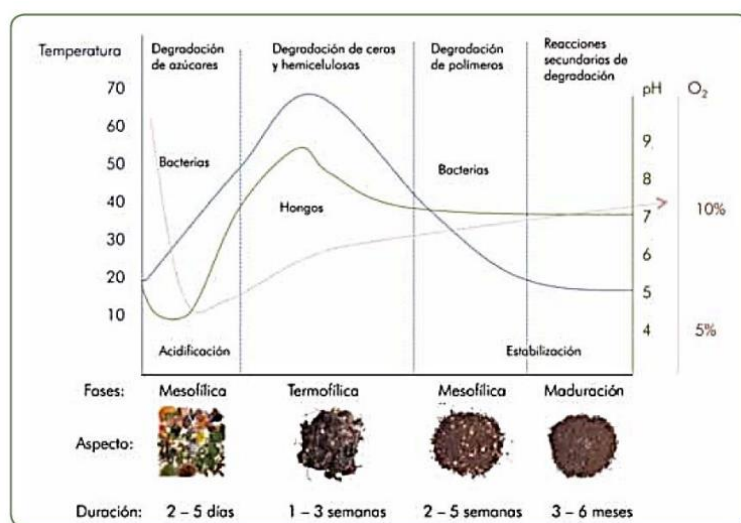


Figura 1: Fases del compostaje

Fuente: (Guizado, 2018)

#### a. Fase mesofílica

Etapa conocida como mesolítica, en la cual los microorganismos buscan la manera de adaptarse al medio para poder sobrevivir y multiplicarse, en esta fase la temperatura supera los 45°C y genera ácidos orgánicos para neutralizar su pH (Quinatoa, 2012).

#### b. Fase termófila

En esta fase entran en acción los hongos y bacterias termófilos causantes de la degradación de moléculas más complicadas de desintegrar, dentro de esta etapa resalta más el amoníaco que el nitrato con una variación de temperatura de 40°C a 70°C, masiva liberación de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), agua (H<sub>2</sub>O) y un alto porcentaje de minerales (Acosta & Peralta, 2015).

#### c. Fase mesofílica o de enfriamiento

La tercera fase denominada mesofílica mantiene una temperatura menor de 60 °C, dentro de ella se desarrollan microorganismos que se encargan de desintegrar la celulosa

a una temperatura de 40 °C, los microorganismos mesófilos descienden en número de acorde a su pH o actividad (Porras, 2013).

#### **d. Fase maduración**

Denominada al proceso en el cual los desechos orgánicos se someten a temperaturas elevadas de 3 a 6 meses, en dichos meses se puede evidenciar que habrá actividad secundaria de condensación y proliferación de humus (Ávila, 2015).

Se considera que el compost está en su etapa terminal cuando; su temperatura es similar al ambiente de la región en la que fue elaborada, su color es marrón oscuro, posee una consistencia polvoreada, características importantes que determinan el estado de final del compost (Escobar, 2014).

### **2.4. Compost**

Es el resultado de un proceso aeróbico, mediante la degradación de restos orgánicos en contacto con microorganismos como: hongos y bacterias, las cuales son aptas para este proceso de desintegración de desechos orgánicos, convirtiéndolos en un producto simple y de fácil manejo para la población en sus actividades de mejoramiento de suelo y cultivo agrícola (Guasco & Jaramillo, 2015).

### **2.5. Propiedades físicas del compost**

El compost es considerado de buena calidad por su contextura: color, olor, humedad temperatura, entre otras (Goya, 2013).

#### **2.5.1. Color y olor**

De acuerdo a lo expresado por Escobar (2014) la determinación de olor y color son parámetros muy importantes que hay que tener en cuenta en el compost.

En la (Tabla 1) se ilustra que:

La categoría 3 representa el color marrón oscuro indicando que el compost llegó a su etapa final. La categoría 2 representa marrón claro que indica que uno de los residuos a compostar no terminó su etapa o existe exceso de humedad y la categoría 1 representa al compost inmaduro con olor desagradable.

Tabla 1: Descripción de las categorías, acorde al color y olor del compost

<b>Variable</b>	<b>Indicador</b>	<b>Categoría</b>
Color	Marrón oscuro	3
	Marrón claro	2
	Original	1
Olor	Tierra vegetal	3
	Neutro	2
	desagradable	1

Fuente: Azurduy et al. (2016)

### **2.5.2. Calor y temperatura**

La población microbiana es parte activa que se desarrolla a una temperatura ambiente durante todo el proceso para la obtención de compost, en situaciones favorables y calor específico en la cual la mayoría de las poblaciones entran en activación a una temperatura de 20 y 30 °C (fase mesófilos), algunas logran sobrevivir a muy bajas temperaturas (fase cromófilas), demostrando su inactividad y otras actúan con temperaturas elevadas (fase termófila), que oscila entre 35 y 65 °C (Escobar, 2014)

### **2.5.3. Humedad**

La humedad es muy importante dentro del proceso de compostaje por ello se considera óptima para el crecimiento microbiano, la misma que se establece entre 50%-70% para que se dé la actividad biológica adecuada, si la humedad es menor que el 30%, el material orgánico en el transcurso de su degradación genera metano y si supera el 70% disminuye el paso del oxígeno generando anaerobiosis (Bueno et al.,2017).

## **2.6. Propiedades químicas del compost**

Se analiza cada una de las propiedades químicas de compost (pH, C/N, fósforo, potasio, sodio, nitrógeno, carbono orgánico total, conductividad eléctrica y materia orgánica) para conocer la características (Goya, 2013).

### **2.6.1. pH**

El potencial de hidrógeno es considerado como un parámetro que muestra el desarrollo del compostaje, mediante ello se verifica si el medio es apto para que se de la actividad microbiana, es una variable que se encarga de todo el proceso de evolución del compostaje, las muestras se puede obtener de manera directa en las pilas (Guasco & Jaramillo, 2015).

El proceso de compostaje varía con valores aproximados de 6,5 a 8,0. Si el pH está de 4 y 5, quiere decir que el nivel de desintegración no ha sido el correcto, si el pH es inferior a 5,5 (ácidos), quiere decir que el proceso ha tenido un retraso y si esta supera los 9,5 es considerado compost básico que evita el desarrollo de microorganismos en el ambiente (Ávila, 2015).

### **2.6.2. Relación carbono/nitrógeno**

Es un parámetro esencial para mantener el equilibrio de degradación entre los residuos orgánicos que ingresan a las pilas, estas ayudan a sintetizar proteínas y acelerar los procesos metabólicos con la finalidad de sostener energía para la supervivencia de distintos microorganismos (Mancha, 2018). Lo que corresponde a la interacción C/N de los materiales ya sea seco o fresco para el progreso adecuado del compostaje debe mantener el equilibrio dentro de las 25 unidades de C/N (Sztern & Pravia, 2012).

En la Tabla 2 se puede evidenciar la relación C/N que tiene cada material:

Tabla 2: Relación Carbono/Nitrógeno de algunos residuos

<b>Materias primas</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Solidos totales %</b>	<b>Carbono % (seco)</b>	<b>Nitrogeno % (seco)</b>	<b>Relación C/N</b>
Vacuno	79	21	32	1,5	21
Ovino	73	27	60	3,7	16
Equino (caballo, mula, buey)	75	25	47	2,4	20
Bagazo de caña	46	85	48	0,32	150
Totorales	35	65	41	0,20	178
Hojas de piña	87	50	41	2,52	16
Hojas de plátano	89	11	42	1,1	38
Pasto	67	33	40	2,52	16
Hierba y hoja seca	50	51	41	1	41

Fuente: Energía Desarrollo y Vida -EDEM, Gordillo et al (2011), Andrade (2008).

### **2.6.3. Nitrógeno total**

La concentración total de nitrógeno presente en los residuos orgánicos, ha generado un alto grado de impacto ambiental cuando el compost no ha llegado a su etapa terminal y se requiere de medidas adecuadas para controlar la concentración carbono/nitrógeno. Sin embargo, con el tiempo las emisiones de N ocasionan problemas como: efecto invernadero, lluvia ácida, gases, fuentes que deterioran la calidad del suelo, pero también

pueden llegar a ser buenos indicadores en la madurez del compost (Acosta & Peralta, 2015).

#### **2.6.4. Carbono orgánico total (COT)**

La concentración inicial del carbono no va a ser la misma al final del proceso de compostaje, ya que al avanzar los meses ésta empieza a disminuir dando paso a la maduración del compost (Montes, 2018). Se encuentra de manera directa y en gran abundancia en la naturaleza, muchas de las veces es de difícil descomposición pero las actividades metabólicas de los microorganismos generan un buen funcionamiento dentro del proceso (Godoy, 2021).

#### **2.6.5. Materia orgánica**

Está considerada dentro de los factores esenciales al momento de iniciar el proceso de compostaje ya que de ella depende la relación del tamaño de partículas, contenido de humedad y la relación C/N (Fallas, 2016). Se aplica la técnica del compost para evitar la aglomeración de materia orgánica generada durante la producción agrícola y contaminación del suelo (EMPROTEC, 2019).

#### **2.6.6. Conductividad eléctrica**

Esta va depender del material con el cual se inicia, ya que todos los residuos no poseen la misma concentración de sales, presencia de amonio o nitrato, generalmente la CE está ascendiendo durante todo el transcurso del compostaje debido a la humedad que generan los residuos (Bueno et al., 2017).

#### **2.6.7. Fósforo(P)**

El fósforo está presente en los residuos orgánicos en forma de ácidos, nucleicos, fosfolípidos y son de vital importancia a nivel metabólico, considerando que un buen compost posee los límites como valor mínimo 1% y máximo 4% (Acosta & Peralta, 2015). Porras (2013) expresa que el fósforo promueve no solo al desarrollo de las plantas, sino que también alimenta a sus raíces para que estas puedan sostenerse y favorecer a la maduración de frutos.

### **2.6.8. Potasio(K)**

De acuerdo a Porras (2013) sin potasio la planta empieza a tornar de color amarillenta, sin floración y decrecimiento de los frutos. Para Román et al (2015) el Potasio en el compost es muy importante ya que ayuda a sintetizar las proteínas y carbohidratos en las plantas.

## **2.7. Propiedades microbiológicas del compost**

El compost ayuda a que el suelo esté aireado, por lo que no importa el tamaño radicular, si no, la concentración microbiana (hongos y bacterias) que acelera el proceso mediante parámetros metabólicos que aumentan la temperatura, pH y humedad (Goya, 2013 ; Camacho et al., 2014).

### **2.7.1. Bacterias fototróficas**

Las bacterias fototróficas son las que se encargan de sintetizar sustancias en presencia de la luz como: glúcidos, aminoácidos y ácidos nucleicos, a partir de sustancias orgánicas importantes para que una planta pueda desarrollarse (Goya, 2013).

Conocidas por su alto índice de reproductividad y por su alta concentración en los sucesos de desintegración en un porcentaje del 80%- 90% del compostaje, así como también son considerados por su alto grado de diversidad metabólica que se encargan de degradar químicamente enzimas presentes en los residuos orgánicos (Laich 2011).

### **2.7.2. Bacterias ácido lácticas**

Son las encargadas de producir algunos carbohidratos y azúcares, estas bacterias ayudan a descomponer mediante la fermentación residuos que contienen lignina y celulosa, desintegrando aquellos efectos que no tienen compatibilidad como la materia orgánica no descompuesta (Research Organization, 2019). Para Tanya & Leiva (2019), son microorganismos que cumplen distintas funciones, por lo tanto pueden solubilizar algunos compuestos presentes en las rocas como el fosfato y la cal.

### **2.7.3. Bacterias fotosintéticas**

Denominadas a aquellas sintetizadoras de sustancias en presencia de la luz solar. Por lo tanto Escobar (2014) expresa que también son fijadoras de nitrógeno y carbono en forma de moléculas orgánicas.

#### **2.7.4. Hongos**

Al estudiar los distintos tipos de hongos que aparecen en el compost , se necesita establecer el control de la temperatura para conocer el nivel de supervivencia, ya que según estudios se ha demostrado que los hongos pueden soportar etapas ya sea mesofílica o termofílica, las mismas que se encuentran a 40°C (Saez, 2000).

#### **2.7.5. Levadura**

Las levaduras se encargan de sintetizar sustancias antimicrobiales a partir de azúcares y aminoácidos que son útiles para el desarrollo de las plantas (Cajahuanca, 2016 ; Soriano 2016). Estos microorganismos aceleran el proceso de degradación de carbohidratos y proteínas presentes en la materia orgánica (Balarezo, 2019). Se considera que una parte de su metabolismo se encarga de producir etanol (Morocho & Mora, 2019).

Para Guasco & Jaramillo (2015) las levaduras descomponen complejos polímeros vegetales bajos en nitrógeno y la mayoría se encuentra presente en la parte superior del compost cuando la temperatura aumenta, creando en los residuos capas grises o blancas.

### **2.8. Calidad del compost**

Para Gómez (2006) la calidad va a depender de algunos elementos empezando por sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos hasta la introducción de Microorganismos Benéficos, para ello se debe tener en cuenta un proceso de seguimiento riguroso, mediante el cual se determina el tipo de compost a obtener. Rivas & Silva (2020) establecen que, hay varias formas de referirse a la calidad de compost, pero el mejor camino es estableciendo las características fundamentales para que el compost obtenido sea una buena opción de remplazo por el fertilizante químico.

Soliva & López (2004), expresan que las características como: el color, olor, humedad, temperatura y granulometría son parámetros que permiten la estabilización y aceptación del producto en el campo. Ansorena et al (2014) describen, que las características indispensables que ayudan a mantener el balance hídrico del suelo van a depender de dos factores importantes como la densidad y su capacidad de retener agua.

Ansorena et al (2014) describen que hay 2 tipos para determinar las propiedades químicas; aquellas que permiten conocer la concentración de carbono orgánico, sustancia y nutrientes (fósforo, nitrógeno, sodio, potasio) y la que determina aquella fracción que puede ser asimilable por la planta.

Las características microbiológicas indican la fertilidad del suelo y con ello se conoce si el compost puede ser utilizado como mejorador del suelo (Naranjo, 2013). De manera que Cruz et al (2021) considera al compost que es de buena calidad cuando no posee patógenos, nematodos y semillas ya que estos pueden contaminar el suelo y cultivos.

### **2.9. Uso del compost**

Naranjo (2013), manifiesta que el compost conlleva a mejorar varios inconvenientes como: erosión apresurada, suelos ácidos, pérdida genética de la fertilidad en sentido extenso, suelos cansados por monocultivo etc.

El compost es un método que se aplica para reducir el lapso de tiempo de desintegración de la materia orgánica, a menor tiempo, mayor calidad de tal manera que se puede obtener múltiples beneficios en el sector agrícola, evitando la emanación de olores desagradables, lixiviados, dióxido de carbono y metano, gases perjudiciales para el ambiente (Avila, 2015).

### **2.10. Fitotoxicidad del compost**

Se la considera al compost con una alta concentración de nitrógeno lo que hace que se produzca el amonio( $\text{NH}_3$ ), esto debido a que no se verificó las condiciones de temperatura y humedad, creando consigo un medio tóxico que evita el crecimiento de las plantas, generando olores desagradables, aumentando la cantidad de compuestos químicos que deterioran la calidad de las plantas e inclusive las semillas (Román et al., 2015).

De acuerdo a Porras (2013) si el compost posee metales pesados (cadmio, plomo, arsénio, selenio y mercurio), esta puede ser tóxica al momento de ser aplicados en cultivos ya que retrasa el desarrollo de la planta y provoca floración prematura. Dicho esto Román et al (2015) si mediante la cadena trófica los metales pesados son asimilados por plantas-animales y seres humanos, se mantendrá una cadena cíclica de problemas de salud sobre todo en la humanidad.

### **2.11. Aspectos tomados en cuenta en el proceso de compostaje**

Hay que tomar en cuenta aspectos importantes dentro de todo el proceso de compostaje ya que hay varios parámetros por las que cambia de las cuales son: temperatura, relación C/N, pH o la alimentación, el número de especies de microorganismos siempre van a estar cambiando, motivo por el cual todos los procesos son diferentes, ya sea por su acidez,

capacidad de nutrientes, variación en el tamaño de partículas, aireación y humedad (Montero 2019).

### **2.11.1. Aireación**

La aireación es aquella que permite un control adecuado de temperatura y humedad presentes en los desechos orgánicos, mediante la degradación microbiana, una mala ventilación, un control inadecuado, empieza a crearse condiciones desfavorables para el medio ambiente, fermentándose de manera anaeróbica, creando malos olores como el olor a amoníaco (Ávila, 2015).

### **2.11.2. Volteo**

Esta práctica es importante porque mediante ella se crea un ambiente benéfico para que el desarrollo del compostaje lleve un proceso adecuado de degradación aeróbica, el mismo que permite airear zonas de difícil acceso, así como también permite humedecer el material para que esta no se seque (Montero, 2019).

## **2.12. Sistemas de procesos de compostaje**

Ya sea el método o sistema que se utilice el objetivo principal es obtener un compost limpio y estable libre de metales pesados y microorganismos patógenos, un sistema que se encargue de conseguir la temperatura necesaria y el grado óptimo de aireación (Saez, 2000).

### **2.12.1. Sistema de compostaje abierto**

Se sugiere este procedimiento para volúmenes mínimos de 1 metro cúbico (Guizado, 2018). Este tipo de sistemas manejan un bajo costo económico, instalación sencilla pero hay una desventaja y es que acarrea todo tipo de vectores por malos olores (Gutiérrez, 2013).

### **2.12.2. Sistema de pilas por volteo**

Técnica considerada como la más antigua, sistema de fácil manejo en la cual los residuos orgánicos introducidos en la pila se voltea de manera periódica para controlar la humedad, porosidad y temperatura (Saez, 2000). Se caracteriza por homogenizar la mezcla de manera que se pueda mantener el equilibrio de degradación dentro del proceso de compostaje (Gutiérrez, 2013).

### 2.12.3. Sistemas de compostaje cerrado

Denominado a aquel sistema con instalación cerrada como se ilustra en la (Figura 2) en la cual los residuos a compostar que no entra en contacto directo con el ambiente, si no que pasa por sistemas ya diseñados ya sea de conductos o turbinas, esto hace que se concentre de manera rápida y la degradación sea de manera instantánea y completa, minimizando el efecto que ocasiona graves lesiones ambientales (Gordillo et al., 2011)

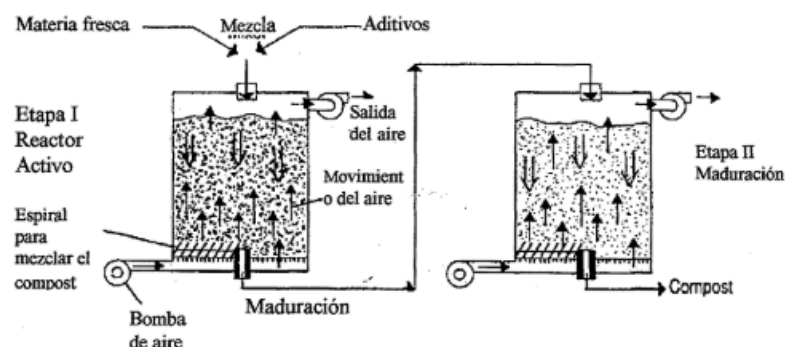


Figura 2: Sistema del proceso de compostaje cerrado

Fuente: (Guizado, 2018)

### 2.12.4. Sistema en reactores

Con respecto a los sistemas de reactores en la Figura 3, se reciben volúmenes relevantes de desperdicios, la misma que permite mediante la fermentación activar biológicamente la disgregación de los desperdicios orgánicos con el proceso aeróbico (Sztern & Pravia, 2012).

También se encarga de dividir varios niveles de residuos que están en proceso de compostaje, colocando los residuos en la parte más alta, dejando que un mecanismo se encargue de disminuir la masa y que esta a su vez vaya disminuyendo hasta que la materia orgánica llegue a su punto máximo y haya finalizado con su etapa de maduración (Guizado, 2018).

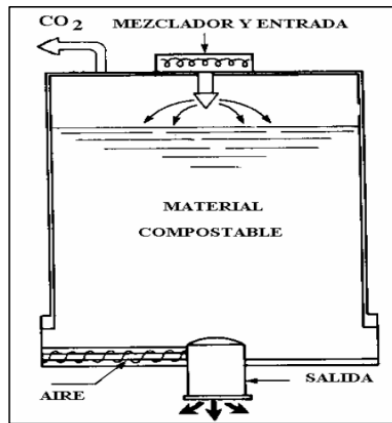


Figura 3: Reactor cilíndrico para activación microbiológica  
Fuente: (Guizado, 2018)

## 2.1. Microorganismos benéficos

Estos microorganismos se encargan de conducir del 80% al 90% secuencias biológicas que se desarrollan en el suelo (Cruz et al., 2021). Alfonso et al ( 2007) expresan, que los beneficios del uso de microorganismos benéficos ayudan a la desintegración de restos orgánicos, aportan nutrientes en el suelo, desintoxican el hábitat, evitan enfermedades en las plantas y producen hormonas que estimulan el crecimiento de la planta.

Para Largo (2020), los MB son importantes por las funciones que cumplen como son:

- Se encargan de fijar el Nitrógeno en la atmósfera.
- Son los encargados de desintegrar restos orgánicos.
- Eliminan patógenos que se transmiten a través del suelo.
- Contienen gran cantidad de nutriente que aportan al desarrollo de las plantas.
- Se encargan de degradar sustancias tóxicas.
- A través de su metabolismo pueden producir bioactivos o antibióticos.

## CAPÍTULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Zona de estudio

En la Figura 4, se observa la zona geográfica de la finca DOÑA LUISA, lugar en el que se ejecutó el proyecto “Compostaje de residuos de piña, caña y plátano con aplicación de Microorganismos Benéficos” ubicada dentro de la parroquia Bomboiza que corresponde a la provincia de Morona Santiago.

##### 1.1.1. Límites de la parroquia Bomboiza

Mediante estudios analizados por el GADMG (2013) la parroquia Bomboiza posee los límites:

Norte: con la parroquia El Ideal, Nueva Tarqui y el cantón San Juan Bosco.

Sur: con el cantón el Pangui.

Este: con Perú.

Oeste: con el cartón Yantzaza y la parroquia Amazonas.

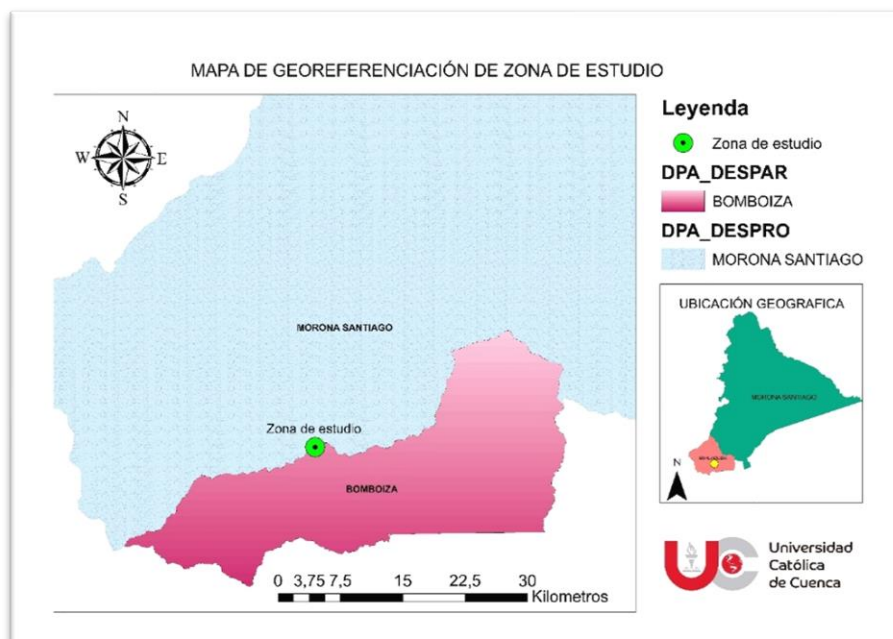


Figura 4: Mapa de ubicación de la parroquia Bomboiza

### 3.2. Condiciones meteorológicas de la parroquia Bomboiza

En la parroquia Bomboiza la temperatura varía desde los 10°C a los 22°C, posee una media anual de 1750 mm de precipitación, la humedad varía de un 49% a 94%, el viento transita 2 km/h de este a oeste y se encuentra ubicada en la Cuenca Hídrica del Santiago (GADMG, 2020).

### 3.3. Tipo de investigación

El proyecto se ejecutó mediante un diseño experimental y práctico que consistió en dar seguimiento a dos tratamientos T1 se insertó un biopreparado fuente de microorganismos benéficos y T2 sin inserción de MB, utilizando el sistema de compostaje abierto, analizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos, las cuales permitieron conocer las características, propiedades y la calidad de compost elaborado.

#### 3.3.1. Diseño experimental

La Figura 5 presenta el diseño experimental completo, utilizado en el proyecto de investigación en el cual se presenta 2 tratamientos con 2 repeticiones.

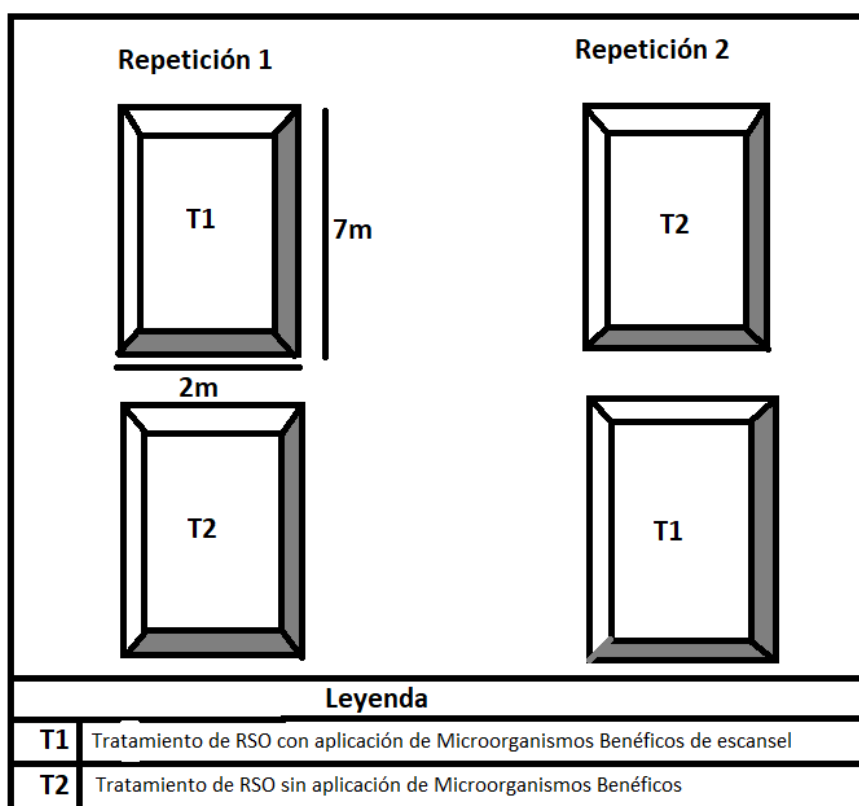


Figura 5: Unidades experimentales del compost

En el presente trabajo fue elaborado utilizando 3 tipos de residuos biodegradables generados en la producción de la finca “DOÑA LUISA”, en el tratamiento T1 una fuente de microorganismos, tres combinaciones de residuos (hojas de plátano, bagazo de caña, hojas de piña), tratamiento T2; sin fuente de microorganismos y los mismos residuos. Los 3 tipos de residuos fueron incorporados a las pilas y entreveradas hasta obtener una mezcla homogénea. El porcentaje correspondiente a las tres combinaciones de residuos fue 18,19% bagazo, 18,19% hoja de plátano 61,68 % de hoja de piña.

### **3.3.2. Material experimental**

La Tabla 3 presenta que para la obtención del compost se recolectaron los residuos de los cultivos de piña, plátano y caña de la finca “DOÑA LUISA” restos provenientes de la cosecha y procesamiento los mismos que fueron: bagazo de caña (200kg), hojas de plátano (200 kg) y hojas de piña (643,9 kg), que ocupó 14 metros cuadrados de superficie, total de 1043,9 kg de desechos convertibles.

En la pila para el tratamiento T1, se introdujo tres tipos de desechos como: hojas de piña, hojas de plátano y bagazo de caña con aplicación de 3000ml de Microorganismos Benéficos cada semana.

Para el tratamiento T2, se hizo el mismo procedimiento que el tratamiento T1, pero sin la aplicación de Microorganismos Benéficos (MB).

Tabla 3. Cantidad de RSO presentes en el T1 yT2

<b>Tratamiento</b>	<b>Residuos sólidos</b>	<b>Peso (kg)</b>	<b>Dosis de MB/Semana</b>
T1	Residuos Sólidos Orgánicos de la finca “DOÑA LUISA”	521,95	3000 ml
T2	Residuos Sólidos Orgánicos de la finca “DOÑA LUISA”	521,95	Sin aplicación de MB

### **3.3.3. Flujograma del proceso de compost**

Para obtener un compost con características favorables es muy importante de manera directa pueda visualizar en el siguiente flujograma (Figura 6) la secuencia de los procesos físicos, químicos y microbiológicos que tomó este proceso de degradación de residuos orgánicos:

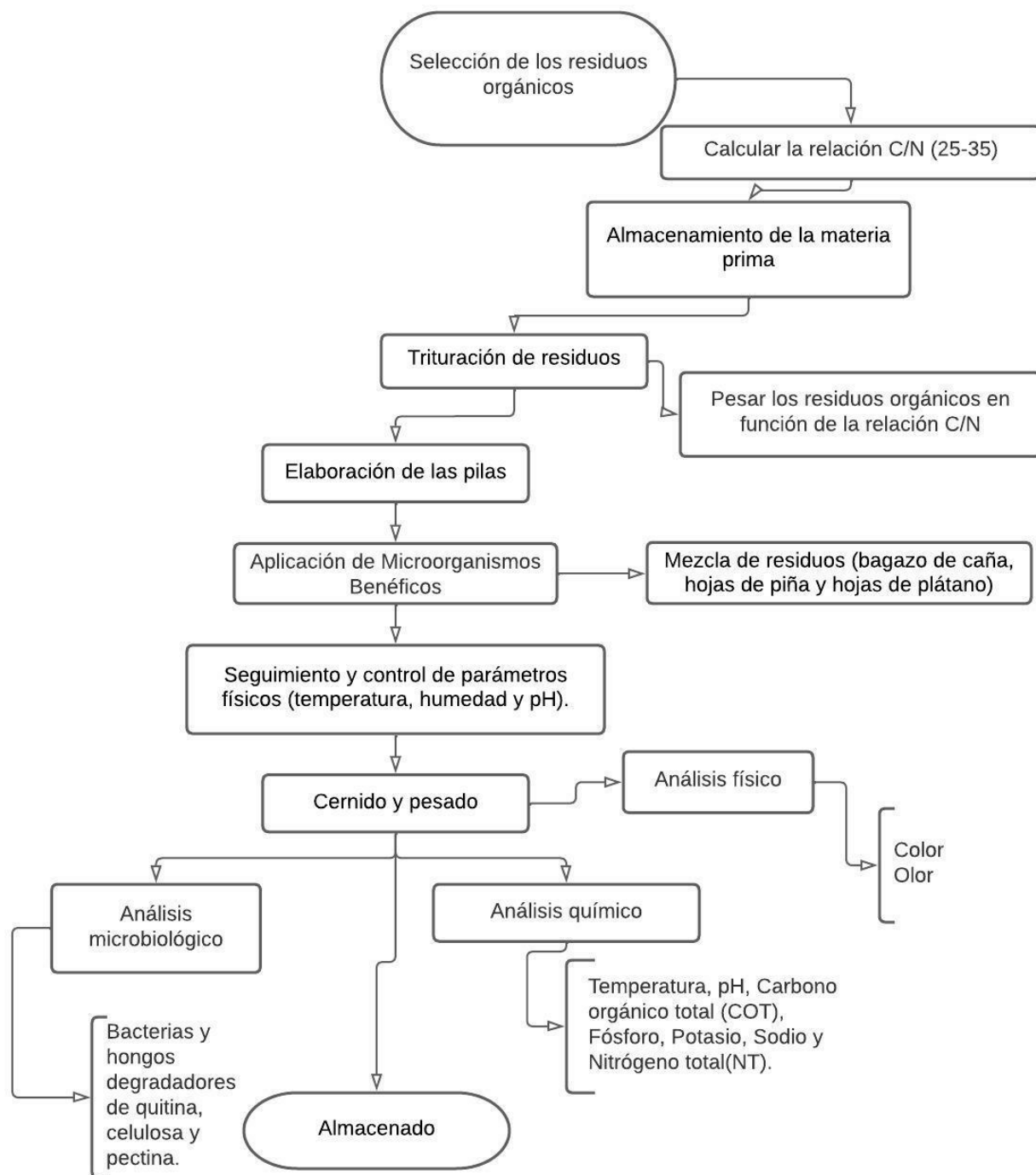


Figura 6: Flujograma del proceso de compostaje

### 3.3.4. Variables físicas, químicas y microbiológicas del compost

Para que el compost pueda ser utilizado, debe cumplir con ciertas propiedades (Figura 7), caso contrario no serviría de nada la aplicación en cultivos, jardinerías si no cumple con los parámetros establecidos que la vuelvan un compost de calidad.

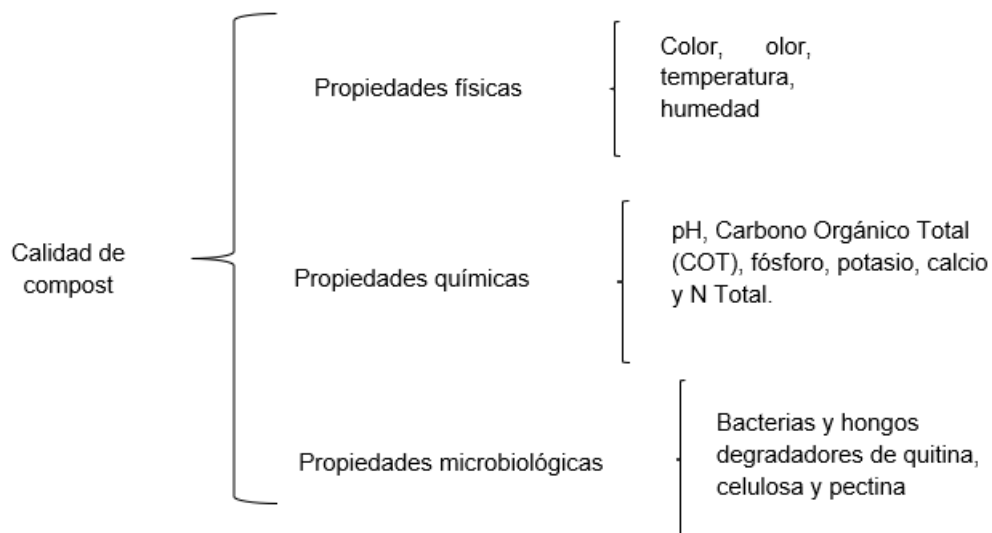


Figura 7: Variables físicas, químicas, microbiológicas tomadas para verificar la calidad de compost

### 3.4. Materiales, equipos e insumos utilizados durante el desarrollo y madurez del compost

Los siguientes materiales, insumos y equipos utilizados para llevar un desarrollo adecuado en el compostaje son:

#### 3.4.1. *Materiales para la construcción de la compostera*

- Madera
- Clavos
- Metro
- Arena
- Cemento
- Plástico
- Nivel

#### 3.4.2. *Materia prima utilizada para obtener compost*

- Bagazo de caña
- Hojas de plátano
- Hojas de piña

#### 3.4.3. *Materiales para la fuente de microorganismos*

- Microorganismos benéficos

- Melaza
- Agua
- Hígado
- Planta de escancel
- Tina
- Jarra

#### **3.4.4. *Material de equipo de monitoreo***

- Balanza
- Termómetro
- Medidor de pH

#### **3.4.5. *Material de control de volteo y riego***

- Lampa
- Pala
- Pico
- Rastrillo
- Guantes
- Mascarilla
- Overol
- Manguera
- Agua

#### **3.4.6. *Material de limpieza de los alrededores del compostaje***

- Recogedor
- Escoba
- Desinfectante
- Herbicida

### **3.5. Preparación de la solución madre**

Para obtener Microorganismos Benéficos con utilización de muestra vegetal se cumplió con los procedimientos de manera ordenada de acorde a lo establecido en el laboratorio (Alvarez et al 2018).

Para Goya (2013) esta solución proviene de un proceso natural a partir de una especie vegetal en la cual se adicionan inoculantes que sirven para incrementar la actividad microbiana en el resultado (compost), así como también apresura el proceso de disgregación de los desechos orgánicos, misma que será utilizada en diferentes actividades agrícolas.

En la Figura 8 se observa el Escancel picado, misma que sirvió para obtener una fuente de Microorganismos Benéficos.



Figura 8: Muestra vegetal de escancel para obtener Microorganismos Benéficos

Se utilizó el hígado de res debidamente lavado y cortado (Figura 9) para evitar impurezas.



Figura 9: Muestra de hígado de res

En la Figura 10, se visualiza todos los ingredientes necesarios en medidas adecuadas que sirvieron para el aislamiento de Microorganismos benéficos: el escancel, la melaza, el hígado de res, la sal; se mezclaron y se dejó reposar por 7 días de manera que

no intervenga la luz solar y esta mezcla pueda alcanzar su proceso adecuado de activación de microorganismos.



Figura 10: Componentes para obtener la fuente principal (solución madre)

### **3.5.1. Activación de Microorganismos Benéficos**

Se obtuvo una solución madre y se procedió a la activación de los MB:

- a) Para eliminar el cloro presente en el agua, se dejó en reposo 60 litros por un tiempo determinado de 48 horas.
- b) Los 4 litros de biopreparado (Solución Madre) se mezcló con 60 litros reposados de agua, mismo que después de un lapso de 3 días se visualizó una capa blanquecida (Figura 11).



Figura 11: Capa blanquecina de escancel

### **3.6. Determinación de las características físicas del compost**

Se tomó en cuenta los restos orgánicos que van a ser desintegrados mediante el proceso de compostaje las cuales son: bagazo de caña, hojas de piña y hojas de plátano.

### **3.6.1. Recolección del bagazo de caña**

Una vez extraída el jugo de caña, grandes cantidades de residuos quedan expuestos al aire libre en la finca (Figura 12), se recolectó 200kg, se picó y se llevó a las pilas donde se dio el proceso de compostaje.



Figura 12: Molienda de caña

### **3.6.2. Recolección de la hoja de plátano**

Una vez que el plátano llega al estado de cosecha, grandes cantidades de residuos quedan en el piso (Figura 13), se recolectó un total de 200kg de desechos de plátano se trituró y se adicionó a las pilas para su respectivo proceso.



Figura 13: Residuos de la cosecha del plátano

### **3.6.3. Recolección de la hoja de piña**

Se recolectó 643,9 kg de residuos de hojas de piña (Figura 14), las mismas una vez que llega el proceso de cosecha quedan expuestas al medio ambiente.



Figura 14: Recolección de residuos de piña.

#### **3.6.4. Adecuamiento del terreno**

Se rozó el terreno con la ayuda de un machete, dejando el espacio adecuado para la construcción de la compostera: 16 m de largo y 7 m de ancho, para poder realizar los respectivos volteos, se delimitó el área para para la elaboración de las pilas donde se llevó proceso de degradación de los desechos biodegradables en los tratamientos T1 y T2.

#### **3.6.5. Elaboración de las composteras**

Para la elaboración de las composteras:

- Se utilizó madera, plástico y clavos.
- Las dimensiones fueron: 2m de ancho, 0,5m de altura y 7m de largo tanto para el tratamiento T1 y T2.
- Las pilas con aplicación de microorganismos, tratamiento T1 estuvieron separadas a 2 m de distancia del tratamiento T2.
- Cada pila fue adecuada con 549.7 kg de desechos de bagazo de caña, hojas de plátano y hojas de piña.



Figura 15: Medición de las tablas para la adecuación de las pilas

### 3.6.6. Llenado de los residuos en las composteras

Una vez que se obtuvo la relación C/N, se procedió a picar y mezclar todos los residuos quedando una mezcla homogénea en porcentaje de: bagazo 18,19%, hojas de plátano 18,19% y hojas de piña 63,61%. Mantener el equilibrio durante en el desarrollo del compost y aplicar Microorganismos Benéficos, disminuye el tiempo de transformación de los residuos orgánicos permitiendo a cierta materia orgánica degradarse con mayor facilidad.

Para Soriano (2016) es muy importante el cálculo de la relación C/N ya que esta permite mediante el carbono aportar energía y sintetizar proteínas mediante el Nitrogeno. El C/N se aplicó en proporciones adecuadas para mantener el equilibrio de degradación entre los residuos biodegradables ingresados en las pilas para el tratamiento T1 y T2, se tomó en cuenta 200 kg de hojas plátano y 200 kg de bagazo de caña, para las dos pilas y para establecer la relación C/N se calculó de acorde a los datos en la Tabla 2 y mediante la Ec1.

Se determina la relación C/N, mediante la ecuación Ec1 planteada (Andrade, 2008):

$$Ec1. \quad K = \frac{C1T1X1+C2ST2X2+C3ST3X3}{N1ST1X1+N2ST2X2+N3ST3X3} \dots \dots \dots \frac{+CnSTnXn}{+NnSTnXn}$$

Donde:

K: Es la relación C/N para mantener el equilibrio de degradación en cada uno de los tratamientos.

C: Carbono de cada residuo

ST: Sólidos totales de cada residuo

$$K = \frac{C1T1X1 + C2ST2X2 + C3ST3X3}{N1ST1X1 + N2ST2X2 + N3ST3X3}$$

$$25 = \frac{(41)(200kg)(0,115) + (48)(200kg)(0,85) + (41)(0,5)X3}{(1,1)(200kg)(0,11) + (0,32)(200kg)(0,85) + (2,52)(0,5)X3}$$

$$25 = \frac{(9048) + 20,5X3}{78,5 + 31,5X3}$$

$$25(78,5 + 31,5X3) = 9048 + 20,5X3$$

$$X3 = \frac{9048 - 1965}{11}$$

$$X3 = 643,90 \text{ kg}$$

### **3.6.7. Inoculación de Microorganismos Benéficos**

Para agregar Microorganismos Benéficos (Figura 16), se aplicó 2 veces por semana conjuntamente con el riego de agua en el momento que se volteaba las pilas hasta que culmine con el proceso de maduración y obtención del compost, la dosis aplicada fue 3000 ml por la unidad experimental.



Figura 16: Aplicación de microorganismos benéficos en las pilas

### **3.6.8. Datos de temperatura durante el proceso de compostaje**

La toma de datos en el extremo y centro de cada una de las pilas antes de iniciar con el volteo, fue todos los días 13:00 pm introduciendo el termómetro en la mitad de la pila tanto para el tratamiento T1 y T2 (Figura 17), con un termómetro con pilas para suelo (Gordillo et al., 2011).



Figura 17: Termómetro registrando temperatura 13:00 pm

### **3.6.9. Datos del pH durante el proceso de compostaje**

Se tomó en cuenta el pH cada semana antes del volteo de la pila, durante las 17 semanas respectivamente (Figura 18).



Figura 18: Muestra de datos del pH

### **3.6.10. Riego de agua en las pilas**

Este proceso se realizó de forma manual de manera que esta pueda distribuirse en toda la pila y así pueda la materia orgánica mantenerse con humedad del 30% al 40% para la obtención de mejores resultados sin alterar el proceso de compostaje (Soriano, 2016).

### **3.6.11. Volteo de pilas**

Esta fue de manera manual (Figura 19), haciendo uso de una pala, rastrillo y equipo de protección, cada tratamiento tuvo sus materiales para evitar cualquier tipo de alteración o contaminación del medio, por cada volteo se aplicó 1500 ml de microorganismos benéficos y al mismo tiempo el riego.

El volteo se realizó dos veces por semana, se aplicó 5% de Microorganismos Benéficos (3000 ml), cuyo propósito fue aumentar la velocidad de degradación durante el desarrollo y madurez del compost.



Figura 19: Volteo manual para facilitar la descomposición de los residuos.

### **3.6.12. Cosecha del compost**

Una vez completado todos los procesos y los residuos a compostar pierden sus características iniciales, se verificó el color marrón oscuro, estable temperatura, pH neutro y relación C/N, parámetros que permitieron conocer el estado final del compost y así esta pueda ser cosechada.

### **3.7. Determinación de los parámetros químicos en el compost**

Se determinó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del compost mediante 1,5 kg de muestra por cada tratamiento del proceso de compostaje culminado, se empaquetó y se procedió a enviar al laboratorio BIONIKA LABS, que se encuentra ubicada en Quito para sus respectivos análisis.

#### **3.7.1. Conductividad eléctrica (CE)**

Determinaron mediante la metodología Std Methods 2510 B en medición directa, mediante envases de plásticos, los mismos que fueron analizados de manera inmediata para evitar la alteración o afectación en los resultados, así como también se verificaron que el conductímetro este en perfecto estado y calibrado, para evitar posibles fallas en los resultados (IDEAM, 2017).

#### **3.7.2. Materia orgánica**

Existen varios métodos por las cuales se puede determinar la concentración de materia orgánica (MO), y el método que utilizado fue (Walkley-Black), que consistió en emplear una solución excesiva de dicromato de potasio, el mismo que permitió conocer las características específicas que hace que entre en proceso de pérdida de materia orgánica (Guamán, 2018).

#### **3.7.3. Carbono orgánico total (COT)**

Se determinó mediante el método Walkley-Black (NCT 5167), donde el suelo pasa por un proceso de oxidación mediante la adjudicación estandarizada de dicromato de potasio, utilizando una solución crómica y el calor que es aprovechado del proceso de dilución de un ácido sulfúrico que ha sido concentrado (García & Ballesteros, 2005).

### **3.8. Determinación de elementos nutritivos presentes en el compost**

Balarezo (2019) considera que determinar macro y micro elementos en el resultado (compost) son de vital importancia porque mediante ello se conoce las propiedades que favorecen a la productividad del suelo y que de una u otra manera pueden aportar a los sectores agrícolas.

#### **a. Nitrógeno total**

La metodología que tomaron en cuenta fue KJELDAHL (Digestión húmeda) que consistió en oxidar el amonio mediante una digestión ácida con ácido sulfúrico, una vez que pasó de nitrógeno a amonio analizaron mediante una destilación para evitar que haya toxicidad en el compost (Tortosa, 2014).

#### **b. Fósforo**

La concentración de Fósforo fue determinada en laboratorio con la metodología (AOAC 965,09), en la cual tomaron en cuenta 10 gr de prueba seca, lo tamizaron por una malla de 2 mm hasta que se mineralice el fósforo presente mediante una digestión húmeda, utilizando un espectrofotómetro con lámpara UV para encontrar la concentración presente de fósforo (P) en el compost (Ramangnoli, 2018).

#### **c. Potasio**

El método empleado en laboratorio que les permitió determinar la presencia de potasio en el compost fue, mediante la absorción térmica, un método considerado por su fácil manejo y exactitud, que se mide por radiación en el rango de 766-770 con la ayuda de un filtro adecuado de aire-acetileno que se encarga de pulverizar la disolución de la muestra (Puentes & Coronado, 2014)

### **3.9. Análisis microbiológico en el compost**

Para determinar la concentración de microorganismos degradadores de quitina (Qt), celulosa (Ce), y pectina (Pc), se recolectó 1,5 kg tanto para el tratamiento T1 y T2 con sus respectivas repeticiones, con un total de 3 kg, las muestras fueron empaquetadas, selladas y enviadas al laboratorio ubicado en la ciudad de Quito denominada, BIONIKA BIODÉSINTEL CIA.LTDA para su respectivo análisis.

Para el análisis cualitativo de microorganismos degradadores de quitina, pectina y celulosa en laboratorio, se determinó por el método dilución en serie y recubrimiento, por cada tratamiento, se tomó una muestra de 1 g de suelo transfiriéndola a un tubo de ensayo con 9 ml de solución de peptona, agitándolas por 45 min a 120 rpm (rotaciones por minuto) y

para la identificación se llevó a cabo mediante aislamiento en medios selectivos y caracterización morfológica de colonias por el sistema Identificación Microbiana Portátil MicroLog de Biolog (Alves et al., 2022). Este sistema identifica células en función de la capacidad de metabolizar algunos bioquímicos identificando sus propiedades fisiológicas, incluyendo el pH y la sensibilidad química. Las identificaciones se pueden realizar por el método de espectrometría (desorción/ionización láser asistida por matriz) que utiliza placas MALDI desechables en las que se mezcla el microorganismo con un reactivo de matriz especializado. La mezcla muestra/reactivo se irradia con un láser ultravioleta pulsado de alta intensidad, dando como resultado la expulsión de iones gaseosos generados a partir de los diversos constituyentes químicos del microorganismo (California State University Affordable, 2023).

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Determinación de características físicas (olor, color) del compost

Para obtener algunas características físicas se mandó hacer los respectivos análisis de laboratorio en la cual se determinó las siguientes cualidades tomadas en cuenta en la (Tabla 4), para el tratamiento T1 con aplicación de Microorganismos Benéficos un color característico marrón oscuro, olor tierra vegetal y 3 de categoría; para el tratamiento T2 el color fue marrón claro, con olor neutro y categoría 2.

Tabla 4: Características físicas (color y olor) del compost según su categoría

<b>Tratamientos</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>categoría</b>
T1	Marrón oscuro	Tierra vegetal	3
T2	Marrón claro	Neutro	2

Quinatoa (2012) en su investigación aclara que es importante determinar las características físicas del compost para conocer su estructura ya que de ella va a depender mucho la utilización en los campos agrícolas. Escobar (2014) expresa que el compost maduro obtiene un color marrón oscuro con una categoría 3, dando a conocer que ha terminado su proceso del compostaje. En la Tabla 4, se evidencian resultados que comprueba que la aplicación de MB tuvo mayor relevancia ante el tratamiento T2. Ante esto Julián & Ubillús (2003) acota que si el compost tiene un olor agradable, suave textura es apta para ser utilizada en el campo.

#### 4.2. Temperaturas

Se tomo el registro de temperaturas en el extremo y centro de cada pila del compostaje cada 24h al medio día 12:00 AM.

##### 4.2.1. Temperatura en el extremo de la pila para el tratamiento T1 y T2

Se presenta el promedio de temperaturas para el tratamiento T1, con 31,47°C, mostrando además que los datos de temperatura más alta alcanzada corresponden al tratamiento T1 con 40,86° C y el T2 con 40, 36°C (Tabla 5). En la semana seis se presentó otro pico alto de temperatura con 40,43°C y 39,86°C respectivamente. Las temperaturas finales registradas fueron 19,29°C y 18,50°C.

Tabla 5. Temperatura promedio del extremo de las pilas T1 y T2

<b>Temperaturas °C</b>		
<b>Semanas</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>
1	30,50	30,93
2	40,29	40,07
3	40,86	40,36
4	35,50	35,64
5	34,36	34,36
6	30,79	35,21
7	40,43	39,86
8	31,07	32,14
9	26,29	26,57
10	24,00	25,64
11	24,71	25,71
12	24,93	22,36
13	23,07	23,71
14	23,86	21,64
15	23,93	21,50
16	22,50	19,36
17	19,29	18,50

Se visualiza la curva del comportamiento de las temperaturas durante la evolución del proceso de compostaje (Figura 20), las primeras semanas estuvieron dentro de la fase mesofílica, también se evidenció que dentro de la segunda y tercera semana se elevó la temperatura mediante la actividad metabólica a causa de los Microorganismos Benéficos o consorcios microbianos lo que conlleva a alcanzar una temperatura de 40,23°C a 40,86°C, desde la semana 7 se puede apreciar el descenso de temperatura hasta obtener un valor de 19,29°C lo que dio a entender que el compost entró en la etapa de enfriamiento. Ávila, (2015) expresa, que durante la evolución del compost la temperatura sobrepasa los 40°C, comienza la reproducción de los actinomicetos que son bacterias encargadas de desintegrar celulosa y pectina. Soriano (2016) expresa que, voltear los residuos mejora la oxigenación y la temperatura empieza a descender de un 5°C a 10°C con respecto a su temperatura inicial hasta llegar a la fase de maduración.

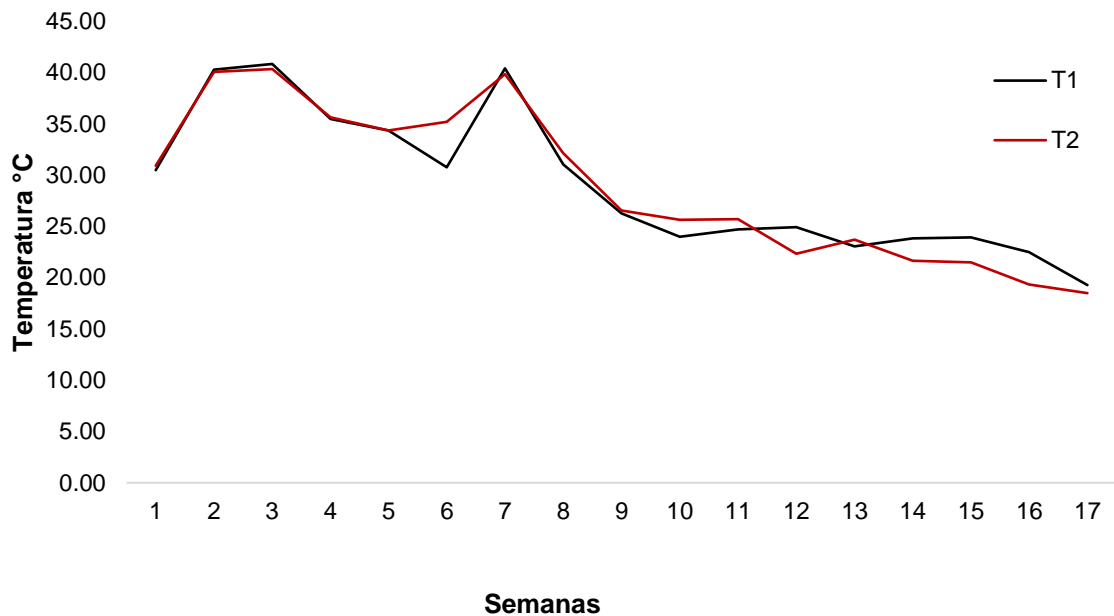


Figura 20: Temperatura de extremos de las pilas del proceso de compostaje

Ruiz (2003) explica que los factores climáticos como temperatura, son parámetros que ayudan a controlar el proceso de compostación que incrementa la población mesófila en un rango de (40-70) °C y a su vez es reemplazada por especies termófilas pues tienen una alta influencia en la rapidez de la descomposición. Así como también Ávila (2015) dice, que un buen control de temperatura que no sobrepase de los 60°C permite el crecimiento de actinomicetos y bacterias termofílicas que ayudan a descomponer la celulosa presente en los residuos orgánicos. Una temperatura estable crea condiciones ideales para el desarrollo de microorganismos ya que si sobrepasa los 35°C puede ocasionar muertes y si desciende de los 10°C estas tienden a no reproducirse (Balarezo, 2019).

### 1.1.2. Temperatura promedio en el centro de las pilas para en tratamiento T1 y T2

Se presenta el promedio de temperaturas tomadas en el centro de cada tratamiento (Tabla 6). De acuerdo con los datos analizados y obtenidos se puede decir que tanto en el tratamiento T2 como en el tratamiento T1 inoculación de consorcios microbianos registró temperaturas altas de 46,29 °C y 45,43°C en la semana tercera. Así como en la semana cuarta registró temperaturas de 40,57°C y 41, 86°. Al concluir con todo el proceso de compostaje se registró temperaturas de 16,71°C y 17,29°C, conociendo que la etapa de maduración llegó a su etapa final y que el compost está listo.

Tabla 6: Promedio de temperatura en el centro de las pilas T1 y T2.

Temperaturas °C		
Semanas	T1	T2
1	35,29	34,00
2	44,29	43,57
3	46,29	45,43
4	40,57	41,86
5	40,29	39,86
6	37,14	36,71
7	35,00	34,14
8	35,71	33,86
9	32,71	30,57
10	29,43	27,71
11	27,71	26,57
12	25,43	25,57
13	24,43	23,14
14	22,00	21,00
15	22,43	22,29
16	19,57	18,86
17	16,71	17,29

Se visualiza el comportamiento de temperatura durante las 17 semanas (Figura 21), respecto a la evolución y desarrollo del compostaje, los puntos más altos se evidenció en las semanas 2,3 y 4 de 46,29°C a 40,29°C en el tratamiento T1 con aplicación de consorcios microbianos, dentro de esta etapa se eliminan múltiples microorganismos que no son benéficos como: hongos, bacterias y algunos elementos biológicos no deseables (Ávila, 2015). En la quinta semana empieza a descender la temperatura y llega hasta 16,71 una temperatura estable, lo que corresponde a la etapa final que es la maduración.

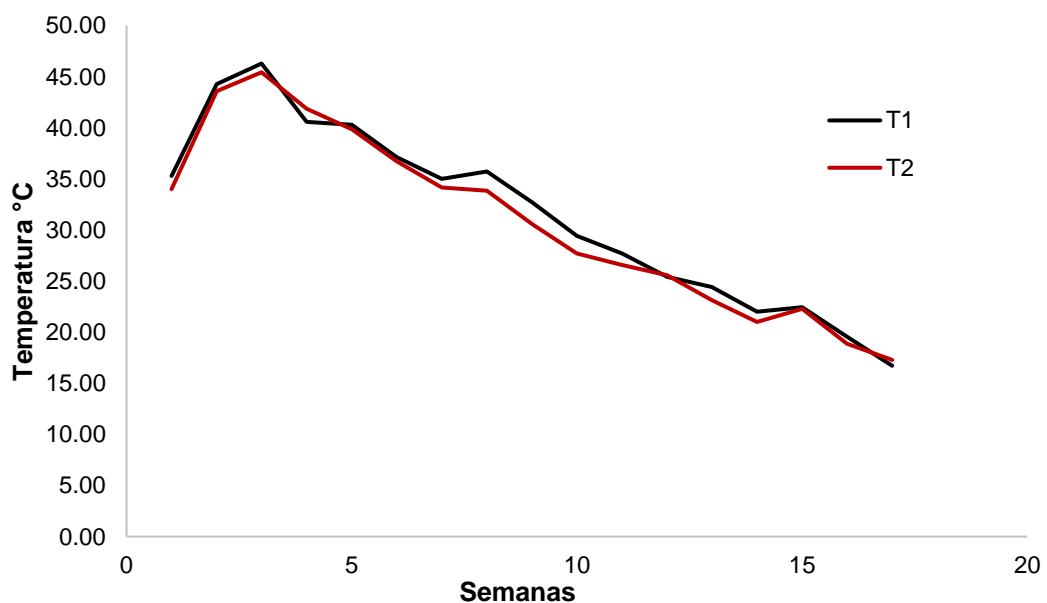


Figura 21: Temperatura promedio en el centro de las pilas del T1 y T2

Para la obtención de compost va a depender mucho de los factores climáticos de cada zona por esta razón Hannibal et al (2016) demostraron que en zonas bajas con temperaturas de 19°C a 27° el compost se obtiene en menor tiempo a comparación de las zonas altas (zona sierra).

La aplicación de MB en residuos orgánicos acelera el proceso de compostaje, disminuye el tiempo de degradación. Goya (2013) menciona que, el desarrollo del compostaje mediante la fermentación ayuda a que la materia orgánica pueda retener el calor producido de un 20°C a 60°C.

#### **4.2.2. pH**

Se tomó los valores en el centro de cada uno de las pilas del tratamiento T1 y T2 para evidenciar el proceso que tomó transformar los residuos biodegradables producidos en la finca “DOÑA LUISA” en compost.

- **pH del proceso de compostaje para el tratamiento T1 y T2**

La Tabla 7 presenta resultados del pH tomados del proceso de compostaje, iniciando para el tratamiento T1 con 6,90 y T2 6,98, ligeramente ácido y el resultado final fue Tratamiento T1 de 8,71 y tratamiento T2 de 8,85 que es ligeramente alcalino.

Tabla 7: pH de los tratamientos T1 y T2 del proceso de compostaje

<b>Semanas</b>	<b>pH</b>	
	<b>T1</b>	<b>T2</b>
1	6,9	6,98
2	6,67	6,87
3	6,86	6,92
4	6,94	7,35
5	6,85	7,23
6	6,82	6,89
7	6,75	7,23
8	6,8	7,45
9	6,93	7,56
10	7,15	7,92
11	7,23	8,15
12	7,52	7,96
13	7,69	7,88
14	7,92	8,12
15	8,23	7,98
16	8,56	8,16
17	8,71	8,85

De acuerdo con las Normas Chilenas (NCh2880, 2004), el valor de pH recomendado para el compostaje debe estar entre 5 - 8,5, mientras tanto la OMS (1999), establece el rango de 6-9 en el cual debe mantenerse compost. Se podría decir que los tratamientos cumplen con los requisitos estándares establecidos por estas dos especificaciones de pH del compost. También se puede comprobar que todo el proceso de compostaje tiene un impacto significativo sobre el pH ya que va a depender de ello la utilización en campo (Guizado, 2018). Para Largo (2020) el pH es considerado una mezcla que depende tanto de la naturaleza y las proporciones de residuos que se inserta en las pilas donde se va a llevar a cabo el desarrollo del compost.

La Figura 25 presenta adecuadamente la variación del pH, desde que se inició con el proceso de compostaje hasta el final cuando se obtuvo el compost, se tuvo altos y bajos del pH al momento de degradarse la materia orgánica, pero a pesar de todo se cumplió con el objetivo deseado.

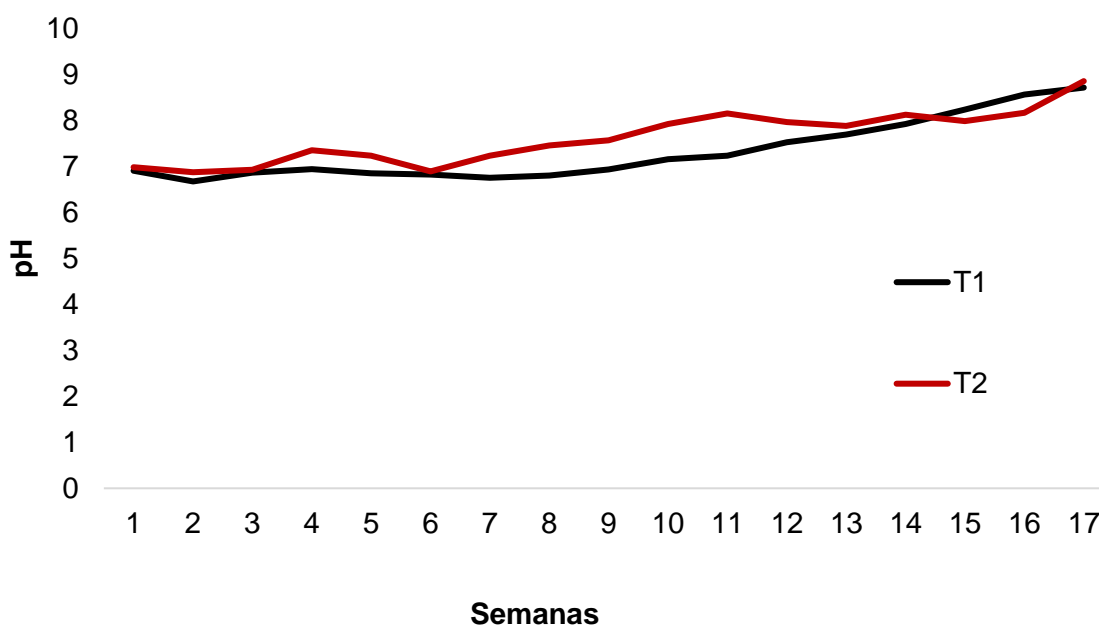


Figura 22: pH del proceso de compostaje para el tratamiento T1 y T2

Para los tratamientos T1, T2 el pH va de 6,9 a 8,71 el mismo que se observa en la Figura 22, siendo similares a los resultados realizados por Guizado (2018) en donde se obtuvo variaciones de 8,70 a 9,69 mediante la inoculación de consorcios microbianos. La OMS (1999) expresa que se tiene que tomar en cuenta la variabilidad del pH, si esta baja de 4 quiere decir que hay mala aireación y si se mantiene entre un rango de 5,5 a 7,5 el compost tendrá una buena estructura, porosidad y contenido de macronutrientes. Por lo

tanto, el resultado final obtuvo un valor de 8,71 que significa que las condiciones establecidas durante el proceso de compostaje fueron las adecuadas.

### 4.3. Análisis de las características químicas en el compost.

La Tabla 8 presenta resultados de algunos macro y microelementos que tuvieron mayor relevancia y en este caso fue el tratamiento T2 con aplicación de Microorganismos Benéficos (MB).

Tabla 8. Concentración de macro y microelementos del compost

Tratamientos	Nitrógeno total (%)	Fósforo (%)	Potasio (%)	Sodio (%)
T1	2,2	1,12	1,11	0,0011
T2	1,5	1,1	0,98	0,0014

La Figura 23 presenta la concentración de algunos micro y macronutrientes encontrados en el resultado final del compost, se obtuvo mejores resultados en el tratamiento T1: nitrógeno total (2,2%), fósforo (1,12%), potasio (1,11%) y sodio (0,0011%), a diferencia del tratamiento T2 que posee un porcentaje bajo de concentración. Estos valores deben ser tomados muy en cuenta ya que representan al porcentaje de macroelementos en el compost que aportan de manera significativa en los procesos de cultivo, crecimiento y maduración de la planta.

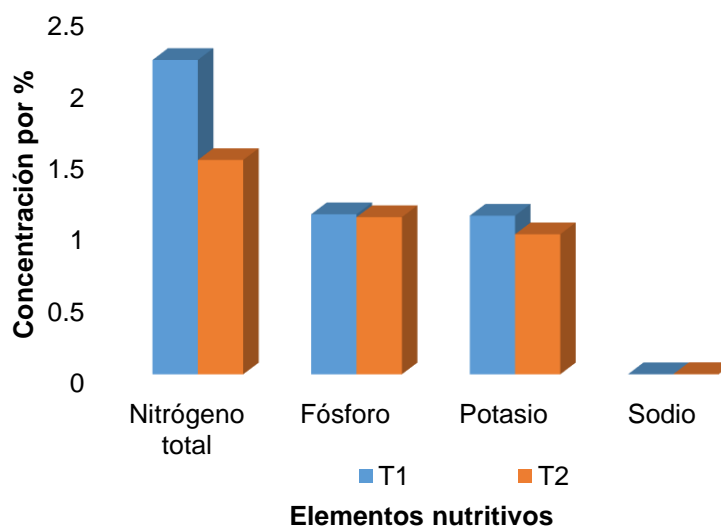


Figura 23. Porcentaje de algunos micro y macro elementos presentes en el compost

Tang et al (2017), afirman que las características químicas del sustrato son muy importantes dentro de su composición, pues son macro y micronutrientes que aportan

fundamentalmente en el crecimiento y desarrollo de microorganismos. Así como también se encargan de mejorar la capacidad de fertilización del suelo, siendo capaces de absorber nutrientes catiónicos y evitar la lixiviación (Peña et al., 2002). La aplicación de MB ayuda a la transformación de residuos orgánicos en menor tiempo y mejor calidad, aumentando su calidad nutricional (Goya, 2013).

La NCh2880 (2004) establece que si el compost obtiene una calificación de clase A es decir, si sus características con respecto a Nitrógeno es el 0,8%, Fosforo 0,1% esta puede utilizarse directamente en proyectos agrícolas, mejoramiento de suelos, jardinerías etc. Mientras tanto la (OMS, 1999) manifiesta, que si el Nitrógeno y el Fósforo, sólo si el contenido es inferior al 3,5%, se puede calificar como un fertilizante orgánico de alta calidad.

Los resultados analizados del compost a partir de residuos producidos en la finca "DOÑA LUISA" tanto para el tratamiento T1 y T2 están dentro de la normativa de cumplimiento que establece la OMS y la NCH (Nch2880-2004), dentro de las cuales el nitrógeno y el fósforo son elementos principales que permiten el desarrollo y producción en una planta. Tang et al (2017), en su trabajo investigado expresa que los macroelementos como: nitrógeno y el fósforo, son primordiales ya que mediante ello se demuestra la calidad de un buen compost, relacionándose directamente entre ellas y formando compuestos ricos en fuentes energía para desarrollo de los cultivos.

#### **4.3.1. *Materia orgánica***

Mediante el análisis realizado en laboratorio se evidencio que el tratamiento T1 presenta mayor contenido de materia orgánica, con un porcentaje del 29,14% y el tratamiento testigo T2 presenta el menor porcentaje de materia orgánica con un 28,2%, siendo el tratamiento T1 superior con un 0,95% al tratamiento T2.

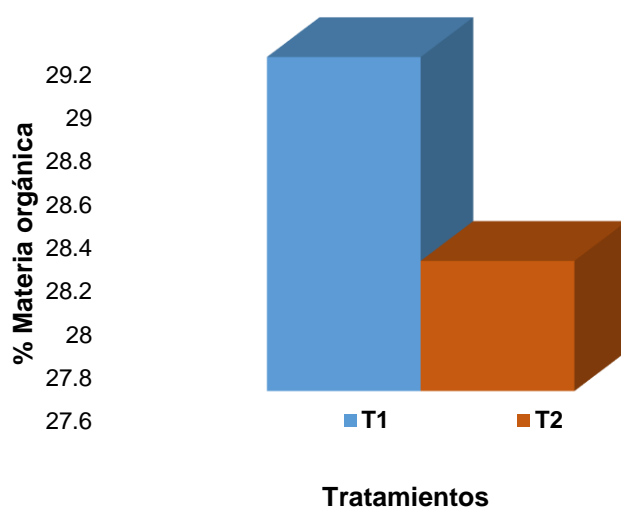


Figura 24. Porcentaje de materia orgánica en los tratamientos T1 y T2

La NCh2880 (2004), establece que el valor recomendado para determinar la MO del compost no debe sobrepasar los límites es decir puede ser mayor que 25% pero no menor que esta. La Figura 24 presenta que los tratamientos T1 y T2, tanto con aplicación de MB y sin aplicación cumplen con lo establecido por la Norma Chilena, concluyendo que los residuos compostados son excelentes representantes de materia orgánica. Mediante los resultados analizados la (OMS, 1999) expresa que si el valor está dentro del rango de 25% y 50%, la materia orgánica corresponde a tratamientos inoculados con microorganismos benéficos y controles.

#### **4.3.2. Conductividad eléctrica**

Con respecto a los análisis químicos realizados el tratamiento T1 con aplicación de MB tuvo un valor de 1,34 dsSiem/), seguido de T2 1,04 dSiem/m. De acuerdo a Largo (2020) en lo que respecta a la (CE), esta determina el nivel de salinidad del compost cuando el compost llega a su etapa final.

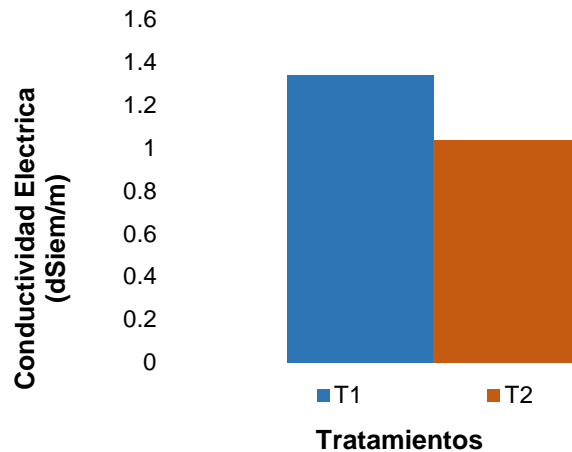


Figura 25 : Concentración de CE en los tratamientos T1 y T2

La figura 25 presenta que la conductividad eléctrica está dentro de los parámetros de la NCh2880 (2004) la cual es aceptada cuando es inferior a 3ds/m y si es de clase B menor a 8ds/m. Por lo tanto, según los resultados analizados para el Tratamiento T1 con aplicación de consorcios microbianos se obtuvo el resultado de 1,34 dSiem/m y T2 sin aplicación de MB 1,04 dSiem/, concluyendo que los resultados obtenidos para el T1 el compost es de clase A y para T2 también, siempre y cuando esta cumpla con el resto de parámetros que la vuelvan un compost de calidad. Peña et al (2002), explica que la conductividad eléctrica depende los criterios de maduración, así como también de los materiales a compostar.

#### **4.3.3. Relación C/N**

La relación C/N tanto para el tratamiento T1 y T2 con aplicación de microorganismos Benéficos y sin aplicación fueron T1 7,06 y T2 9,06 respectivamente.

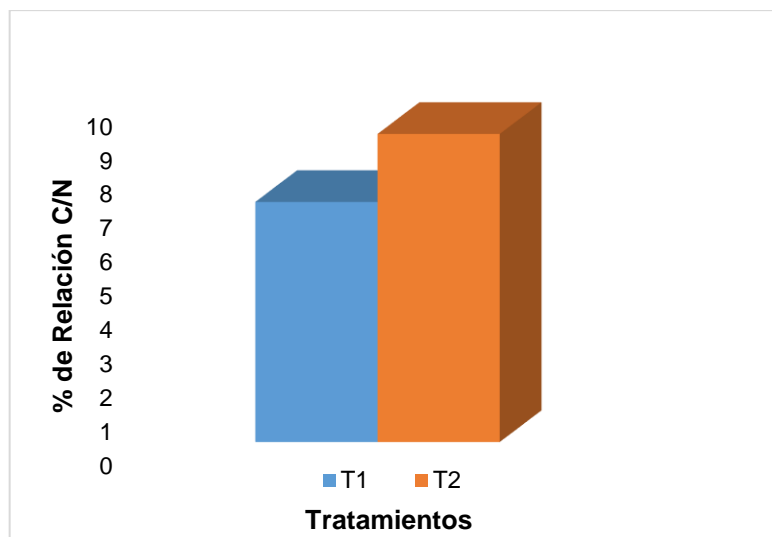


Figura 26: Relación C/N en el compost

La Figura 26 presenta valores de relación C/N encontrados en el laboratorio, para el tratamiento T1 con aplicación de Microorganismos Benéficos 7,06 % y el tratamiento testigo T2 9,06%, según lo que establece la NCh2880 (2004) ambos tratamientos cumplen con los requisitos ya que su valor establecido según la norma debe ser inferior o igual a 25. Todo proceso de compostaje requiere la presencia de microorganismos así como también de Carbono/Nitrógeno para conservar su actividad biológica, mientras mayor sea la interacción de C/N, el procedimiento viene a ser lento, si la interacción está por debajo de los 20, estaría formando amoníaco, que no solo afectaría al ambiente sino también a la calidad del resultado final (compost) (Camacho et al.,2014).

#### 4.4. Análisis biocatalítico microbiano de Quitina (Qt), Celulosa (Ce) y Pectina (Pt) en el compost

##### 4.4.1. Microorganismos degradadores de quitina (Qt)

En la Tabla 9, se presenta los microorganismos degradadores de quitina las cuales se identificaron como; *Serratia* sp., *Streptomyces griseus*, *Trichoderma lignorum*, *T. koningii*, *Streptomyces* sp, *Serratia liquefaciens*.

Dentro de lo que concierne el tratamiento T1 con aplicación de consorcios microbianos, los microorganismos degradadores que más prevalecieron con respecto a Quitina son: *T koningii* 2, 0131267 (log UFC/g), *Streptomyces* 1, 6201292 (log UFC/g), *Trichoderma* 1, 5201474 (log UFC/g) y *Serratia* sp. 1, 2542178 (log UFC/g).

Microorganismos degradadores de quitina para el tratamiento T2 son: *Streptomyces griseus* 1,0621531 (log UFC/g) y *T. koningii*, 1,0260143 (log UFC/g).

Tabla 9: Concentración de microorganismos degradadores de quitina (Qt) con aplicación de consorcios microbianos en los tratamientos.

<b>Microorganismos</b>	<b>T2 (log UFC/g)</b>	<b>T1 (log UFC/g)</b>
<i>Serratia</i> sp.	0,6985458	1,2542178
<i>Streptomyces griseus</i>	1,0621531	1,6201292
<i>Trichoderma lignorum</i>	0,8213465	1,5201474
<i>T. koningii</i>	1,0260143	2,0131267
<i>Streptomyces</i> sp	-	0,9865891
<i>Serratia liquefaciens</i>	-	0,9645553

Los resultados analizados en la Figura 27 dentro de los microorganismos degradadores de quitina (Qt), se evidenció que la aplicación de MB en el tratamiento T1 dio mayor relevancia respecto al tratamiento T2 sin aplicación de MB.

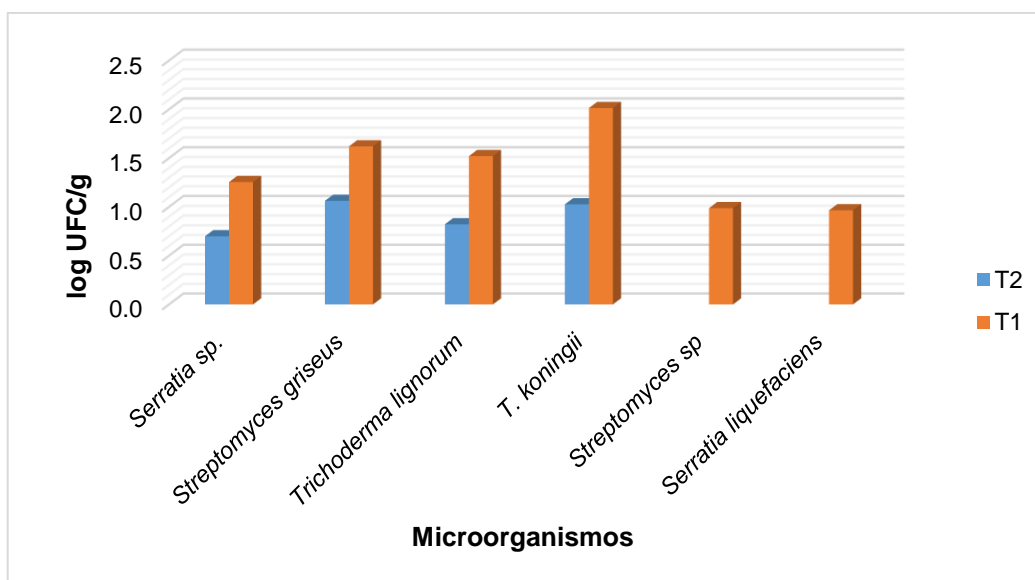


Figura 27: Microorganismos degradadores de quitina (Qt) en el compost

Camacho et al (2014) explica que las comunidades microbianas son de gran importancia ya que por su capacidad de degradación o actividad enzimática son capaces de acelerar el proceso de descomposición e hidrolizar sustancias mediante la bioaumentación. Acosta & Peralta (2015), argumentan que los microorganismos degradadores de quitina (Qt) han contribuido notablemente en los procesos de mineralización al terminar el compostaje y también son responsables de las características físicas (color, olor) del compost.

#### 4.4.2. Microorganismos degradadores de celulosa (Ce)

Los resultados biocatalíticos encontrados en el análisis del laboratorio se evidenció la presencia de una gran variedad de microorganismos degradadores de celulosa (Ce) dentro de los tratamientos (Tabla 10), se distinguieron las especies como: *B. mycooides*, *B. licheniformis*, *Fusarium* sp., *Cellulomonas* sp., *Microbispora* sp., *T. reseii*, *Aspergillus* sp., *Bacillus cereus*.

En el tratamiento T1 con aplicación de MB los microorganismos degradadores de celulosa son: *T. reseii* 1,5521547 (log UFC/g), *B. mycooides* 1, 5212763 (log UFC/g), *B. licheniformis* 1, 2012478 (log UFC/g) y *Microbispora* sp. 1, 0232179 (log UFC/g).

Para el tratamiento T2 se apreció la presencia de microorganismos como: *B. mycooides* 1,0032151(log UFC/g) y *B. licheniformis* 1,0032151(log UFC/g).

Tabla 10: Concentración de microorganismos degradadores de Celulosa (ce) en T1 y T2

<b>Microorganismos</b>	<b>T2 (log UFC/g)</b>	<b>T1 (log UFC/g)</b>
<i>B. mycooides</i>	1,0032151	1,5212763
<i>B. licheniformis</i>	1,5014857	1,2012478
<i>Fusarium</i> sp.	0,3986498	0,8986498
<i>Cellulomonas</i> sp.	-	0,5621456
<i>Microbispora</i> sp.	-	1,0232179
<i>T. reseii</i>	0,8021401	1,5521547
<i>Aspergillus</i> sp.	-	0,7562148
<i>Bacillus cereus</i>	-	0,8989641

Si observamos la Figura 28, el tratamiento T1 con aplicación de consorcios microbianos tuvo mejores resultados en comparación con el tratamiento testigo T2.

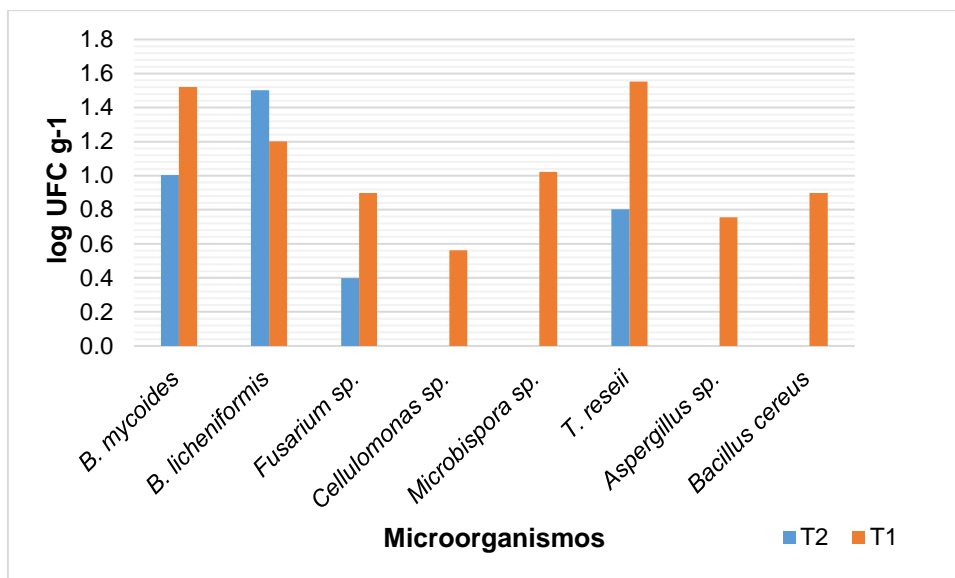


Figura 28. Microorganismos degradadores de celulosa en el compost

En la investigación de Román et al (2015), la celulosa presente dentro de la MO es una fuente de carbono que ayuda a la reproducción de microorganismos degradadores y estos se adaptan a las condiciones aeróbicas, apresurando la maduración del compost. Goya (2013), afirma que este tipo de microorganismos celulíticos transforman materiales sin la necesidad de causar en el proceso influencias negativas, son altamente efectivos al momento del contacto directo con la materia orgánica ya que se encargan de secretar sustancias beneficiosas con alto contenido de ácidos orgánicos, minerales, vitaminas y sustancias antioxidantes.

#### 4.4.3. Microorganismos degradadores de pectina (Pc)

Mediante el análisis de laboratorio la Tabla 11, presenta valores de microorganismos degradadores de pectina, como son: *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *Candida* sp., *Aureobasidium pullulans*, *Paenibacillus* sp.

Analizando los resultados en el tratamiento T1, el microorganismo que mayor predominancia tuvo fue *Candida* sp. con 1,2301851 (log UFC/g) respectivamente.

Con respecto al tratamiento testigo T2 los microorganismos encontrados son: *Candida* sp. con 1,0215424 (log UFC/g).

Tabla 11: Concentración de microorganismos degradadores de pectina (Pc) en T1 y T2

<b>Microorganismos</b>	<b>T2 (Log UFC/g)</b>	<b>T1 (Log UFC/g)</b>
<i>B. licheniformis</i>	0,1856480	0,6213218
<i>B subtilis</i>	0,2532584	0,6532583
<i>Candida sp.</i>	1,0215424	1,2301851
<i>Aureobasidium pullulans</i>		0,5563214
<i>Paenibacillus sp.</i>		0,6532145

El tratamiento que mayor presencia de microorganismos degradadores de pectina obtuvo en (log UFC/g) fue el T1 respecto al tratamiento T2 (Figura 29).

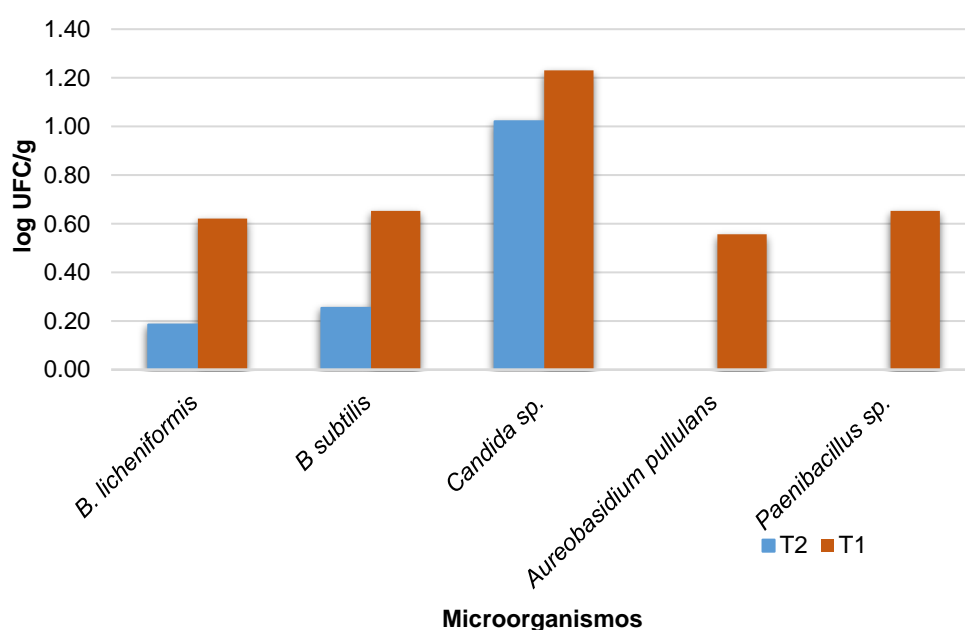


Figura 29: Microorganismos degradadores de pectina (Pc) en el compost.

La pectina es un polisacárido que se encuentra en las paredes celulares de algunos residuos vegetales (Quinatoa, 2012). Los microorganismos degradadores de pectina (Pc) en su mayoría se reproducen en un pH neutro, degradan la pectina mediante la enzima pectinasa (Félix et al., 2010). Naranjo (2013) explica que insertar Microorganismos Benéficos no solo incrementa la velocidad del proceso de degradación, sino que también aumenta la carga microbiana reduciendo el tiempo del proceso de compostaje. Por otro lado Ávila (2015), afirma que los microorganismos se encargan de restablecer el suelo, equilibrar las condiciones microbiológicas y mejorar las situaciones físico-químicas incrementando el porcentaje de factibilidad para el desarrollo de sectores agrícola y producción de los mismos.

#### 4.5. Calidad de compost

En la Tabla 12, para el T1 con aplicación de consorcios microbianos el peso inicial fue 521,7kg y su peso terminal 376,67 kg disminuyendo en un 27,8%, para el tratamiento T2, su peso inicial fue el mismo que el T1 y su peso final fue 392,59 con disminución de masa del 24,8%.

Tabla 12. Verificación de reducción de masa para el tratamiento T1 y T2

Tratamientos	Peso inicial (kg)	Peso final (kg)	Disminución de masa (kg)	Disminución de masa (%)	Compost (%)
T1	521,95	376,67	145,28	27,8	72,5
T2	521,95	392,59	129,36	24,8	75,2

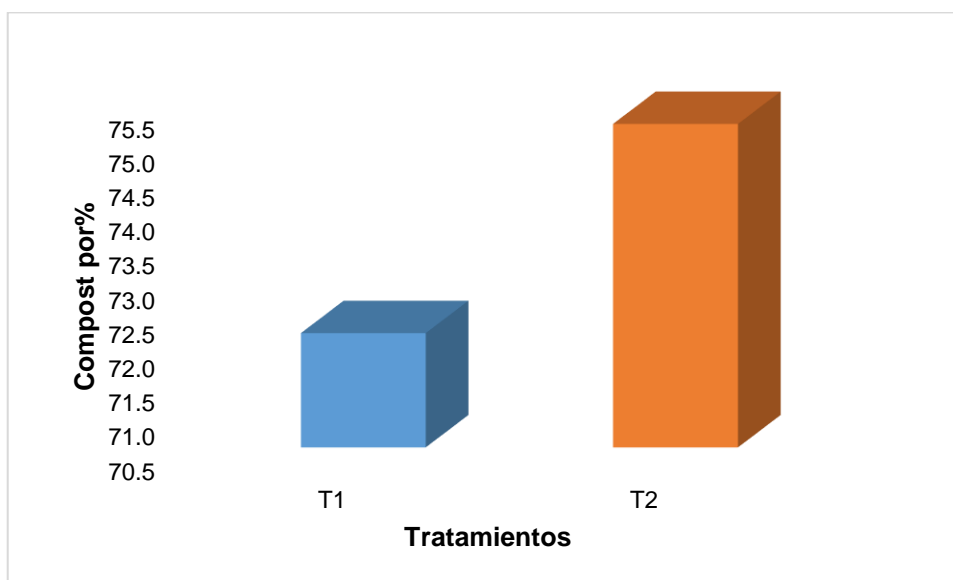


Figura 30: Rendimiento del compost en el T1 y T2

La disminución total de masa está correlacionada de manera directa con el proceso de degradación, en la cual se aplica para el tratamiento T1 insertando microorganismos beneficiosos, esto tuvo un resultado del 72,2% de compost a diferencia del tratamiento T2 donde no hubo inoculación de MB y la humedad mantuvo a la materia orgánica sin degradarse dando como resultado el 75,2% (Figura 30). La OMS (1999) manifiesta que el resultado final del compost va a depender mucho de la clasificación que se le da, ya que de ello depende si puede ser utilizado como mejorador de suelos infértiles, evita la erosión, mejora los cultivos en cuanto a calidad, trayendo beneficios de manera directa e indirecta y con ello la posibilidad de convivir en un ambiente sano. Peña et al, (2002) explican que, la técnica del compostaje es un método en la cual se aprovecha al máximo los residuos orgánicos y se los revaloriza. Del rendimiento del compost depende el contenido nutricional

de la planta ya que esta posee propiedades nutritivas que permiten el desarrollo y evolución de los cultivos(Gutiérrez, 2013).

Se analizó la calidad de compost de acorde a las propiedades físicas, químicas y microbiológicas emitidos por el laboratorio, el tratamiento T1 en general de todo el sistema de compostaje que se dio, obtuvo mejores resultados respecto al tratamiento T2.

Para las propiedades físicas respecto al tratamiento T1, se obtuvo un color característico marrón oscuro, olor a tierra vegetal de categoría 3. Acosta & Peralta (2015) establece en su investigación cuando un compost posee color marrón oscuro se debe a su grado mayor de humedad de desechos orgánicos. Goya (2013) expresa también que las características físicas antes mencionadas absorben grandes cantidades de luz solar que les permiten aumentar su temperatura y asimilar con facilidad los nutrientes.

Para las propiedades químicas respecto al tratamiento T1, se obtuvo un pH de 8,5, C.E. 1,34 dsSiem/m<sup>-1</sup>, materia orgánica 29,14%, nitrógeno total (NT) 2,2%, carbono orgánico total (COT) 17,54%, relación C/N 7,06, fósforo (P) 1,12%, potasio(K) 1,11%, sodio 0,0011%, valores que Goya (2013) en su trabajo investigativo establece que se encargan de incrementar el contenido de intercambio catiónico en un suelo, aumentando la fertilidad y porosidad del mismo. Son el alimento y soporte para que los microorganismos puedan desarrollarse en cualquier ambiente (Naranjo, 2013).

De acuerdo a las propiedades microbiológicas, los microorganismos presentes en el tratamiento T1 fueron: *T. koningii*, *Streptomyces*, *Trichoderma*, *Serratia* sp, *T. reseii*, *B. mycoides*, *B. licheniformis*, *Microbispora* sp, *Candida* sp, Goya (2013) expresa que mantener en el compost cierta presencia de microorganismos favorece la oxigenación del suelo, permitiéndole crear un ambiente en la cual se pueden multiplicarse rápido. Estas permiten identificar el índice de fertilidad y su aplicación en diferentes actividades agrícolas (Montero, 2019).

De acuerdo a todos los parámetros analizados, la NCh2880 (2004) establece que el compost pertenece al tipo A ya que los valores determinados están dentro de límites que permiten que el compost pueda ser utilizado y categorizado como buena calidad.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES

Se emiten conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados:

- En cuanto a los parámetros físicos para el tratamiento T1 mediante la aplicación de Microorganismos Benéficos tuvo mayor relevancia con olor de 3 que representa a tierra vegetal y color de 3, que corresponde a marrón oscuro, respecto al tratamiento T2 que obtuvo el color categoría 2, marrón claro y un olor neutro, estos resultados de los parámetros físicos dieron entender que la aplicación de consorcios microbianos modifica las propiedades físicas como color, olor.
- Según los valores obtenidos se determinó que el tratamiento T1 obtuvo resultados favorables respecto a parámetros químicos del T2 como: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, carbono orgánico total, relación C/N, fósforo, potasio, sodio y reducción de masa. Concluyo que insertar Microorganismos Benéficos durante el proceso de desintegración de residuos biodegradables es un estimulante muy importante que ayuda a los residuos orgánicos a ser degradados en menor tiempo y mejor calidad.
- El aporte de MB no solo acelera el desarrollo del compostaje, sino que también aumenta el crecimiento de la carga microbiana como: hongos y bacterias, dentro de ellos los que más se presentaron fueron en el tratamiento T1 fueron: *T. koningii*, *Streptomyces*, *Trichoderma*, *Serratia* sp, *T. reesei*, *B. mycoides*, *B. licheniformis*, *Microbispora* sp, *Candida* sp., mismos que permiten un buen desarrollo al compost, cumplir con estándares de calidad y este apto para ser utilizado en diferentes actividades agrícolas.
- El compost obtenido fue de buena calidad al poseer una calificación de clase A, de acorde a los parámetros analizados en el laboratorio, lo que nos permitió conocer que los parámetros físico-químico-microbiológico en el T1 con aplicación de Microorganismos Benéficos cumplen con los estándares necesarios para que el compost pueda ser utilizado en el campo respecto al tratamiento T2 que no puede ser utilizado por no cumplir con los parámetros establecidos.

## **CAPÍTULO VI**

### **6. RECOMENDACIONES**

Respecto a conclusiones se incluyen algunas recomendaciones puntuales:

1. Se recomienda probar el método del compostaje de residuos de caña, plátano y piña por separado con dosis más altas de Microorganismos Benéficos.
2. Se debe probar el proceso de compostaje en épocas de verano ya que los residuos a compostar dan mejores resultados en estaciones de verano o primavera.
3. Comprobar la obtención de MB con otras especies vegetales y aplicación en otro tipo de residuos orgánicos.
4. Promover esta técnica del compostaje de restos orgánicos a fin de que no terminen en los botaderos basura o sean expuestos al aire libre en el ambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, W., & Peralta, M. (2015). Elaboración De Abonos Orgánicos a Partir Del Compostaje De Residuos Agrícolas En El Municipio De Fusagasugá [Universidad de Cundinamarca]. In *Trabajo de grado*. <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1234/>
- Agüero, E. M. (2014). *Lineamientos para una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la Ciudad de Frías, Santiago del Estero*. 130. [https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1543/Proyecto Integrador - Agüero Eugenia.pdf;sequence=1](https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1543/Proyecto%20Integrador%20-%20Agüero%20Eugenia.pdf;sequence=1)
- Alfonso, E. T., Leyva, Á., & Hernández, A. (2007). Microorganismos benéficos como biofertilizantes eficientes para el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 7(2), 47–54. <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/498/893>
- Alvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33–42. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>
- Alves, M., Moraes, L., Troya, M., Falconi, C., Duarte, M., Taixeira, V., Queiroz, J., Moacir, P., & Dória, J. (2022). *Cultivating Biodiversity to Harvest Sustainability: Vermicomposting and Inoculation of Microorganisms for Soil Preservation and Resilience*. *Cultivating Biodiversity to Harvest Sustainability: Vermicomposting and Inoculation of Microorganisms for Soil Pre*. 26.
- Andrade, E. D. (2008). *Reciclaje : Utilización De Desechos Orgánicos Para Obtener Abono Orgánico* [Universidad San Francisco de Quito]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/701/1/90611.pdf>
- Ansorena, J., Batalla, E., & Merino, D. (2014). Evaluación de la calidad y usos del compost como componente de sustratos , enmiendas y abonos orgánicos. *Escuela Agraria Fraisoro*, 1–67. [https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf\\_000304.pdf](https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf_000304.pdf)

- Ávila, 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. In *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3511>
- Azurduy, S., Azero, M., & Ortuño, N. (2016). Evaluación de Activadores Naturales para Acelerar el Proceso de Compostaje de Residuos Orgánicos en el Municipio de Quillacollo. *Acta Nova*, 7, 1683–0768.
- Balarezo, O. (2019). *Obtención de Vermicompost con Aplicación de Microorganismos Benéficos utilizando residuos organicos demésticos*. [Universidad Católica de Cuenca]. [https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/8196/1/Balarezo\\_Cordova\\_Jinsop\\_Oswaldo....pdf](https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/8196/1/Balarezo_Cordova_Jinsop_Oswaldo....pdf)
- Bueno, M., Díaz, M., & Cabrera, F. (2017). Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje. *Advanced Materials*, 29(10). <https://doi.org/10.1002/adma.201604105>
- Bueno, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2017). Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje. *Advanced Materials*, 29(10). <https://doi.org/10.1002/adma.201604105>
- 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*. [Universidad de Huánuco]. [http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/58/tesis\\_Sara\\_CajaHuanc\\_a\\_Figueroa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/58/tesis_Sara_CajaHuanc_a_Figueroa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- California State University Affordable. (2023). *Microbiology*. [https://espanol.libretexts.org/Biologia/Microbiología/Microbiología\\_\(OpenStax\)/07%3A\\_A\\_Bioquímica\\_microbiana/7.05%3A\\_Uso\\_de\\_la\\_bioquímica\\_para\\_identificar\\_microorganismos#:~:text=El sistema de Biolog identifica las células en,las clases principales de bioquímicos en su análisis.](https://espanol.libretexts.org/Biologia/Microbiología/Microbiología_(OpenStax)/07%3A_A_Bioquímica_microbiana/7.05%3A_Uso_de_la_bioquímica_para_identificar_microorganismos#:~:text=El sistema de Biolog identifica las células en,las clases principales de bioquímicos en su análisis.)
- Camacho, A. D., Martínez, L., & Saad, H. R. (2014). Potencial De Algunos Microorganismos En El Compostaje De Residuos Sólidos. *Terra Latinoamericana*, 32(4), 291–300.

- Castro, C. (2019). *Propuesta De Aprovechamiento De Los Residuos Orgánicos Desechados En La Empresa M.B.N. Exportaciones & Cia S.R.L. Para La Elaboración Y Comercialización De Compost En La Región Lambayeque.*
- Cicloagro. (2010). *Anexo I del Plan territorial especial de ordenación de residuos de tenerife.* 237–273.  
[http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Anexo01\\_Info11.pdf](http://www.tenerife.es/planes/PTEOResiduos/adjuntos/Anexo01_Info11.pdf)
- Cruz, C., Zelaya, L., Sandoval, G., Villalobos, S., Rojas, E., Chavez, I., & Ruiz, S. (2021). Utilización de microorganismos para una agricultura sostenible en México: consideraciones y retos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 899–913.  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2905>
- Cruz, S. E., & Ojeda, S. (2013). Gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 29(SUPPL. 3), 7–8.
- Delgado, M. S., & Pinargote, Y. P. (2015). *Comparaciones Entre Medición Directa Y Estimación Del Metano Producido Por Estiércol Bovino: Caso Julián Y Severino, Cantón Bolívar, Provincia De Manabi.*  
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/199/1/TMA66.pdf>
- EMPROTEC. (2019). Guía de la Tecnología de Microorganismos eficientes. *Emprotec*, 36.  
<http://www.infoagro.go.cr/Inforegiones/RegionCentralOriental/Documents/BoletinTecnologiaEM.pdf>
- Escobar, J. (2014). El método bocashi como alternativa para el manejo de los residuos orgánicos agrícolas. *Universidad Veracruzana*, 1–111.
- Fallas, C. D. (2016). *Caracterización del proceso de compostaje y aprovechamiento del calor generado en un reactor bajo aireación forzada.* 1–111.  
<http://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/05/Tesis-DiegoFallas.pdf>  
<https://www.ingbiosistemas.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/05/Tesis-DiegoFallas.pdf>
- Félix, J. A., Serrato, R., Armenta, A., Rodríguez, G., Ruiz, R. M., Azpiroz, S., & Olade, V.

- (2010). *Propiedades microbiológicas de compostas maduras producidas a partir de diferente materia orgánica*. 6, 105–113.
- GADMG. (2020). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial-Plan de uso y gestión de suelo Gualaquiza 2022-2023*. <https://gadgualaquiza.gob.ec/web/2021/12/12/pdot-pugs-2020-2032/>
- García, J., & Ballesteros, M. (2005). Evaluación De Parámetros De Calidad Para La Determinación de Carbono Orgánico En Suelos. *Revista Colombiana de Química*, 34(2), 201–210.
- Godoy, R. (2021). *Carbono Orgánico Total*. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Gómez, R. B. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos* [Universidad Autónoma de Barcelona]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>
- Gordillo, F., Peralta, E., Chavez, E., Contreras, V., Campuzano, A., & Ruiz, O. (2011). Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum officinarum* (caña de azúcar). *RIA: Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37(2), 140–149.
- Gordillo, F., Peralta, E., Chávez, E., Contreras, V., Campuzano, A., & Ruiz, O. (2011). Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos agroindustriales de *Saccharum* (caña de azúcar). *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 37(2), 140–149. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86421189006>
- Goya, E. E. (2013). Microorganismos Benéficos (MB), en la elaboración de compost a partir del raquis y pseudo tallo de banano (*mussa ssp*) [UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO]. In *Universidad de Babahoyo: Vol. Tesis*. <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/595/1/T-UTEQ-0087.pdf>
- Guamán, C. (2018). Validación del método para determinar materia orgánica en el suelo por la técnica de Walkley and Black. *Red de Repositorios de Acceso Abierto Del Ecuador*, 1–82. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31352/1/Trabajo>

de titulacion.pdf

Guasco, J., & Jaramillo, M. (2015). Obtención de Compost a partir de Activadores Biológicos. *Articulo Ecuador*, 1–96.

Guayara, Lady. (2018). Plan piloto para el manejo de residuos sólidos del mercado del cantón Gualaquiza, provincia de Morona Santiago [Universidad de Guayaquil]. In *Photosynthetica* (Vol. 2, Issue 1). <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-76887-8><http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-93594-2><http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00007-3><http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2015.06.018><http://dx.doi.org/10.1038/s41559-019-0877-3>

Guerrero, J., & Monsalve, J. (2006). El compostaje como una estrategia de producción más limpia en los centros de beneficio animal del departamento de Risaralda. *Scientia Et Technica*, 12(32), 469–474.

Guizado, M. J. (2018). *Eficiencia de la gallinaza en la elaboración de compost mediante pilas dinámicas, a partir de los residuos orgánicos de la Universidad Peruana*. Universidad Peruana Union.

Gutiérrez, M. (2013). *Determinación y control de olores en la gestión de residuos orgánicos* [Universidad de Cordova]. <http://hdl.handle.net/10396/11811><https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/11811/2014000000912.pdf?sequence=1>

Gutiérrez, M. (2020). Elaboración e implementación de medidas ambientales para la disminución de la contaminación ambiental generada por la inadecuada disposición de residuos sólidos en el municipio de San Juan del Cesar – La Guajira. In *Orphanet Journal of Rare Diseases* (Vol. 21, Issue 1).

Gutiérrez Maria. (2013). *Determinación y control de olores en la gestión de residuos orgánicos*. Universidad de Córdoba.

Hannibal, B., Rafaela, V., Luis, G., Mario, V., Janeth, J., Silvio, J., Paola, M., & Carina, P.

- (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. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n29p76>
- Haro, V. A., Borja, A. A., & Triviño, B. S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dominio de Las Ciencias*, 3(2), 506–525. <file:///C:/Users/Det-Pc/Downloads/Dialnet-AnalisisSobreElAprovechamientoDeLosResiduosDelPlat-6325873.pdf>
- Huallpa, E., & Alcántara, A. (2019). Utilización de las Hojas de Piña para Elaborar Telares. *Revista Del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM*, 22(43), 127–132. <https://link.gale.com/apps/doc/A602825405/IFME?u=googlescholar&sid=googleScholar&xid=0478605a>
- IDEAM. (2017). *Instructivo de ensayo determinación de Conductividad Eléctrica en agua. SM 2510B. 8.* <http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/97658415/M-S-LC-I022+instructivo+de+ensayo+determinación+de+conductividad+eléctrica+en+agua.pdf/88035e32-9f84-483b-b932-41805047f77a?version=1.0>
- Jaramillo, G. H., & Zapata, L. M. (2008). Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. *Revista de Trabajo Social*, 11(75), 23–26. [http://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/storage/docs/Informe\\_de\\_Desarrollo\\_Social\\_2020.pdf%0Ahttp://revistas.ucm.es/index.php/CUTS/article/view/44540/44554](http://www.desarrollosocialyfamilia.gob.cl/storage/docs/Informe_de_Desarrollo_Social_2020.pdf%0Ahttp://revistas.ucm.es/index.php/CUTS/article/view/44540/44554)
- Laich, F. (2011). El papel de los microorganismos en la elaboración del vino. *Jornada Técnica: Fertilidad y Calidad Del Suelo*, 2(38270), 174–183.
- Largo, A. (2020). *Estudio de compost a partir de excretas de aves, con aplicación de microorganismos benéficos en la ciudad de Cuenca.* 1–84. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/7954>
- Mancha, M. (2018). "Elaboración de compost con diferentes fuentes, proporciones y evaluación de la calidad en el distrito de San Jerónimo de Tuna." 95. [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/4693/1/IV\\_FIN\\_107\\_TE\\_Mancha\\_Mulato\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/continental/4693/1/IV_FIN_107_TE_Mancha_Mulato_2018.pdf)

- Mendieta, R., Giler, J., Menéndez, C., & Macías, R. (2020). Estudio sobre el manejo de desechos sólidos del área urbana en la parroquia Membrillo, cantón Bolívar. *Revista Dominio de Las Ciencias*, 6(3), 282–309. [http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2151:habitantes-de-la-costason-los-que-generan-mas-de-residuos-en-el-peru-%3E](http://www.minam.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=2151:habitantes-de-la-costason-los-que-generan-mas-de-residuos-en-el-peru-%3E).
- Montero, S. (2019). *Eficacia de los microorganismos eficientes en la elaboración de compost con materia orgánica generados en los mercadillos de Cayhuayna, distrito de Pillco Marca, departamento de Huánuco Noviembre-2018-Enero-2019*.
- Montes, L. (2018). Valorización de flujos residuales orgánicos generados en entornos urbanos mediante co-compostaje. In *Universidad Miguel Hernández* (Vol. 5). [https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=109869&info=resumen&idioma=SPA%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=109869%0Ahttp://dspace.umh.es/bitstream/11000/2480/1/TFG Domingo Doménech, Guadalupe.pdf](https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=109869&info=resumen&idioma=SPA%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=109869%0Ahttp://dspace.umh.es/bitstream/11000/2480/1/TFG%20Domingo%20Doménech,%20Guadalupe.pdf)
- Morocho, M. T., & Leiva-mora, M. (2019). *Microorganismos e cientes , propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas Efficient microorganisms , functional properties and agricultural applications*. 46(2), 93–103.
- Naranjo, E. I. (2013). *Aplicación de microorganismos para acelerar la transformación de desechos orgánicos en compost* [Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5310/1/Tesis-52> Ingeniería Agronómica -CD 173.pdf
- NCh2880. (2004). *Compost - Clasificación y requisitos Preámbulo17. Compost - Clasificación y requisitos*. <https://ciperchile.cl/pdfs/11-2013/norovirus/NCh409.pdf>
- OMS. (1999). *Presidencia De La Republica Oficina De Planeamiento Y Presupuesto Unidad De Desarrollo Municipal Organizacion Panamericana De La Salud Organizacion Mundial De La Salud Manual Para La Elaboracion De Compost Bases Conceptuales Y Procedimientos*.
- Peña, E., Carión, M., Martínez, F., Rodríguez, A., & Companioni, N. (2002). Manual Para La producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. *Programa de Las Naciones Unidas Para El Desarrollo (PNUD)*., 1–65. [http://redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/manual\\_abonos\\_agricultura\\_urbana.pdf](http://redmujeres.org/wp-content/uploads/2019/01/manual_abonos_agricultura_urbana.pdf)

- Porras, D. P. (2013). *Obtención de Bioabono mediante biodegradación de desechos orgánicos generados en la ciudad de Latacunga*. [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/1866/1/T-UCE-0008-10.pdf>
- Puentes, P. A., & Coronado, A. J. (2014). *Determinación de Nitrógeno, Fósforo y Potasio presentes en la poda del cultivo de Proteas Leucadendron, para la futura reutilización en la elaboración de compost*. [Corporación Tecnológica de Bogotá]. [https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4639/Trabajo de grado Paola y Anderson.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/4639/Trabajo%20de%20grado%20Paola%20y%20Anderson.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Quinatoa, M. J. (2012a). *“Estandarización del Proceso de producción de compost con fines comerciales utilizando tres fuentes de inóculo con la asociación de Santa Catalina del cantón Pillaro”* [Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2463/1/Tesis-31agr.pdf>
- Ramangnoli, G. (2018). *Desarrollo de una metodología para la determinación en tiempo real del contenido de Fósforo en muestras de compost de FEEDLOT* [Universidad Nacional del centro de la provincia de Buenos Aires]. <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/4bd6ac4d-dc0f-4f6b-b45b-1a00cce45a65/content>
- Rivas, M., & Silva, R. (2020). Calidad física y química de tres compost, elaborados con residuos de jardinería, pergamino de café y bora (*Eichhornia Crassipes*). *Ciencia Unemi*, 13(32), 87–100. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol13iss32.2020pp87-100p>
- Román, P., M., & Pantoja, A. (2015). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe*.
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2015). Manual de compostaje del agricultor. In *Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe* (EQUIPO FAO). <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Ruiz, A. (2003). *Compostación de los residuos sólidos orgánicos generados en la universidad de Piura*. Universidad de Piura.

- Saez, A. (2000). *Optimización De Los Métodos Para Mejorar La Calidad Del Compost De La Fracción Organica De Los Residuos Solidos Urbanos*. 1–359. <http://oa.upm.es/613/1/04200011.pdf%0Ahttp://oa.upm.es/613/>
- Sáez, A., & Undarneta, J. (2006). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Choice Reviews Online*, 44(03), 44-1347-44–1347. <https://doi.org/10.5860/choice.44-1347>
- Soliva, M., & López, M. (2004). *Calidad del compost: Influencia del tipo de materiales tratados y de las condiciones del proceso*. [Universidad Politecnica Central]. [www.upc.cat](http://www.upc.cat)
- Soriano, J. (2016). Tiempo y calidad del compost con aplicación de tres dosis de microorganismos eficaces - Concepción [Universidad nacional del centro del Perú]. [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)
- Sztern, D., & Pravia, M. (2012). *Manual para la elaboracion de compost bases bases conceptuales y procedimientos*. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5458/Arevalo%20Castro%20Carlos%20Elisio20017.pdf;jsessionid=7EB96C34D790D57551F4C48ECECD25E9?sequence=2>
- Tanya, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93–103.
- Tortosa, G. (2014, July 16). Contenido de Nitrógeno presentes en el compost. *Trabajo En La Estación Experimental Del Zaidín (EEZ-CSIC). Investigo Cómo Los Microorganismos Del Suelo Reciclan Nuestros Residuos y Fertilizan Las Plantas*. <https://www.mendeley.com/reference-manager/library/all-references/>
- Velasco, J., Ferrera, R., Almaraz, J. ., & Parkinson, R. (2016). Emisión de amoniaco durante los procesos de compostaje y vermicompostaje: aspectos prácticos y aplicados. *Agroproductividad*, 9(8), 45–51.

## ANEXOS

Anexo A: Resultados de laboratorio de las propiedades físicas y químicas del compost T2



### Resultados de Análisis de Laboratorio

#### No. PSL – 263-ANÁLISIS DE COMPONENTES QUÍMICOS DE COMPOST

<b>Fecha toma de muestra:</b> 27.10.2021 <b>Solicitado por:</b> Ing. Nancy Tsukanka <b>Telf.:</b> 0939912436 <b>Localidad:</b> Cuenca <b>Sustrato:</b> Compost <b>Orden de trabajo:</b> PSL 263	<b>Fecha laboratorio:</b> 04.11.2021 <b>Responsable:</b> Ing. Nancy Tsukanka <b>email:</b> natas350@hotmail.com <b>Localización geográfica:</b> Azuay <b>Lote producción:</b> no reportado <b>Factura No.:</b> 4840
--	--

### ANÁLISIS DE COMPONENTES RESULTADOS

#### SUSTRATO I -TESTIGO

ITEM	UNIDAD	VALORES	METODOLOGIA
<b>Propiedades Físicas</b>			
Olor		Neutro	Prueba directa
Color		Marrón claro	Método Munsell
<b>Propiedades Químicas</b>			
pH	-	8.5	ISO 10523
Conductividad Eléctrica (ce)	mS cm <sup>-1</sup>	1.04	Std Methods 2510 B
Densidad	g ml <sup>-1</sup>	0.452	NTC 6339:2019
Materia Orgánica MO	%	28.2	WALKLEY Y BLACK
Carbono Orgánico Total (COT)	%	13.6	Walkley-black (NCT5167)
Relación C/N		9.06	Walkley-black (NCT5167)
Nitrógeno Total (NT)	%	1.5	AOAC 955,04 Cap. 2 Ed 19 Pág. 19. 13-14 2012
P	%	1.1	AOAC 958,01 Cap. 2 Ed 19 Pág. 19. 5-6 2012
K	%	0.98	AOAC 983,02 Cap. 2 Ed 19 Pág. 19. 24-27 2012
Na	%	0.0014	AOAC 965,09 Cap. 2 Ed 19 Pág. 19. 29-31 2012

Figura 31: Análisis físico-químico del compost tratamiento T2

Anexo B: Análisis biocatalítico microbiano de quitina (QT), celulosa (CE) y pectina (Pc) del tratamiento T2

**SUSTRATO I -TESTIGO**

Microorganismo genero/especie	Quitina (qt)	Celulosa (ce)	Pectina (pc)
	Log UFC g <sup>-1</sup>		
<i>Aspergillus sp.</i>	-	-	-
<i>Aureobasidium pullulans</i>	-	-	-
<i>Bacillus cereus</i>	-	-	-
<i>B. mycooides</i>	-	1.0032151	-
<i>B. licheniformis</i>	-	1.5014857	0.1864795
<i>B subtilis</i>	-	-	0.2532584
<i>Candida sp.</i>	-	-	1.0215424
<i>Cellulomonas sp.</i>	-	-	-
<i>Fusarium sp.</i>	-	0.3986498	-
<i>Microbispora sp.</i>	-	-	-
<i>Paenibacillus sp.</i>	-	-	-
<i>Serratia liquefaciens</i>	-	-	-
<i>Serratia sp.</i>	0.6985458	-	-
<i>Streptomyces griseus</i>	1.0621531	-	-
<i>Streptomyces sp</i>	-	-	-
<i>Trichoderma lignorum</i>	0.8213465	-	-
<i>T. koningii</i>	1.0260143	-	-
<i>T. reesei</i>	-	0.8021401	-

Figura 32: Análisis biocatalítico microbiano de quitina (QT), celulosa (CE) y pectina (Pc) del tratamiento T2

Anexo C: Análisis físico-químico y microbiológico del compost tratamiento T1

**SUSTRATO II -TRATAMIENTO**

ITEM	UNIDAD	VALORES	METODOLOGIA
<b>Propiedades Físicas</b>			
Olor		Tierra vegetal	Prueba directa
Color		Marrón oscuro	Método Munsell
<b>Propiedades Químicas</b>			
pH	-	8.9	ISO 10523
Conductividad Eléctrica (ce)	mS cm <sup>-1</sup>	1.34	Std Methods 2510 B
Densidad	g ml <sup>-1</sup>	0.392	NTC 6339:2019
Materia Orgánica MO	%	29.14	WALKLEY Y BLACK
Carbono Orgánico Total (COT)	%	17.54	Walkley-black (NCT5167)
Relación C/N		7.06	Walkley-black (NCT5167)
Nitrógeno Total (NT)	%	2.2	AOAC 955,04 Cap. 2 Ed 19 Pág. 19. 13-14 2012
P	%	1.12	AOAC 958,01 Cap. 2 Ed 19 Pág. 19. 5-6 2012
K	%	1.11	AOAC 983,02 Cap. 2 Ed 19 Pág. 19. 24-27 2012
Na	%	0.0011	AOAC 965,09 Cap. 2 Ed 19 Pág. 19. 29-31 2012

Figura 33: Análisis físico-químico del tratamiento T1

Microorganismo genero/especie	Quitina (qt)	Celulosa (ce)	Pectina (pc)
	Log UFC g <sup>-1</sup>		
Aspergillus sp.	-	0.7562148	-
Aureobasidium pullulans	-	-	0.5563214
Bacillus cereus	-	0.8989641	-
B. mycoides	-	1.5212763	-
B. licheniformis	-	1.2012478	0.6213218
B subtilis	-	-	0.6532583
Candida sp.	-	-	1.2301851
Cellulomonas sp.	-	0.5621456	-
Fusarium sp.	-	0.8986498	-
Microbispora sp.	-	1.0232179	-
Paenibacillus sp.	-	-	0.6532145
Serratia liquefaciens	0.9645553	-	-
Serratia sp.	1.2542178	-	-
Streptomyces griseus	1.6201292	-	-
Streptomyces sp	0.9865891	-	-
Trichoderma lignorum	1.5201474	-	-
T. koningii	2.0131267	-	-
T. reesei	-	1.5521547	-

Figura 34: Análisis biocatalítico microbiano de quitina (Qt), celulosa (Ce) y pectina (Pc) del tratamiento T1

Anexo D: Fotografías de los cultivos de piña, caña y plátano



Figura 35: Sembrío de piña



Figura 36: Sembrío de caña



Figura 37: Cultivo de plátano

Anexo E: Fotografías del proceso de recolección de residuos como: bagazo de caña, hojas de piña, hojas de plátano



Figura 38: Residuos piña



Figura 39: Residuos de plátano



Figura 40: Residuos de bagazo de caña

## AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, **Nancy Fabiola Tsukanka Sharup**, portador de la cédula de ciudadanía N.º **1150459186**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación: **“Compostaje de residuos de piña, caña y plátano con aplicación de microorganismos benéficos, en la finca “DOÑA LUISA” cantón Gualaquiza”**, 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 este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 19 de abril de 2023



F: .....

Nancy Fabiola Tsukanka Sharup

1150459186