



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al servicio del Pueblo*

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

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Estudio de compost a partir de excretas de aves, con aplicación de  
microorganismos benéficos en la ciudad de cuenca**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTOR: ANA KARINA LARGO ESPINOZA**

**DIRECTOR: DR. MANUEL ALVAREZ VERA, PH.D.**

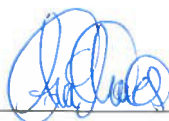
**MATRIZ CUENCA**

**2019**

## DECLARACIÓN

Yo, Ana Karina Largo Espinoza, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.



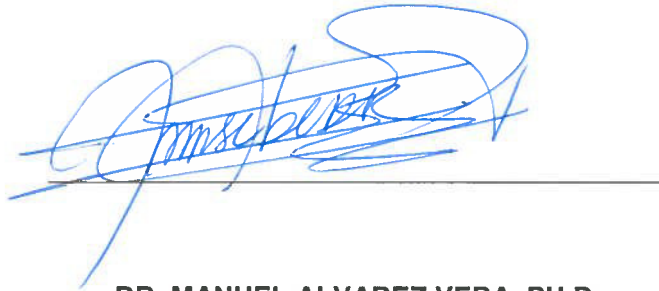
---

**Ana Karina Largo Espinoza**

---

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo de titulación denominado “Compost a partir de excretas de aves, con aplicación de microorganismos benéficos en la ciudad de Cuenca” fue desarrollado por LA Srta. Ana Karina Largo Espinoza, bajo mi supervisión.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Manuel Alvarez Vera', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat illegible due to the cursive nature of the handwriting.

**DR. MANUEL ALVAREZ VERA, PH.D.**

**DIRECTOR**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por ser quien me ha brindado sabiduría y salud para obtener uno de los anhelos deseados en mi vida.

Agradezco a mi madre Paquita Espinoza por ser la persona que me ha guiado y me apoyado durante toda mi vida, en especial en esta etapa universitaria, a mi padre y a mi familia por estar siempre a mi lado y brindarme su apoyo incondicional.

A todos mis amigos que me han brindado su apoyo en el transcurso de la carrera.

De igual manera agradezco al Ing. Manuel Álvarez Vera por haber compartido sus conocimientos en esta etapa de investigación y por la confianza brindada hacia mi persona.

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por ser quienes me han brindado el apoyo incondicional en el transcurso de la carrera y a mi familia.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN	i
CERTIFICACIÓN	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
CAPÍTULO I	- 17 -
1 INTRODUCCIÓN	- 17 -
1.1 Objetivo general.	- 18 -
1.1.1 Objetivos específicos.	- 18 -
1.2 Justificación	- 18 -
CAPÍTULO II	- 19 -
2 MARCO TEÓRICO	- 19 -
2.1 Antecedentes	- 19 -
2.2 Avícolas	- 19 -
2.3 Producción avícola en el ecuador	- 20 -
2.4 Contaminación ambiental	- 20 -
2.4.1 Contaminación ambiental por gallinaza	- 20 -
a. Contaminación del Suelo	- 21 -
b. Contaminación del agua	- 21 -

c.	Contaminación del aire	- 22 -
d.	Amonio ( <i>NH<sub>3</sub></i> )	- 22 -
e.	Óxido Nitroso ( <i>N<sub>2</sub>O</i> )	- 22 -
f.	Metano ( <i>CH<sub>4</sub></i> )	- 23 -
g.	Olor	- 23 -
2.5	Gallinaza	- 23 -
2.5.1	Definición	- 23 -
2.5.2	Composición	- 24 -
2.5.3	Calidad	- 24 -
2.5.4	Usos	- 24 -
a.	Alimento animal	- 24 -
b.	Abono orgánico	- 24 -
c.	Producción de energía	- 24 -
2.5.5	Manejo de la gallinaza	- 25 -
2.6	Compostaje	- 25 -
2.6.1	Definición	- 25 -
2.6.2	Beneficios del uso del compost	- 25 -
2.6.3	Proceso del compostaje	- 26 -
2.6.4	Calidad del compost	- 27 -
a.	Criterios según la Organización Mundial de la Salud:	- 27 -
2.6.5	Sistemas de compostaje	- 27 -
a.	Pila estática	- 27 -
b.	Pila estática aireada	- 28 -
c.	Sistema de hilera torneada	- 29 -

d.	Sistema en el recipiente _____	- 30 -
2.6.6	Parámetros que intervienen en el proceso del compostaje _____	- 30 -
a.	Relación Carbono / Nitrógeno (C/N) _____	- 30 -
b.	Aireación _____	- 31 -
c.	Temperatura _____	- 32 -
d.	Humedad _____	- 32 -
e.	pH _____	- 33 -
2.6.7	Fases del compostaje _____	- 33 -
a.	Fase activa o termofílica _____	- 33 -
b.	Curación o etapa mesofílica _____	- 34 -
c.	Enfriamientos o mesofílica II _____	- 34 -
d.	Maduración _____	- 34 -
2.7	Microorganismos en el proceso de compostaje _____	- 35 -
2.7.1	Tipos de microorganismos _____	- 36 -
a.	Bacterias _____	- 36 -
b.	Hongos _____	- 36 -
2.8	Microorganismos benéficos _____	- 37 -
2.8.1	Funciones de los microorganismos benéficos _____	- 37 -
2.8.2	Tipos de microorganismos benéficos _____	- 38 -
a.	Bacterias _____	- 38 -
b.	Hongos _____	- 39 -
c.	Actinomicetos _____	- 39 -
2.9	Aplicaciones de los microorganismos benéficos _____	- 39 -
2.9.1	Agricultura _____	- 39 -



2.9.2	Suelos	- 40 -
2.9.3	Plantas	- 40 -
CAPÍTULO III		- 41 -
3	MATERIALES Y MÉTODOS	- 41 -
3.1	Zona de estudio	- 41 -
3.2	Preparación del cultivo madre	- 42 -
3.2.1	Activación de microorganismos Benéficos (MOBs)	- 43 -
3.2.2	Multiplicación de microorganismos benéficos	- 44 -
3.2.3	Diseño y características del experimento	- 45 -
3.2.4	Descripción de los tratamientos	- 45 -
a.	Testigo (To)	- 45 -
b.	CMB1 (T1)	- 46 -
c.	CMB2 (T2)	- 46 -
3.2.5	Características del campo experimental	- 46 -
3.2.6	Elaboración de pilas para compost	- 46 -
3.2.7	Recolección de materia orgánica	- 48 -
3.2.8	Formación de pilas para compost	- 49 -
3.2.9	Registro de datos	- 50 -
a.	Temperatura	- 50 -
b.	pH	- 50 -
3.2.10	Riego	- 50 -
3.2.11	Inoculación de microorganismos benéficos	- 50 -
3.2.12	Volteos	- 51 -
3.2.13	Cosecha	- 51 -

3.2.14	Análisis físico-químico y biológico del compost	- 51 -
CAPÍTULO IV		- 52 -
4	RESULTADOS Y DISCUSIONES	- 52 -
4.1.1	Resultados y discusiones	- 52 -
a.	Compost obtenido	- 52 -
b.	Temperaturas	- 54 -
c.	pH	- 59 -
d.	Análisis químico y biológico de los tratamientos	- 64 -
CAPÍTULO V		- 73 -
5	CONCLUSIONES	- 73 -
CAPÍTULO VI-		- 74 -
6	RECOMENDACIONES	- 74 -
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		- 75 -

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Evolución de la temperatura en el proceso del compostaje	- 35 -
<b>Figura 2:</b> Zona de estudio	- 41 -
<b>Figura 3:</b> Muestra de col ( <i>Brassica oleracea</i> )	- 42 -
<b>Figura 4:</b> Muestra de hierbaluisa ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	- 42 -
<b>Figura 5:</b> Capa blanquecina de col ( <i>Brassica oleracea</i> )	- 44 -
<b>Figura 6:</b> Capa blanquecina de hierbaluisa ( <i>Cymbopogon citratus</i> )	- 44 -
<b>Figura 7:</b> Características del campo experimental	- 47 -
<b>Figura 8:</b> Adecuación de espacio para el compost	- 48 -
<b>Figura 9:</b> Base de compostera con plástico	- 48 -
<b>Figura 10:</b> Formación de pilas para compost	- 49 -
<b>Figura 11:</b> Prueba ANOVA (Rendimiento de compost de los tratamientos)	- 53 -
<b>Figura 12:</b> Comportamiento de la temperatura de los extremos de la pila	- 55 -
<b>Figura 13:</b> Prueba ANOVA (Temperatura extremos de los tratamientos)	- 56 -
<b>Figura 14:</b> Comportamiento de la temperatura del centro de las pilas	- 57 -
<b>Figura 15:</b> Prueba ANOVA (Temperatura centro)	- 59 -
<b>Figura 16:</b> Comportamiento del pH de los extremos de las pilas	- 60 -
<b>Figura 17:</b> Prueba ANOVA (pH extremos de los tratamientos)	- 61 -
<b>Figura 18:</b> Comportamiento del pH del centro de las pilas en la elaboración de compost en los tratamientos	- 63 -
<b>Figura 19:</b> Prueba de ANOVA (pH centro de los tratamientos)	- 64 -
<b>Figura 20:</b> Variación en porcentajes de los elementos nutritivos presentes en el compost	- 65 -
<b>Figura 21:</b> Concentración de elementos nutritivos en el compost (ppm)	- 66 -
<b>Figura 22:</b> Concentración de materia orgánica en los tratamientos de compost	- 67 -

**Figura 23:**Elementos químicos en el compost \_\_\_\_\_ - 68 -

**Figura 24:**Conductividad eléctrica en los tratamientos \_\_\_\_\_ - 69 -

**Figura 25:**Concentración de microorganismos en los tratamientos de compost \_\_\_ - 70 -

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Número de aves de los planteles avícolas _____	- 20 -
<b>Tabla 2:</b> Criterios según la Organización Mundial de la Salud _____	- 27 -
<b>Tabla 3:</b> Relación Carbono/Nitrógeno de algunos materiales orgánicos _____	- 31 -
<b>Tabla 4:</b> Insumos y cantidades para preparación de cultivo madre. _____	- 43 -
<b>Tabla 5:</b> Ingredientes y cantidades necesarias para la producción de MOBs _____	- 43 -
<b>Tabla 6:</b> Insumos y cantidades necesarias para la producción de MOBs. _____	- 44 -
<b>Tabla 7:</b> Descripciones de los tratamientos de estudio _____	- 45 -
<b>Tabla 8:</b> Cantidad de materia prima por pila de compostaje _____	- 45 -
<b>Tabla 9:</b> Cantidad de materia prima por pila de compostaje "T1" _____	- 46 -
<b>Tabla 10:</b> Cantidad de materia prima por pila de compostaje "T2" _____	- 46 -
<b>Tabla 11:</b> Calidad del compost _____	- 52 -
<b>Tabla 12:</b> Rendimiento de compost _____	- 52 -
<b>Tabla 13:</b> Temperaturas promedios en los tratamientos _____	- 54 -
<b>Tabla 14:</b> Análisis descriptivo de las temperaturas de extremos de las pilas _____	- 55 -
<b>Tabla 15:</b> Temperaturas promedios en los tratamientos _____	- 57 -
<b>Tabla 16:</b> Análisis descriptivo de las temperaturas del centro de las pilas _____	- 58 -
<b>Tabla 17:</b> pH promedios de los tratamientos _____	- 59 -
<b>Tabla 18:</b> Análisis descriptivo del pH de los extremos de las pilas _____	- 60 -
<b>Tabla 19:</b> pH promedio de los tratamientos _____	- 62 -
<b>Tabla 20:</b> Análisis descriptivo del pH del centro de las pilas de compost _____	- 63 -
<b>Tabla 21:</b> Parámetros químicos de los tratamientos del compost _____	- 65 -
<b>Tabla 22:</b> Parámetros químicos de los tratamientos del compost _____	- 65 -
<b>Tabla 23:</b> Parámetro químico de los tratamientos del compost _____	- 67 -

**Tabla 24:** Elementos químicos presentes en los tratamientos de compost \_\_\_\_\_ - 67 -

**Tabla 25:** Análisis general de las normas \_\_\_\_\_ - 68 -

**Tabla 26:** Conductividad eléctrica en los tratamientos de compost \_\_\_\_\_ - 69 -

**Tabla 27:** Microorganismos presentes en los tratamientos de compost \_\_\_\_\_ - 70 -

## LISTA DE ANEXOS

**Anexo 1:** *Análisis físico- químico de los tratamientos de compost* \_\_\_\_\_ - 80 -

**Anexo 2:** Análisis microbiológico de los tratamientos de compost \_\_\_\_\_ - 82 -

## RESUMEN

En el presente estudio se obtuvo compost a partir de excretas de aves con aplicación de microorganismos benéficos. La investigación se desarrolló en dos fases una de laboratorio en la cual se obtuvieron consorcios microbianos benéficos (CMB) autóctonos de dos muestras vegetales: col (*Brassica oleracea*) y hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) y una de campo en la que se aplicó los CMB una vez por semana al 5% durante 90 días en pilas de compostaje constituidas por gallinaza con chala de maíz y cascarilla de arroz, distribuidas en bloques completamente al azar (DBCA). Se contó con tres tratamientos (To) testigo, (T1) CMB1 de la planta col, (T2) CMB2 de la planta hierbaluisa con tres repeticiones para efectos de comparación. En los resultados de laboratorio se determinó que los CMB aceleran la degradación de la materia orgánica lo cual se evidencia en la mayor concentración de ácidos húmicos en comparación con el testigo. Se registró la temperatura y el pH en cada unidad experimental, así como el análisis microbiológico del compost. No existen diferencia significativas de temperatura ni pH entre los tratamientos, no obstante los tratamientos T1 y T2 presentaron una mayor concentración de microorganismos benéficos *Actinomyces sp.*, *Azospirillum sp.*, *Bacillus licheniformis*, *Candida sp.*, *Hanseniaspora sp.*, *Kloekera sp.*, *Pichia sp.*, *Pseudomonas fluorescens.*, *Thiobacillus sp.* (Log UFC.g<sup>-1</sup>) en relación con el tratamiento testigo, por lo cual la inoculación de microorganismos benéficos en el proceso de compostaje nos permite obtener un producto de alta calidad para el suelo y disminuir la contaminación ambiental.

**PALABRAS CLAVE:** CONTAMINACIÓN; COMPOSTAJE; INDUSTRIA AVÍCOLA; CONSORCIOS MICROBIANOS



## ABSTRACT

In the present study, the compost was obtained from bird excreta with the application of beneficial microorganisms. The research was developed in two phases, a laboratory in which beneficiary microbial consortiums (CMB) native to two plant samples were obtained: cabbage (*Brassica oleracea*) and lemon verbena (*Cymbopogon citratus*) and a field in which the CMB was applied. 5% per week for 90 days in composting piles constituted by poultry manure with corn husk and rice husk, distributed in completely random blocks (DBCA). There were three control treatments (To), (T1) CMB1 from the cabbage plant, (T2) CMB2 from the lemon plant with three replications for comparison purposes. In the laboratory results it was determined that the CMB accelerate the degradation of organic matter which is evidenced in the higher concentration of humid acids compared to the control. The temperature and pH were recorded in each experimental unit, as well as the microbiological analysis of the compost. There are no significant differences in temperature or pH between the treatments, however the treatments T1 and T2 showed a higher concentration of beneficial microorganisms *Actinomyces sp.*, *Azospirillum sp.*, *Bacillus licheniformis*, *Candida sp.*, *Hanseniaspora sp.*, *Kloekera sp.*, *Pichia. sp.*, *Pseudomonas fluorescens.*, *Thiobacillus sp.* (Log UFC.g<sup>1</sup>) in relation to the control treatment, for which the inoculation of beneficial microorganisms in the composting process allows us to obtain a high quality product for the soil and to reduce the environmental pollution

**KEYWORDS:** POLLUTION; COMPOSTING; POULTRY INDUSTRY; MICROBIAL CONSORTIA

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUCCIÓN

La producción avícola intensiva es una estrategia que se ha planteado para abastecer la demanda de alimentos que existe en la actualidad, sin embargo, este tipo de actividades genera mayores inversiones y desde el punto de vista ambiental mayores problemas potenciales. Las granjas avícolas generan desperdicios (dyecciones) con alto contenido de nutrientes y material orgánico que producen impactos ambientales a los recursos agua, aire y suelo; además propicia la proliferación de vectores y microorganismos patógenos para el ambiente (Estrada, 2005).

El compostaje es un proceso biológico que convierte desechos orgánicos heterogéneos en sustancias similares al humus por parte de poblaciones microbianas mixtas en condiciones óptimas (Atalia, Buka, Bhavsar, & Shah, 2017). Para que el proceso de compostaje sea exitoso se ve la necesidad de controlar variables ambientales que controlan la descomposición rápida de la materia orgánica como: temperatura, humedad, oxígeno, pH y la relación carbono nitrógeno (Azim et al., 2018).

En la presente investigación se utilizó las excretas avícolas en un proceso de compostaje estático, de manera que las dyecciones avícolas tengan un valor agregado que favorezcan la producción en el sentido económico, y se genera beneficios ambientales mejorando la gestión de desechos cuidando los sustratos suelo, agua y aire. En las pilas de compostaje se inoculó microorganismos benéficos que mejoran la salud biológica del suelo, al mejorar las actividades enzimáticas que participan en el ciclo geoquímico (Sharma, Nath, Arora, Shah, & Nain, 2017), así mismo los microorganismos benéficos aislados de especies vegetales e inoculados en el suelo, favorecen al crecimiento de las plantas (Alvarez, Tucta, Quispe, & Meza, 2018), los cuales son organismos mutualistas y compatibles entre sí, capaces de reducir la contaminación ambiental en la pila de compost, mejoran la calidad de la gallinaza, y estabilizar el proceso de descomposición.

Desde una visión general el desarrollo del proyecto consta de la recolección de materia prima, mezcla de materia orgánica con la aplicación de los microorganismos benéficos, establecer la pila y controlar la misma y analizar los resultados correspondientes.

## **1.1 Objetivo general.**

- Obtener compost a partir de excretas de aves, con aplicación de microorganismos benéficos, en la ciudad de Cuenca.

### **1.1.1 Objetivos específicos.**

- Evaluar la temperatura durante el proceso de compost.
- Determinar el pH en el periodo de obtención del compost.
- Determinar los parámetros físico – químicos y biológicos del compost.

## **1.2 Justificación**

La producción de aves de corral produce desechos procedentes de la incubación, excremento de aves, la cama y la mortalidad en las granjas; en donde la mayoría de estos subproductos pueden generar nutrientes orgánicos e inorgánicos de valor si se gestionan de una manera adecuada , sin embargo al no ser así causan un impacto negativo al ambiente y a la salud humana (FAO, 2013), en donde la gestión de estos subproductos avícolas se centra en problemas en la calidad del agua, el aire y del suelo (Williams, 2012).

En la Guía de Buenas Prácticas Avícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca en su Artículo 23. De bioseguridad se especifica que la utilización de la gallinaza y pollinaza como fertilizante y hace énfasis en el proceso para la correcta utilización de este material, de igual forma en el mismo documento el Artículo 58. promueve el manejo y utilización de la gallinaza para el acondicionamiento ambiental, lo que pone en manifiesto el compromiso por parte del estado ecuatoriano para la correcta utilización de la gallinaza y evitar su desperdicio, acciones que en varias fincas por desconocimiento o motivos económicos no son tomados en cuenta al ser considerados de bajo beneficio para las mismas (Agencia de Regulación y Control Fito Zoosanitario, 2017).

En base a este diagnóstico se puede afirmar que se presenta contaminación ambiental por el inadecuado manejo de las deyecciones de las aves, para la cual se propuso elaborar compost a partir de las excretas de aves con aplicación de microorganismos benéficos para obtener un abono de alta calidad enriquecido en nutrientes que mejoren las propiedades del suelo y el crecimiento de las plantas.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

El manejo y procesamiento de la gallinaza como materia prima para la generación de un abono orgánico es una práctica que se debe realizar de forma adecuada se puede aprovechar sus nutrientes y minimizar el impacto negativo que se causa al medio ambiente. Las deyecciones frescas de las aves contienen sustancias que producen malos olores provocando malestar en la salud de las comunidades aledañas a las granjas avícolas (Ayoví, 2015), se producen impactos como fitotoxicidad, daño al ecosistema, salinización y erosión de la estructura del suelo , acidificación del agua y producción de gases de efecto invernadero contribuyendo así al calentamiento global (Córdova & Miño, 2015).

El contenido de nutrientes en la gallinaza varía de la procedencia por parte de la especie; es decir, gallinas ponedoras, pollos para carne y pollos de engorde, siendo los pollos de engorde los que mayor aporte nutricional poseen sus deyecciones (FAO, 2013).

La gallinaza es el residuo que debidamente procesada incrementa y sustenta la producción agrícola ofreciendo un aporte nutricional a los cultivos, aprovechando de mejor manera la crianza de estos animales (Mullo, 2005).

#### 2.2 Avícolas

Establecimientos agropecuarios para la cría de aves de corral. Estas aves de corral son consideradas una fuente alta en proteínas que son consumidas a nivel mundial y con un corto periodo de crianza (Ayoví, 2015).

Las aves de corral, definidas como aves domesticadas mantenidas ya sea por su carne, plumas o huevos, constituyen un grupo de animales fascinante y diverso, que puede integrarse en muchos sistemas agrícolas en todo el mundo para el beneficio mutuo de los animales y los seres humanos involucrados (Vaarst, 2015).

El sector avícola ha experimentado importantes cambios estructurales durante las últimas dos décadas debido a la introducción de métodos modernos de producción masiva, mejoras genéticas, mejoras en el control preventivo de enfermedades y medidas de bioseguridad. Estos cambios ofrecen enormes oportunidades para que los productores avícolas, particularmente los pequeños acaparen mejores oportunidades para el incremento de su producción.

## 2.3 Producción avícola en el Ecuador

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería (2002), en el III Censo Nacional Agropecuario en los centros avícolas, se obtuvo las cantidades de aves ponedoras, reproductoras y pollos de engorde sectorizada por regiones sierra y costa presentadas en la Tabla 1. El objetivo del censo realizado a los planteles tuvo como fin determinar la estructura agropecuaria del Ecuador a través de la generación de información que ayude en la toma de decisiones para el control y soporte del desarrollo de esta área productiva.

**Tabla 1:** Número de aves de los planteles avícolas

<b>Aves de planteles avícolas</b>			
	Ponedoras	Reproductoras	Pollos de Engorde
<b>REGIÓN SIERRA</b>	3947,382	1056,272	15736,619
<b>REGIÓN COSTA</b>	7765,472	929,091	2608,794
<b>RESTO</b>	1,801	29,130	1249,644

**Fuente:** Ministerio de Agricultura y Ganadería (2002)

En el país se asume que el consumo per cápita de carne y sus derivados de pollo es de alrededor de  $35 \frac{kg}{año} persona$ , 140 huevos  $\frac{unidades}{año} persona$  (Conave, 2014).

## 2.4 Contaminación ambiental

Reddy y Appannagari (2018), define a la contaminación ambiental como: a la introducción por el hombre en el medio ambiente de sustancias o energía que pueden causar peligros para la salud humana, daños a los recursos vivos y sistemas ecológicos, daños a la estructura o servicios o interferencia con usos legítimos del medio ambiente.

### 2.4.1 Contaminación ambiental por gallinaza

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura- FAO (2013), manifiesta que los planteles avícolas generan residuos derivados de la incubación, la gallinaza (excremento de aves), la cama (materiales como serrín, cascarilla de arroz) y mortalidad en las granjas generando un impacto negativo al ecosistema.

Entre los problemas específicos que se generan por las excretas de aves se produce la contaminación de las aguas superficiales y/o las aguas subterráneas cercanas a los planteles avícolas provocando en éstas un aumento de minerales como el nitrógeno y el fósforo. Los problemas que ocasiona al aire son producidos por el amoníaco, el sulfuro

del hidrógeno, los compuestos orgánicos volátiles (COVs) y las partículas de polvo emitidas por las instalaciones de producción de aves de corral (Williams, 2012).

La gallinaza por la cantidad de nutrientes genera impactos negativos a los recursos, donde se describe a continuación.

#### **a. Contaminación del Suelo**

A nivel mundial la gallinaza y la cama procedente de las aves de corral se ha aplicado durante siglos a las tierras siendo esta una práctica habitual en los países en desarrollo. Esta manera de gestión de los residuos avícolas en la tierra genera un riesgo de contaminación ambiental; sin embargo, si a la misma se le realiza un proceso adecuado para la producción de un abono orgánico de alta calidad se reducirá los impactos que causan al ecosistema (FAO, 2013).

Según Córdova y Miño (2015), la aplicación de la gallinaza de forma racional al suelo provoca aumentando la fertilidad e incremento de materia orgánica, aumento de la actividad enzimática y la población microbiana, estabiliza los agregados del suelo, reduce la erosión, mejora la estructura y aumenta la retención de agua.

Las sales disueltas de la gallinaza ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Cl^{-1}$ ,  $SO_4^{-2}$ ) son otro elemento perjudicial para las propiedades del suelo causando un aumento de salinidad y la conductividad eléctrica del mismo, los principales efectos de salinidad que se producen en el suelo es la variación del pH, reducción de la capacidad de infiltración de agua, la compactación del suelo que provoca un proceso de fitotoxicidad en las plantas (Córdova & Miño, 2015).

#### **b. Contaminación del agua**

La contaminación del agua por la gallinaza tiene origen en el arrastre por escorrentía, lixiviación profunda o una caída ocasional de excreta de aves cerca al recurso agua (Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, 2011).

El fósforo de las excretas de aves llega a los lugares cercanos a las instalaciones avícolas como son ríos o lagos mediante ductos de evacuación o por medio de la percolación del suelo, llega de manera de enzimas fosfatadas producidas por los microorganismos de los ecosistemas dando lugar a una proliferación de algas la cual provoca un agotamiento de oxígeno en el agua por lo tanto la muerte las especies de esos ecosistemas (Gutierrez, 2018).

### **c. Contaminación del aire**

Mullo (2005), manifiesta que el mal manejo de la gallinaza producida en las granjas avícolas tiene el potencial de originar altos niveles de contaminación atmosférica.

Por lo cual la calidad del aire es afectada por el amoníaco que es principal componente de la producción de aves de corral que es emitido a la atmósfera y causa un mayor impacto ecológico, es decir, en altas concentraciones puede provocar efectos ambientales que causan daño a los ecosistemas y a la salud humana (FAO, 2013).

De acuerdo al estudio realizado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Animal (2011), los principales gases generados por la gallinaza son los siguientes:

### **d. Amonio ( $NH_3$ )**

El principal contaminante de las explotaciones avícolas es el amoníaco debido a su nivel de emisión que se presenta en la atmósfera; el amoníaco es liberado a través de descomposición de la materia orgánica contenida en las deyecciones de los animales.

En todas las etapas de la gestión de la gallinaza se produce el amoníaco el cual es volatilizado a la atmósfera desde el alojamiento, durante el almacenamiento y en la aplicación a campo y cuando se emplea la gallinaza como fertilizante.

Los principales efectos negativos que se generan al medio ambiente son la acidificación de la atmósfera y olores que afectan principalmente a las poblaciones cercanas a las granjas avícolas.

### **e. Óxido Nitroso ( $N_2O$ )**

En la industria avícola, el óxido nitroso se produce como compuesto intermedio en los procesos de nitrificación y desnitrificación. En el proceso de la nitrificación el amoníaco ( $NH_4^+$ ) se oxida por la acción microbiana en el suelo a nitrato ( $NO_3^-$ ) en condiciones aerobias, en el proceso de los microorganismos anaerobios transforman los nitratos ( $NO_3^-$ ) a nitrógeno molecular ( $N_2$ ), en donde el  $N_2O$  es liberado a la atmósfera en forma de gas por difusión.

El  $N_2O$  es el principal contaminante que favorece al calentamiento global y a la destrucción de la capa de ozono; en donde una molécula de óxido nitroso equivale a 310 moléculas de  $CO_2$  equivalentemente.

#### **f. Metano ( $CH_4$ )**

El metano es un gas de efecto invernadero que aumenta la concentración de ozono troposférico y la destrucción de la capa de ozono contribuyendo así al calentamiento global del planeta.

Durante la fase de almacenamiento de la gallinaza húmeda por procesos anaerobios se produce el amonio durante la cual las bacterias metanogénicas descomponen la materia orgánica en ausencia de oxígeno generando metano y dióxido de carbono como productos residuales y materia orgánica estabilizada.

#### **g. Olor**

Los olores producidos en las granjas avícolas son la principal molestia que causa a las comunidades cercanas a éstas, siendo la principal fuente de quejas y molestia de los ciudadanos causando un impacto social.

Los efectos medioambientales se producen por las fuentes fijas de emisión de olor como los estercoleros, las naves de los animales, los depósitos de cadáveres y otras fuentes temporales donde se almacena la gallinaza.

Las sustancias que contribuyen a la generación de malos olores generados en condiciones anaerobias son el amoníaco, el ácido sulfhídrico y los compuestos orgánicos volátiles.

### **2.5 Gallinaza**

#### **2.5.1 Definición**

Según Estrada (2005), la gallinaza es obtenida de explotaciones en piso, que esta compuesta por las deyecciones y de un material absorbente el cual puede ser serrín, pasto seco y cascarilla el mismo que se conoce como cama el cual permanece en el galpon durante el ciclo productivo de las aves.

Así mismo Pérez y Villegas (2009), señala que la gallinaza es un residuo orgánico más representativo que se genera en la industria avícola tanto por su volumen como por la cantidad de nutrientes que posee, considerándose un producto valioso para sus aplicaciones.

El volumen de la gallinaza y sus propiedades depende de la especie, la edad, la dieta y la salud de las aves, así como también de la gestión que se aplica antes y durante el manejo de las excretas (Córdova & Miño, 2015).



### **2.5.2 Composición**

Es importante conocer la composición de la gallinaza, de acuerdo a estudios realizados el factor más determinante en la composición y producción de la gallinaza es el tipo de alimento que consumen las aves, como también el tipo de cama empleado y el sistema de mojado, que también afecta a la cantidad y a la calidad de la misma (Córdova & Miño, 2015), por lo tanto la composición podría variar dependiendo de estos factores.

### **2.5.3 Calidad**

La calidad de la gallinaza depende principalmente de varios factores como el tipo de alimento, la edad del ave, la cantidad de alimento desperdiciado, la cantidad de plumas, la temperatura ambiente y la ventilación del galpón (Estrada, 2005).

### **2.5.4 Usos**

#### **a. Alimento animal**

La composición química de la gallinaza influye en distintos factores como la composición de la dieta, la edad y estado fisiológico de las aves. La gallinaza tiene un alto valor nutritivo que las deyecciones de otros animales debido a la gran cantidad de proteínas y minerales que éstas poseen; siendo para los rumiantes un alimento apto para su consumo con alto contenido de fibra (Pérez & Villegas, 2009).

#### **b. Abono orgánico**

La gallinaza se ha aplicado durante siglos en el suelo reconocida como un fertilizante de origen natural para aumentar la producción de cultivos debido a su alto contenido nitrógeno, aportando también otros nutrientes esenciales que favorecen a las propiedades del suelo como mejorar la retención de nutrientes y agua (Kidder, 2012).

La gallinaza contiene una gran cantidad de nutrientes principales como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) lo cual se considera un fertilizante de bajo costo que ayuda al crecimiento de las plantas (Ayoví, 2015).

#### **c. Producción de energía**

La descomposición de la gallinaza desprende biogás el cual es un producto que contiene aproximadamente entre 60% y 70% de metano y el resto de anhídrido carbónico, siendo así una fuente de energía con un proceso que consta en la mezcla de agua con las deyecciones en un digestor que ocurre la degradación de la materia orgánica en un medio anaerobio mediante la acción de enzimas segregadas por microorganismos (Mullo, 2005).

La gallinaza según Ayoví (2015), tiene algunos beneficios bioenergéticos tales como:

- Reducir la cantidad de desechos que deben eliminarse
- Recupera la energía de los desechos
- Reduce los problemas de olores
- Reduce el potencial problema de contaminación del agua subterránea

### **2.5.5 Manejo de la gallinaza**

Según Estrada (2005), para que la gallinaza se convierta en un abono orgánico de alta calidad para el productor avícola se aplica diferentes prácticas de manejo las cuales son:

- Impedir que se presenten altas precipitaciones dentro del galpón. Este componente es el principal causante de ingresos de gases y pérdida de elementos como el nitrógeno. Evitar fugas de agua de las tuberías en los implementos de bebida y una recolección frecuente de heces.
- Recolectada la gallinaza del galpón, ésta se debe colocar en un lugar cubierto con techo o plástico que ayude a evitar el contacto con la lluvia y acumularla en forma de pirámide para que el agua presente se destile y tenga una menor humedad.

## **2.6 Compostaje**

### **2.6.1 Definición**

El compostaje es un proceso biológico que convierte desechos orgánicos heterogéneos en sustancias similares al humus por una población microbiana mixta que controla las condiciones óptimas de humedad, temperatura y aireación (Atalia et al., 2017).

Azim et al., (2018), el compostaje puede interpretarse como la suma de procesos metabólicos complejos realizados por diferentes microorganismos que, en presencia de oxígeno, utilizan nitrógeno (N) y carbono (C) disponibles para producir su propia biomasa. En este proceso, además, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos carbono y nitrógeno, pero más estable, que se llama compost.

### **2.6.2 Beneficios del uso del compost**

Según Department of Agriculture and Resource Economics (2015), el compost posee una variedad de beneficios para el suelo los cuales son:

- Reduce la cantidad de material que va a las pilas de basura, lo que conduce a un ambiente más limpio.
- Mejora la textura del suelo, la estructura, la aireación y la capacidad de retención de agua, contiene una amplia gama de nutrientes vegetales.
- Agrega y promueve la vida microbiológica en el suelo, mejorando la movilización de nutrientes y la disponibilidad para las plantas.
- Suprime algunas enfermedades transmitidas por el suelo. Las poblaciones de algunos microbios en el compost pueden superar a los patógenos por los alimentos y el hábitat, mientras que otros atacan o repelen los patógenos de las plantas.

### **2.6.3 Proceso del compostaje**

Hay dos fases principales en el proceso de compostaje (Azim et al., 2018), las cuales son

- El primero se caracteriza por la actividad microbiana que conduce a la descomposición de la mayoría del material biodegradable y la estabilidad del residuo orgánico.
- El segundo se caracteriza por convertir una porción del material orgánico que queda en sustancias húmicas.

La humificación se indica como el principal factor para mejorar la calidad del compost debido a la importancia de las sustancias húmicas en la ecología, la fertilidad del suelo y la estructura del suelo que describen las dos fases de la siguiente manera:

- Fase de descomposición que involucra las tres etapas (mesófilo, termófilo y enfriamiento) en la que se rompe tanto la materia orgánica simple como compleja.
- Fase de humificación que corresponde a la fase de maduración caracterizada por la reorganización de la materia orgánica en moléculas estables.

El compostaje requiere que el proceso sea principalmente aeróbico para que la materia orgánica esté parcialmente mineralizada y humedecida. Para que el compostaje sea adecuado para la industria Gomez, (1998) requieren tres elementos fundamentales:

- Un breve proceso con bajo consumo de energía.
- Una garantía de que el producto final es estándar y no solo seguro para el uso agrícola sino también de un valor de fertilización satisfactorio.
- Crecimiento y desarrollo de los cultivos.

## 2.6.4 Calidad del compost

La calidad del compost final depende de varios factores como la fermentación y maduración, los cuales generalmente oscilan dentro de unos rangos debido a la heterogeneidad de la mezcla inicial de los desechos y las posibles variaciones en su composición (Rafael, 2015).

Para conocer si el compost es de una buena calidad se debe basar en normas y criterios en los cuales se encuentran:

### a. Criterios según la Organización Mundial de la Salud:

Los criterios de aptitud del compost como abono orgánico se presentan en la Tabla 2 que según Organización Mundial de la Salud , (1999) conciernen a un contenido de humedad con un porcentaje de 30 a 50 %, pH de 6 a 9, tamaño de partículas entre 2 a 10 mm, materia orgánica de 25 a 50 %, carbono de 8 a 50%, nitrógeno entre 0,4 a 3,5 %, fosforo de 0,3 a 3,5 %, potasio de 0,5 a 1,8 % .

**Tabla 2:**Criterios según la Organización Mundial de la Salud

Propiedades	Rango normal
Contenido de humedad (%)	30 - 50
Materia inerte (%)	30 – 70
Contenido orgánico (%)	10 – 30
pH	6 – 9
Tamaño máximo de las partículas (mm)	2 -10
Materia orgánica (%)	25 a 50
Carbono (%)	8 a 50
Nitrógeno (%)	0,4 a 3,5
Fósforo (%)	0,3 a 3,5
Potasio (%)	0,5 a 1,8

**Fuente:** Organización Mundial de la Salud (1999)

## 2.6.5 Sistemas de compostaje

A lo largo de los años, muchos sistemas de compostaje han sido desarrollados y empleados para facilitar el proceso del mismo. Hoy, sin embargo, hay cuatro sistemas de compostaje fundamentales en uso: la pila estática, la pila estática aireada, la hilera girada y el sistema en el recipiente (King & Macdonald, 2013):

### a. Pila estática

El método de pila estática consiste en mezclar los ingredientes del compost y construir una pila a partir del material mezclado. Es posible que no se requieran giros posteriores, pero se recomiendan.

## Ventajas

- El método menos intensivo en mano de obra / equipo.
- El método preferido para el compostaje de las hojas.
- La pila se puede aumentar hasta cuatro veces al año, pero generalmente se compostará sin ninguna otra gestión.

## Desventajas

- El compostaje generalmente ocurre muy lentamente debido a la reducción constante en la cantidad de oxígeno disponible a través de la pila.
- Cuando este método se usa con materiales que son más húmedos o contienen más nitrógeno, como restos de comida, la falta de suficiente oxígeno disponible puede hacer que el proceso se vuelva anaeróbico y se pueden producir olores desagradables.

### **b. Pila estática aireada**

Este sistema consiste en construir una pila estática encima de un sistema de aireación, ya sea pasivo (generalmente tuberías con orificios perforados a lo largo de su longitud) o aire forzado, y luego dejar el material sin girar posteriormente hasta que se complete la fase activa del proceso de compostaje. Sin embargo, durante esta fase, el aire pasa de forma pasiva hacia abajo o se empuja hacia arriba a través de la pila con ventiladores o sopladores conectados a las tuberías.

## Ventajas

- Este enfoque de "baja tecnología" requiere muy poca inversión de capital o equipo accesorio, y como resultado, ha sido ampliamente utilizado para el estiércol y los residuos municipales de compostación residual.

## Desventajas

- Debido a que no se puede realizar un giro mecánico de la pila una vez que se coloca en el sistema de aireación, se debe lograr una mezcla completa de todos los materiales al comienzo de la formación de la pila. Se debe tener cuidado para lograr una mezcla homogénea.
- La construcción de la pila sobre la tubería requiere un manejo cuidadoso del equipo.

- La tubería debe ser "extraída" antes de retirar el compost una vez que la fase de compostaje activa se haya completado; de nuevo aquí, se debe tener especial cuidado para minimizar el daño potencial a la tubería de aireación.
- Se debe tener cuidado en la disposición del sistema de aireación para permitir el libre intercambio de aire o, de lo contrario, podrían producirse olores.
- Debe haber un control cuidadoso del flujo de aire, la temperatura y el contenido de humedad de estas pilas, ya que son propensas a un secado excesivo, lo que puede resultar en una disminución de la actividad microbiana.

### ***c. Sistema de hilera torneada***

Este es el método preferido para la mayoría de las actividades de compostaje en las granjas. Funcionaría igual de bien para las operaciones municipales con suficiente espacio y recursos. Por lo general, las hojas y los recortes de jardín se colocan en capas en pilas largas (hileras) y se mezclan utilizando un tornero mecánico. Las hileras se giran según sea necesario con el mismo volteador de hileras. Un cargador frontal se puede sustituir para mezclar y girar las hileras, aunque se debe tener cuidado para lograr un buen nivel de mezcla. Un cargador frontal requerirá más tiempo que un girador de hileras.

#### Ventajas

- El sistema de hileras requiere la menor cantidad de tiempo para que se produzca el compostaje y permite que un gran volumen de material se gire en un corto período de tiempo.
- Cada turno posterior mezcla los ingredientes del compost, libera dióxido de carbono atrapado y vapor de agua, redistribuye los espacios de aire dentro de la fila y también ayuda en la descomposición física de los materiales. Esto da como resultado un producto muy uniforme.

#### Desventajas

- Este método requiere una administración más intensiva y más espacio (para maniobrar con el equipo) que los métodos de pila estática / pila aireada.
- La temperatura de la pila debe controlarse cuidadosamente para que la hilera se gire en el momento adecuado para garantizar un compostaje exitoso.
- Las máquinas de giro de hileras pueden ser inversiones costosas.

#### **d. Sistema en el recipiente**

Como su nombre lo indica, el compostaje en el recipiente ocurre dentro de un sistema cerrado. Por lo general, esto significa dentro de un edificio o un contenedor. Todas las actividades de recepción, mezcla y compostaje están incluidas, y los gases de escape se recolectan y procesan a través de un filtro. Cualquier lixiviado generado durante el compostaje es recolectado y recirculado nuevamente al proceso. La mayoría de los sistemas en embarcaciones combinan aire forzado y una forma de mezcla mecánica o agitación.

#### Ventajas

- El beneficio inmediato de los sistemas en los recipientes es la producción rápida de un producto bien descompuesto sin ninguna preocupación por los olores o la generación de lixiviados.

#### Desventajas

- La inversión de capital inicial puede ser prohibitiva.
- Tales sistemas utilizan maquinaria compleja que requiere un alto nivel de experiencia técnica para operar y mantener.

### **2.6.6 Parámetros que intervienen en el proceso del compostaje**

Los principales factores que afectan la actividad biológica y las tasas de compostaje son el contenido de humedad, la aireación, el balance de nutrientes (C/N), el pH y la temperatura (New Nouveau Brunswick Canada, 2015).

#### **a. Relación Carbono / Nitrógeno (C/N)**

La relación carbono a nitrógeno (C/N) es uno de los factores importantes que afectan el proceso de compostaje, así como las propiedades del producto final (Atalia et al., 2017), las materias primas son aquellas que influyen en la relación de carbono / nitrógeno y tienen un gran impacto en el proceso de compostaje. La proporción preferida de carbono a nitrógeno en una mezcla de materia prima se encuentra entre 20/30. Cuando la relación C/N es inferior a 20/1, el compostaje se desarrollará rápidamente y el exceso de nitrógeno formará fácilmente amoníaco y otros compuestos olorosos; en estas mezclas, el oxígeno se consumirá rápidamente, generando un exceso de calor, lo que puede resultar en condiciones anaeróbicas por lo cual se requiere un manejo intensivo en estas mezclas para evitar problemas de olores. Las proporciones C/N superiores a 40: 1 tienden a compostarse lentamente y la mezcla puede no alcanzar temperaturas

suficientes para soportar los organismos termofílicos (Schedule, Schedule, & Guidance, 2015).

**Tabla 3:** Relación Carbono/Nitrógeno de algunos materiales orgánicos

<b>Materiales</b>	<b>Relación C/N</b>
Cascarilla de arroz	700
Aserrín de madera	500
Papel triturado	170
Paja de cereales (trigo, cebada, arroz)	80
Caña de maíz	60
Bagazo de caña de azúcar	50
Estiércol seco (con aserrín o paja)	50
Estiércol de vaca (seco)	25
Estiércol de caballo	25
Estiércol de cerdo	12
Estiércol de vaca (fresco)	8
Estiércol de cabra	10
Estiércol de oveja	10
Estiércol de conejo, cuy	8
Estiércol de gallina (gallinaza)	7
Desechos de frutas	35
Pasto verde cortado	19
Trébol verde, alfalfa	16
Desechos de cocina	15
Humus	10
Pescado	6
Sangre	3
Orina	0,8

**Fuente:**(Suquilanda, 2006).

### **b. Aireación**

Es un factor que apoya a la actividad microbiana aeróbica, ya que también elimina la humedad liberada y el exceso de calor que de otro modo reduciría la actividad microbiana. Generalmente, se requiere más aire para el control de la humedad y la temperatura que para la actividad microbiana. El aire dentro de los materiales de compostaje debe contener de 5 a 15 por ciento de oxígeno (Sweeten & Auvermann, 2008).

Cuando se giran las hileras, el contenido de oxígeno puede caer por debajo de este nivel debido a la alta demanda de oxígeno y tardará un tiempo en volver a subir cuando



se restablezca la difusión. Esta fluctuación podría resultar en niveles de oxígeno por debajo del 5% por unos pocos días inmediatamente después del giro; por lo que este bajo nivel de oxígeno debe ser temporal y no debe proporcionar tiempo suficiente para que una población anaeróbica se establezca. La supervisión adicional debe mostrar que estos niveles vuelven al rango óptimo después de cuatro o cinco días para demostrar que el proceso no está limitado por el oxígeno. Si la materia prima o el proceso de compostaje se vuelven anaeróbicos, es decir, si el suministro de oxígeno se vuelve insuficiente, el proceso se ve comprometido de varias maneras y existe un riesgo considerable de que se generen olores ofensivos. La provisión de una aireación adecuada depende de dos componentes: la estructura de los residuos de compostaje y el mecanismo para el suministro de aire (Schedule et al., 2015).

### **c. Temperatura**

La temperatura es un parámetro crítico para el compostaje. Las altas temperaturas a menudo se han considerado como una condición necesaria para el saneamiento de compost. Así mismo las temperaturas óptimas son aquellas que logran los objetivos deseados como saneamiento, degradación rápida, evaporación del agua y humificación. Se deben evitar las altas temperaturas, ya que retardan la actividad biológica y causan modificaciones químicas indeseables de la materia orgánica, así mismo evitar las bajas temperaturas ya que también son indeseables porque no logran los objetivos de remediación (Azim et al., 2018).

La alta temperatura mantenida durante el compostaje sirve para promover la eficiencia y la efectividad del compost al acelerar el proceso y al destruir microorganismos patógenos, una eficiente temperatura en la pila de compost indica un compostaje exitoso. Mientras que las bajas temperaturas retardan el compostaje, e incluso pueden detener el proceso en donde las bajas temperaturas son indicativas de una actividad microbiana reducida y podrían indicar una falta de oxígeno o condiciones de humedad inadecuadas (Atalia et al., 2017) . Para que un compostaje sea eficiente debe tener una temperatura de 55 a 60 grados Celsius (°C) la cual por lo menos debe mantenerse durante tres días para ser un compost de buena calidad (Gaur, 1997).

### **d. Humedad**

La humedad es un parámetro estrechamente relacionado con los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan agua para transportar nutrientes y elementos de energía a través de la membrana celular (Roman, Martinez, & Pantoja, 2015).

Atalia et al., (2017), la humedad es un factor muy importante para el compostaje y puede convertirse en el factor limitante si no se controla. El exceso de agua interfiere en la accesibilidad al oxígeno, mientras que muy poco dificulta la difusión de moléculas solubles y la actividad microbiana, disminuyendo la velocidad de compostaje. Se ha encontrado que el contenido de humedad de 40 a 60 % es óptimo para un buen proceso de compostaje. En el compostaje aeróbico, debe evitarse un alto contenido de humedad porque el agua desplaza el aire de los intersticios entre las partículas y da lugar a condiciones anaeróbicas. Por otro lado, un contenido de humedad demasiado bajo priva a los organismos del agua necesaria para su metabolismo e inhibe su actividad.

#### **e. pH**

El pH en una mezcla de compostaje dependerá de la naturaleza y las proporciones de los componentes de la materia prima y variará a lo largo del proceso, típicamente dentro de los límites de 6 y 8,5. La mezcla de compostaje suele ser de alrededor de 6 - 7 al principio y se eleva a alrededor de 7,5 - 8 en el producto final. El pH de una mezcla de compostaje influye en la actividad del microorganismo de compostaje y determinará la solubilidad y la disponibilidad de nutrientes utilizados por los microorganismos. El pH influye en la liberación de olores: un pH bajo puede resultar en la emisión de compuestos ácidos (por ejemplo, sulfuro de hidrógeno), mientras que un pH alto puede producir compuestos alcalinos (por ejemplo, amoníaco y aminas) (Schedule et al., 2015)

Rocha (2009), manifiesta que cuando tenemos valores de pH inferiores a 5,5 que se denominan ácidos y superiores a 9,5 alcalinos, estos inhiben el crecimiento de la mayoría de los microorganismos.

### **2.6.7 Fases del compostaje**

En el proceso del compostaje existen tres fases las cuales son (New Nouveau Brunswick Canada, 2015):

#### **a. Fase activa o termofílica**

Esta es la fase en la que se produce la descomposición más rápida de los materiales. Una vez que los materiales se mezclan y se crea la pila, las temperaturas aumentan (por encima de 45 °C) y la descomposición se realiza por medio de organismos aeróbicos, termofílicos, como bacterias, actinomicetos, hongos y protozoos.

Los microorganismos usan oxígeno para consumir los materiales de alimentación y respirar dióxido de carbono. La temperatura (40-60 °C) y la humedad (50-60%) más allá de los rangos óptimos, o los bajos niveles de oxígeno reducirán la actividad biológica,

así mismo los altos niveles de humedad reducen el oxígeno y los bajos niveles de humedad pueden hacer que las temperaturas suban demasiado.

El tiempo requerido para la fase activa dependerá de los materiales, las temperaturas del aire ambiente y el método de compostaje. Una hilera de compostaje con giro frecuente puede tener una etapa activa de 1 a 4 meses o de 4 a 8 meses con giro menos frecuente y de 6 a 24 meses para el compostaje pasivo sin giro y sin aireación activa.

#### **b. Curación o etapa mesofílica**

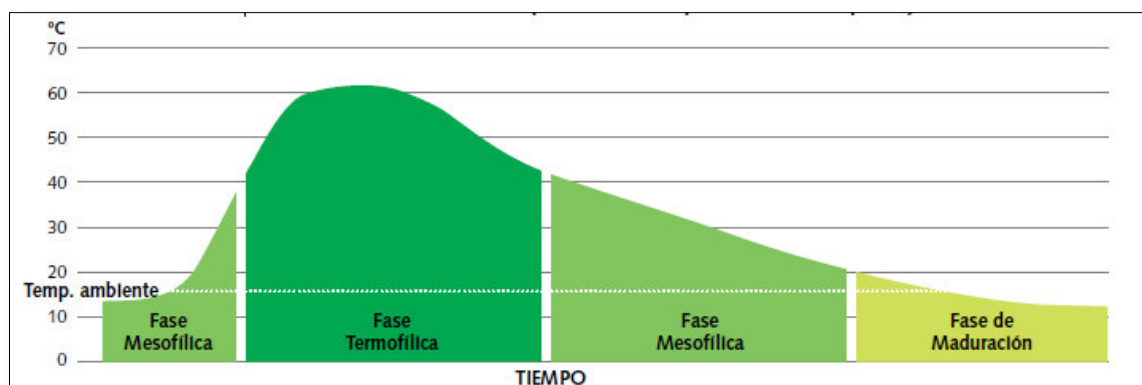
Después de la fase termofílica principal, la mayoría de los materiales se han roto y no son reconocibles por su forma original. Las temperaturas son más estables (menos de 40 °C) incluso después de girar la pila. En esta etapa hay un cambio en las poblaciones de organismos a aquellos que prefieren temperaturas más bajas. No es necesario girar, pero el compost debe seguir siendo aeróbico. En la fase de curado, el compost aún no está maduro. El compost inmaduro puede tener niveles más altos de ácidos orgánicos, altas proporciones de C/N, valores de pH extremos o altos contenidos de sal que pueden dañar o matar las plantas. El tiempo de curación puede variar hasta un año, pero generalmente es de menos de 3 meses.

#### **c. Enfriamientos o mesofílica II**

La etapa de enfriamiento corresponde cuando la materia orgánica se ha transformado totalmente y la tempera interior de la pila empieza a disminuir; ya que el calor que se genera al interior es menor a la que se pierde. Esta fase del compostaje se identifica cuando se realiza un volteo a la pila y la misma no aumenta de temperatura (O’Ryan & Riffo, 2016).

#### **d. Maduración**

El compost necesita tiempo de almacenamiento para madurar. La madurez es una indicación del grado de humificación o la conversión de compuestos orgánicos a sustancias húmicas que son resistentes a la descomposición microbiana, el compost inmaduro puede dañar las semillas que germinan y las plantas no sobrevivirán. Durante la fase de maduración, el tamaño de la pila es menos crítico que durante las fases activas o de curado. El material puede pasar del almacenamiento a la utilización cuando sea conveniente, pero se debe utilizar lo antes posible.



**Figura 1:** Evolución de la temperatura en el proceso del compostaje

**Fuente:** O’Ryan & Riffo (2016)

## 2.7 Microorganismos en el proceso de compostaje

La descomposición de residuos orgánicos durante el proceso de compostaje, se debe en parte, a la composición microbiana que se encuentra depositada en la parte orgánica a utilizar. La cantidad y variedad de estas poblaciones de microorganismos y su interacción, serán cruciales para llevar a cabo el proceso de compostaje (Sivila de Cary & Angulo, 2006). Dichos microorganismos tienen la capacidad de degradar compuestos complejos como proteínas y carbohidratos a compuestos simples como aminoácidos y azúcares; su actividad y presencia en el proceso de compostaje están estrictamente condicionados por factores físicos y químicos de la pila, además de factores ambientales como la temperatura, el cual es uno de los más influyentes en la proliferación y subsistencia de los microorganismos (O’Ryan & Riffo, 2016).

Como se mencionó anteriormente, los microorganismos presentes en el proceso de compostaje pueden provenir de los residuos orgánicos o también de la atmósfera, el agua o el suelo, debido a que los microorganismos presentes durante el proceso de compostaje varían dependiendo de los sustratos y las condiciones del proceso. La interacción entre microbiotas en función del tiempo determinase el tipo y etapa de compostaje, por ello, hay poblaciones que afloran mientras otras se encuentran en su pico máximo o simplemente otras están desapareciendo (O’Ryan & Riffo, 2016).

De acuerdo con Chilon (2013), alrededor de 200 millones de microorganismos como bacterias, hongos, actinomicetos, protozoarios, entre otros, pueden existir en un gramo de compost. Estos microorganismos benefician el crecimiento y productividad en cultivos y la fertilidad en suelos agrícolas, debido a que son los encargados de realizar

procesos de humificación, mineralización, ciclos de los nutrientes, así como la síntesis de hormonas, vitaminas, sustancias mucilaginosas y ácidos orgánicos.

### **2.7.1 Tipos de microorganismos**

O’Ryan & Riffo (2016), indican que microorganismos criófilos, mesófilos y termófilos, pueden realizar de manera óptima sus funciones vitales a distintas temperaturas. Los primeros en actuar son los criófilos; pueden trabajar a temperaturas menores a 0 °C, no obstante, su mayor actividad la realizan a los 13 °C. Generalmente, producen calor suficiente para crear condiciones óptimas para el siguiente grupo de bacterias llamado mesófilos; esta clase de bacterias trabaja entre temperaturas de 10 °C y 40 °C. El calor que generan las mesófilas aumenta aún más la temperatura en la pila, de esta manera, se crean las condiciones apropiadas para el compostaje termofílico. Las bacterias termófilas cumplen sus funciones a temperaturas que oscilan entre 40 °C a 45 °C hasta los 70 °C, donde comienza a disminuir su actividad. Los termófilos trabajan velozmente y viven de tres a cinco días. Cuando se voltea la pila, se proveerá de oxígeno a las bacterias termófilas y podrán continuar su actividad. Por otra parte, cuando las temperaturas bajan, mueren unos microorganismos y reaparecen otros. Finalmente, desde el punto de vista microbiológico, la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica microbiana.

Una vez consumidos los compuestos lábiles, los microorganismos predominantes en el proceso son los actinomicetos, hongos y levaduras.

#### **a. Bacterias**

Según Walsh (2010), en la fase mesófila existen bacterias (en su mayoría del género *Bacillus* sp) y hongos que se encargan de la descomposición de materia, aunque existen también *Bacillus* termófilos. En promedio, el 10 % de la descomposición es realizada por bacterias, mientras que entre el 15 % y 30 % es realizada por actinomicetos. Las bacterias son más eficaces que los hongos utilizando compuestos de peso molecular bajo como ácidos orgánicos, azúcares, fenoles, aminoácidos y gases como etileno, CO<sub>2</sub> y HCN.

#### **b. Hongos**

Los hongos son más eficaces al inicio del proceso, en la descomposición de raíces muertas, debido a que metabolizan fácilmente los polímeros de peso molecular elevado que son abundantes en restos vegetales. Estas características metabólicas comprueban que las bacterias dependen principalmente de exudaciones radicales y los hongos de restos vegetales en descomposición. Por otra parte, la velocidad de reproducción de los

hongos es significativamente menor a la de bacterias y actinomicetos; en adición, la cantidad de colonias de bacterias y actinomicetos resultan ser mayores, probablemente por ser microorganismos participantes de la nitrificación y amonificación necesarias para la biota del suelo (Walsh, 2010).

O’Ryan y Riffo (2016), indican que en el proceso de compostaje son fundamentales en la degradación de compuestos orgánicos complejos como materiales leñosos, paja y aserrín. Algunas especies de actinomicetos aparecen durante la etapa termófila y otras son más importantes durante la etapa de enfriamiento o maduración, donde únicamente quedan los compuestos más resistentes a la degradación. Los actinomicetos poseen una forma similar a los hongos. En cantidad, siguen en número a las bacterias. Frecuentemente producen antibióticos que inhiben el crecimiento bacteriano. Su papel es relevante en la formación de humus, liberando carbón, nitrógeno de nitrato y amonio, los cuales proveen de alimento a plantas.

Por otro lado, la comparación entre la cantidad de actinomicetos y hongos, brindan un indicio del estado de madurez del abono obtenido, ya que los materiales con bajas cantidades de este tipo de microorganismos son frescos o no han completado el proceso de compostaje en su totalidad (Gopalakrishnan et al., 2011).

## **2.8 Microorganismos benéficos**

Autores señalan que actualmente la producción de microorganismos benéficos se ha convertido en uno de los procesos con mayor acogida e importancia en la agricultura orgánica alrededor del planeta, a causa de que su producción y desarrollo es una de las más fáciles, económicas y prácticas formas en que los agricultores pueden emplear esta tecnología para su beneficio. Muchos microorganismos benéficos pueden ser encontrados en la capa superficial y orgánica de todo suelo de un ecosistema natural donde no haya intervenido el hombre, estos microorganismos intervienen en los procesos biológicos de suelos y agro ecosistemas (Yohel, Calampa, Torres, & Lusdina, 2013).

### **2.8.1 Funciones de los microorganismos benéficos**

Estos microorganismos poseen algunas funciones en la calidad del suelo, producción de cultivos y la salud de las plantas las cuales se describen a continuación (Higa & Parr, 1994) :

- Fijación de nitrógeno atmosférico.
- Descomposición de los residuos orgánicos.

- Supresión del patógeno transmitido por el suelo.
- Reciclaje y mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas.
- Degradación de sustancias tóxicas, incluidos los plaguicidas.
- Producción de antibióticos y otros compuestos bioactivos.

## 2.8.2 Tipos de microorganismos benéficos

### a. *Bacterias*

- Bacterias edáficas

Estas bacterias benéficas se denominan «*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*» (Rizobacterias Promotoras del Crecimiento de las Plantas). Dentro de estas se encuentran un gran número de géneros bacterianos como: *Azotobacter*, *Acetobacter*, *Azospirillum*, *Burkholderia*, *Pseudomonas* y *Bacillus* (Walsh, 2010).

Como ejemplo están los del género *Bacillus subtilis*, son aerobios estrictos o anaerobios facultativos. Esta bacteria es enemiga natural de enfermedades y nematodos, entre ellas las que pertenecen a los géneros *Rhizoctonia*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Oidium*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas*. Compite con los patógenos de las plantas por sustrato en la rizosfera y filosfera. Además, proporciona resistencia a las plantas contra el ataque de hongos, bacterias y nematodos patógenos, mediante la producción de fitoalexinas. No es tóxica en humanos, animales y plantas, ni contamina el ambiente (Walsh, 2010).

- Bacterias fotosintéticas

Sintetizan vitaminas y nutrientes por medio de la utilización de energía solar y sustancias producidas por las raíces de las plantas. Cuando se implantan en el suelo, pueden propiciar un incremento en las poblaciones de microorganismos fijadores de nitrógeno, actinomicetos y micorrizas (Higa & Parr, 1993).

- Bacterias Fototróficas.

Son microorganismos autótrofos que utilizan la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía para sintetizar sustancias aprovechables a partir de secreciones naturales de plantas, materia orgánica y gases nocivos. Las sustancias obtenidas son aminoácidos, ácidos nucleicos y azúcares que promueven el desarrollo y crecimiento de las plantas (Oliveira, 2010).

- Bacterias ácido lácticas.

Producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras, el cual es un potente esterilizador que inhibe a microorganismos patógenos como el hongo *Fusarium*. También, mediante la fermentación de materia orgánica, elaboran nutrientes para las plantas y aceleran la descomposición de materia orgánica (Higa & Parr, 1993; Oliveira, 2010).

### **b. Hongos**

Estos microorganismos degradan la materia orgánica más compleja como celulosas y ligninas (O’Ryan & Riffo, 2016). La especie *Trichoderma* spp., puede ser el hongo benéfico más versátil y abundante que existe en los suelos, dado que se adapta a diferentes hábitats y sustratos, principalmente en aquellos que contienen materia orgánica como desechos vegetales en descomposición, residuos de cultivos que previamente han sido atacados por otros hongos (Walsh, 2010).

### **c. Actinomicetos**

Autores como Higa y Parr (1993), mencionan que estos microorganismos benéficos controlan hongos y bacterias patógenas; además, son de vital importancia para la degradación de la materia orgánica presente en el suelo y la liberación de sus nutrientes, ya que reducen a formas más sencillas, compuestos más resistentes como la lignina.

Al mismo tiempo, cabe indicar la capacidad de los actinomicetos para suprimir ciertos microorganismos patógenos de los cultivos más comunes, por lo que la aplicación de estos favorecería el control de enfermedades en cultivos (Gopalakrishnan et al., 2011).

## **2.9 Aplicaciones de los microorganismos benéficos**

### **2.9.1 Agricultura**

Los efectos del uso de microorganismos benéficos en la agricultura se manifiesta en el equilibrio microbiológico del suelo, mejora de las características físico-químicas, incremento de la producción de los cultivos y su protección, y la conservación de los recursos naturales (Oliveira, 2010).

Recomiendan la aplicación de microorganismos benéficos en el follaje de los cultivos para el control de plagas y enfermedades. Para aplicar al follaje de los cultivos, se pueden realizar concentraciones al 100% de cultivo de microorganismos benéficos que no causan daños a los cultivos, ni a los suelos donde se aplican. De igual manera, se puede aplicar al suelo directamente mediante sistemas de riego, especialmente si existen gran cantidad de residuos de cosecha, lo que favorece a su rápida degradación y a aumentar la actividad microbiana del suelo (Yohel et al., 2013).



### **2.9.2 Suelos**

Los beneficios de los microorganismos en el suelo están relacionados con la mejora de las características físicas, químicas, biológicas y la supresión de patógenos. La mejora de las condiciones físicas incluye tanto a su estructura, como la agregación de las partículas del suelo, disminuye la compactación e incrementa los espacios porosos mejorando la infiltración del agua. Por otra parte, con la mejora de las condiciones químicas aumenta la disponibilidad de nutrientes, suprime el desarrollo de patógenos, incrementa la biodiversidad microbiana, creando las condiciones óptimas de vida para que los microorganismos benéficos nativos prosperen (Courtney & Mullen, 2008; Oliveira, 2010).

### **2.9.3 Plantas**

Los beneficios para las plantas por parte de los microorganismos benéficos, radican esencialmente en la generación de sistemas de control de insectos y enfermedades, mediante el consumo de los exudados de las raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y, por ende, el desarrollo de enfermedades. Favorecen la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas, incrementando el crecimiento, la calidad y productividad de los cultivos (Oliveira, 2010). Otra ventaja de los microorganismos benéficos presentes en la composta, es que compiten con los microorganismos patógenos por espacios y energía en la zona radicular de las plantas (Ramos & Terry, 2014). Al mismo tiempo, la fertilidad de las plantas está controlada por las actividades biogeoquímicas de la microbiota que actúa como abastecedor de nutrientes (Sivila de Cary & Angulo, 2006).

## CAPÍTULO III

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Zona de estudio

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el campus experimental de Centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CITT) de la Universidad Católica de Cuenca, parroquia Ricaurte.

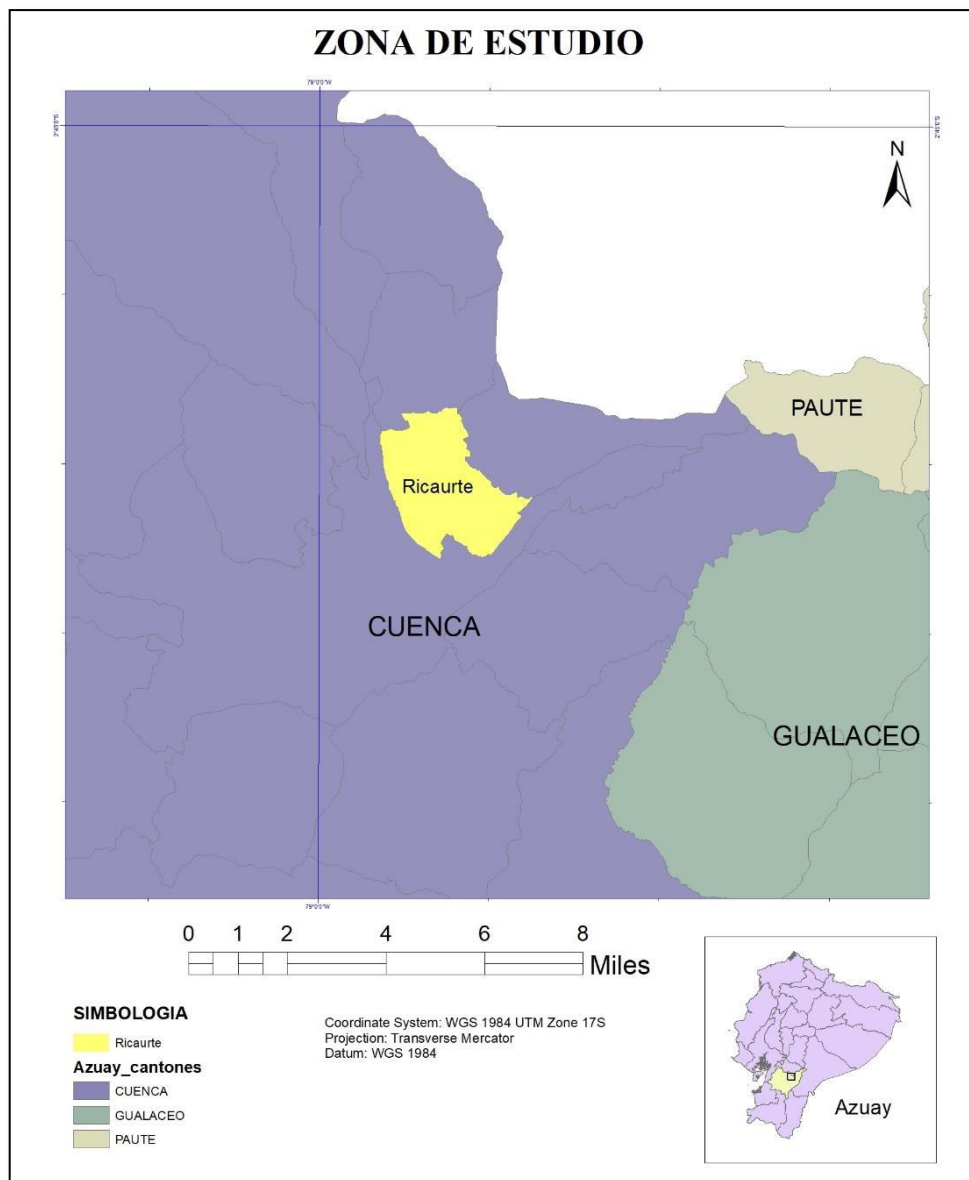


Figura 2: Zona de estudio

### 3.2 Preparación del cultivo madre

La potenciación de microorganismos benéficos se realizó por medio de muestras vegetales a nivel de laboratorio, en primera instancia se preparó el cultivo madre en conjunto de 1% de sal, 10 % de hígado de res, 20% de melaza de caña de azúcar y agua sin cloro constituyendo un peso total de 100 gr (Alvarez et al., 2018).

Para elaborar la solución madre de los microorganismos benéficos se seleccionó dos muestras vegetales: col (*Brassica oleracea*) y hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) (figuras 3 y 4) que fueron seccionadas en fragmentos pequeños.



**Figura 3:** Muestra de col (*Brassica oleracea*)



**Figura 4:** Muestra de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

En una balanza digital se registró el peso de los ingredientes necesarios para elaborar el cultivo madre como se especifican en la tabla 4 para ser colocados en un recipiente de plástico y cuidadosamente realizar una mezcla homogénea de los mismos.

**Tabla 4:**Insumos y cantidades para preparación de cultivo madre.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Muestra vegetal	500 g
Hígado	100 g
Sal	10 g
Melaza	200 ml
Agua	500 ml

Una vez que se realizó la mezcla de los ingredientes el recipiente se lo ubicó en un lugar sin exposición directa al sol con una temperatura ambiente durante un periodo de ocho a diez días. En el transcurso de este tiempo cada dos días se procedió a levantar la tapa del recipiente para eliminar los gases.

Después de diez días de inicio de la preparación del cultivo madre se evidenció en las muestras vegetales unos puntos blanquecinos, el agua de color café y con olor agridulce característico a las plantas seleccionadas. Según Alvarez et al., (2018), estos son indicadores que evidencian el avance correcto de la solución, posteriormente se extrae el líquido de la muestra y se utiliza en mayor activación de microorganismos.

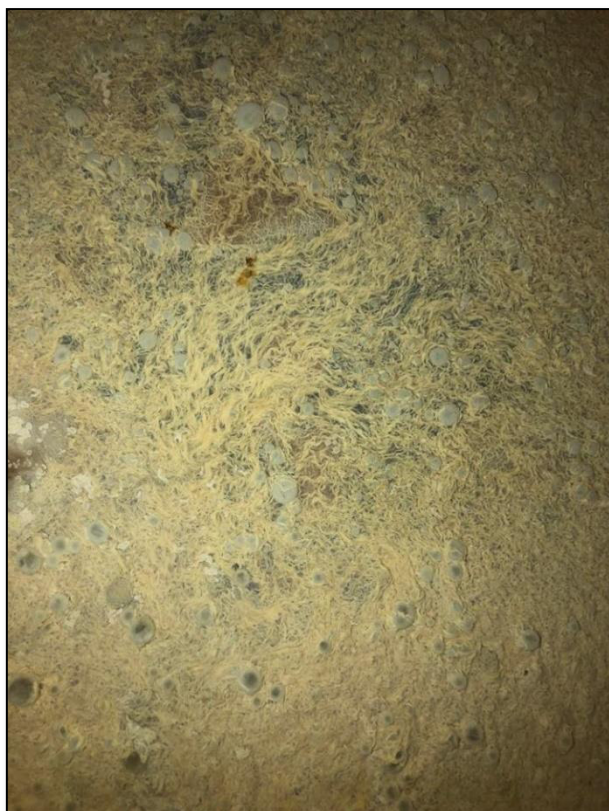
### **3.2.1 Activación de microorganismos Benéficos (MOBs)**

Una vez que se preparó el cultivo madre de las muestras vegetales se realiza la activación de microorganismos benéficos que consistió en preparar un medio con agua, 10% de hígado de res, 1% de sal y 10% de melaza en proporciones que se detallan en la tabla 5 realizando una mezcla homogénea para facilitar la activación de los microorganismos correspondientes a las muestras vegetales (Alvarez et al., 2018)

**Tabla 5:**Ingredientes y cantidades necesarias para la producción de MOBs

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Hígado	2000 g
Sal	200 g
Melaza	2 l

Luego de diez días de activados los microorganismos benéficos se evidenció en la superficie una capa blanquecina en cada una de las muestras vegetales (figura 6 y 7) lo cual demostró que el procedimiento era correcto.



**Figura 5:** Capa blanquecina de col (*Brassica oleracea*)



**Figura 6:** Capa blanquecina de hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*)

### 3.2.2 Multiplicación de microorganismos benéficos

La preparación del medio líquido se realizó en un balde con capacidad de 80 litros con los ingredientes y cantidades que se especifican en la tabla 6.

**Tabla 6:** Insumos y cantidades necesarias para la producción de MOBs.

Descripción	Cantidad
Hígado	6000 g
Sal	600 g
Melaza	6 l
Agua	60 l

Para preparar la solución con microorganismos benéficos de las muestras vegetales se realizó de la siguiente manera:

- Se midieron 60 litros de agua sin cloro.

- Se midieron 2 litros de microorganismos benéficos (5%).
- Se añadió en el recipiente los 2 litros de microorganismos benéficos en conjunto con hígado, sal y melaza.
- Se homogenizó la mezcla.
- Se colocó el balde en un lugar sin exposición al sol.

Durante el transcurso de 8 días de activar los microorganismos se presenta en la superficie una capa blanquecina indicando que los mismos están listo para la inoculación en los tratamientos del compost (Alvarez et al., 2018).

### 3.2.3 Diseño y características del experimento

Para el presente estudio, se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) que constó de 3 tratamientos con 3 repeticiones, teniendo un total de 9 unidades experimentales.

**Tabla 7:** Descripciones de los tratamientos de estudio

<b>Tratamientos</b>	<b>Descripción</b>
Testigo (To)	Compost
CMB1 (T1)	Compost con microorganismos benéficos de col
CMB2 (T2)	Compost con microorganismos benéficos de hierbaluisa

### 3.2.4 Descripción de los tratamientos

El proyecto de investigación constó de 3 tratamientos conformados por 3 repeticiones cada uno de ellos como se detalla a continuación:

#### a. *Testigo (To)*

Las repeticiones del tratamiento (To) estuvieron conformadas por una mezcla homogénea de gallinaza, cascarilla de arroz y chala de maíz con las cantidades que se especifican en la tabla 8.

**Tabla 8:** Cantidad de materia prima por pila de compostaje

<b>Tipo de residuo</b>	<b>Cantidad (sacos)</b>	<b>Peso</b>
Gallinaza	10	500 (lb)
Chala de maíz	6	210 (lb)
Cascarilla de arroz	3	150 (lb)

### b. CMB1 (T1)

Las composteras identificadas con (T1) estuvieron conformadas con gallinaza, cascarilla de arroz, chala de maíz e inoculación al 5% de microorganismos benéficos de col, con cantidades que se muestran en la tabla 9.

**Tabla 9:** Cantidad de materia prima por pila de compostaje "T1"

Tipo de residuo	Cantidad (sacos)	Masa
Gallinaza	10	500 (lb)
Chala de maíz	6	210 (lb)
Cascarilla de arroz	3	150 (lb)

### c. CMB2 (T2)

A las composteras identificadas con el tratamiento 2 se agregó gallinaza, cascarilla de arroz, chala de maíz e inoculación al 5% de microorganismos benéficos de hierbaluisa que se muestra en la tabla 10.

**Tabla 10:** Cantidad de materia prima por pila de compostaje "T2"

Tipo de residuo	Cantidad (sacos)	Peso
Gallinaza	10	500 (lb)
Chala de maíz	6	210 (lb)
Cascarilla de arroz	3	150 (lb)

## 3.2.5 Características del campo experimental

Para construir las pilas para el compost se delimitó el campo experimental con las siguientes dimensiones:

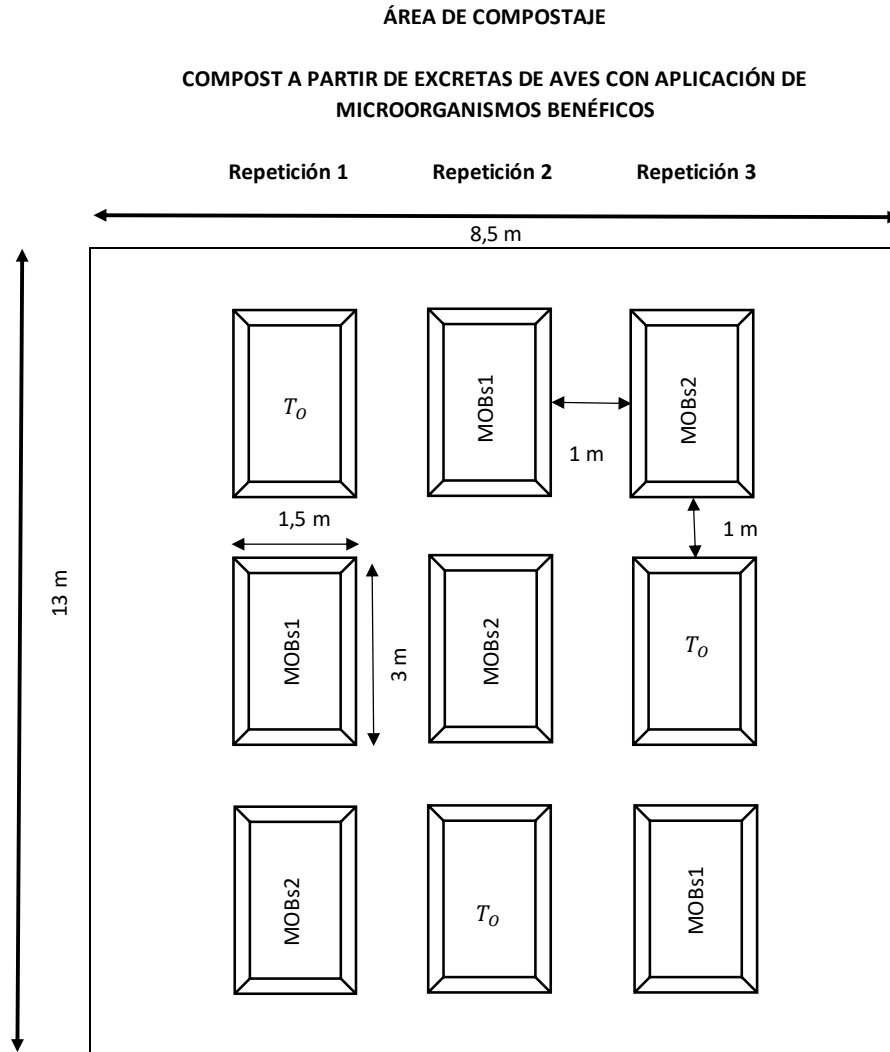
- Largo del terreno: 13 m
- Ancho del terreno: 8,5 m
- Área total de terreno: 110,5 m<sup>2</sup>

## 3.2.6 Elaboración de pilas para compost

Para la elaboración de las composteras se utilizaron tablas con las siguientes especificaciones (figura 7).

- Forma de compostera: rectangular
  - Largo de la compostera: 3 m
  - Ancho de la compostera: 1,5 m
  - Área total: 4.5 m<sup>2</sup>
  - Separación entre composteras: 1 m

- Caminos laterales: 1 m



<b>LEYENDA</b>	
$T_0$	Testigo
MOBs 1	Tratamiento con microorganismos benéficos de col
MOBs 2	Tratamiento con microorganismos benéficos de hierbaluisa

**Figura 7:**Características del campo experimental

Una vez determinadas las dimensiones de las composteras se adecuaron las misma de forma rectangular (figura 8). Posteriormente se colocó plástico en la base para evitar el contacto entre la materia orgánica y el suelo (figura 9).





**Figura 8:** Adecuación de espacio para el compost



**Figura 9:** Base de compostera con plástico

### **3.2.7 Recolección de materia orgánica**

En el cantón Gualaceo de la provincia del Azuay en el local de compra y venta de abonos, se adquirió 90 sacos de excreta de aves (gallinaza) y 27 sacos de cascarilla de arroz con un peso de 50 libras cada unidad, los mismos que fueron transportados hasta la parroquia Ricaurte al centro de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología (CITT).

La chala de maíz se la recolectó en el lugar de la ejecución del proyecto en una cantidad de 54 sacos con un peso de 35 libras cada unidad encontrándose seca y fragmentada en pedazos pequeños.

### 3.2.8 Formación de pilas para compost

Para elaborar las pilas para compost se colocó las excretas de aves en conjunto con la cascarilla de arroz y la chala de maíz. Posteriormente con ayuda de una pala de mano se realizó una mezcla uniforme de la materia orgánica alcanzando una altura de un (1) metro en forma de pirámide (figura 10).

Al campo experimental de las pilas de compost se realizó una infraestructura cubierta con plástico para evitar que las lluvias alteren el material y conservar la temperatura.



**Figura 10:**Formación de pilas para compost

### **3.2.9 Registro de datos**

#### **a. Temperatura**

En cada una de las unidades experimentales se midió la temperatura diaria durante el proceso de compostaje, a las 10h00 am aproximadamente por 90 días.

Soriano (2016) manifiesta que la toma de datos de temperatura se realiza en el centro de la pila, para determinar la temperatura se empleó un termómetro digital con un rango de 0°C a 300 °C, introduciéndolo en el núcleo de cada pila y en los extremos de la misma a una profundidad de 15 a 20 cm, como resultado se obtienen cinco datos diarios. Con los datos de los extremos de la pila se obtuvo un promedio, para trabajar con un dato de temperatura tanto del extremo como del centro de la misma.

#### **b. pH**

Según Rafael (2015), para la toma de datos del pH se utiliza un potenciómetro digital a una profundidad de 10 a 25 cm en la pila.

Los datos se registraron desde el segundo día de la formación de la pila hasta el día de maduración del compostaje, los mismos fueron registrados de los extremos de la pila (se promediaron los datos de los cuatro extremos) y del centro de la misma.

### **3.2.10 Riego**

El riego de las pilas de compost se realizó cada ocho días a partir del primer día de la investigación, para obtener una humedad adecuada. Las pilas de compostaje deben mantener un promedio de 30 a 40 % de humedad para que el proceso del compostaje sea eficiente (Soriano, 2016).

Para realizar el riego se utilizó el agua almacenada en la cisterna del campo experimental; se regó cada pila de compost de manera uniforme procurando que el agua llegue al sustrato para una mayor eficiencia durante el proceso del compostaje.

### **3.2.11 Inoculación de microorganismos benéficos**

La inoculación de los microorganismos benéficos se ejecutó en conjunto con el riego y el volteo de cada una de las pilas de compost. Se realizó una vez por semana desde el inicio de la investigación hasta la etapa de la maduración del compost, la dosis empleada fue de 5 %, es decir, 20 litros en cada unidad experimental de CMB1 O CMB2.

### **3.2.12 Volteos**

Los volteos se realizaron con pala y rastrillos a los siete días de inicio de la investigación con el propósito de beneficiar las condiciones del compostaje, para cada tratamiento se utilizaron diferentes insumos con la finalidad de evitar la contaminación en tratamientos en el proceso de compostaje.

Los volteos se hicieron en conjunto con el riego y la inoculación de los microorganismos benéficos con la finalidad de que los microorganismos actúen eficazmente en la descomposición y enriquecimiento de la materia (Soriano, 2016).

### **3.2.13 Cosecha**

La cosecha del compost se realizó a los 90 días cuando la temperatura promedio en cada uno de las unidades experimentales fue igual a 17 °C y un pH de 7,8. Además el producto presento un color marrón y sin olor lo que indico que el compost llego a su etapa de maduración.

### **3.2.14 Análisis físico-químico y biológico del compost**

Para realizar los análisis de laboratorio del compost se tomaron las muestras de los tratamientos los cuales son: el testigo, compost con microorganismos benéficos de col y compost con microorganismos benéficos de hierbaluisa. Se enviaron al laboratorio BIONIKA BIODESINTEL CIA.LTDA en la ciudad de Quito.

Las muestras fueron tomadas de la siguiente forma:

- Recolección de muestras de cada tratamiento.
- Mezcla uniforme de la muestra
- Etiquetado de la muestra
- Registro de peso

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1.1 Resultados y discusiones

##### a. *Compost obtenido*

Para elaborar las pilas de compost se utilizó 2041,2 kg de excretas de aves frescas más 612,36 kg de cascarilla de arroz y 857,57 kg residuos de plantas de maíz, con un total de 3511,13 kg en el proceso de compostaje.

En la tabla 11 se muestra el peso inicial de cada unidad experimental de los tratamientos de compost que fueron de 390,12 kg y un peso final registrado para el “T1” 297,00 kg, “T2” 263,64 kg y de 254,80 kg para el “To”.

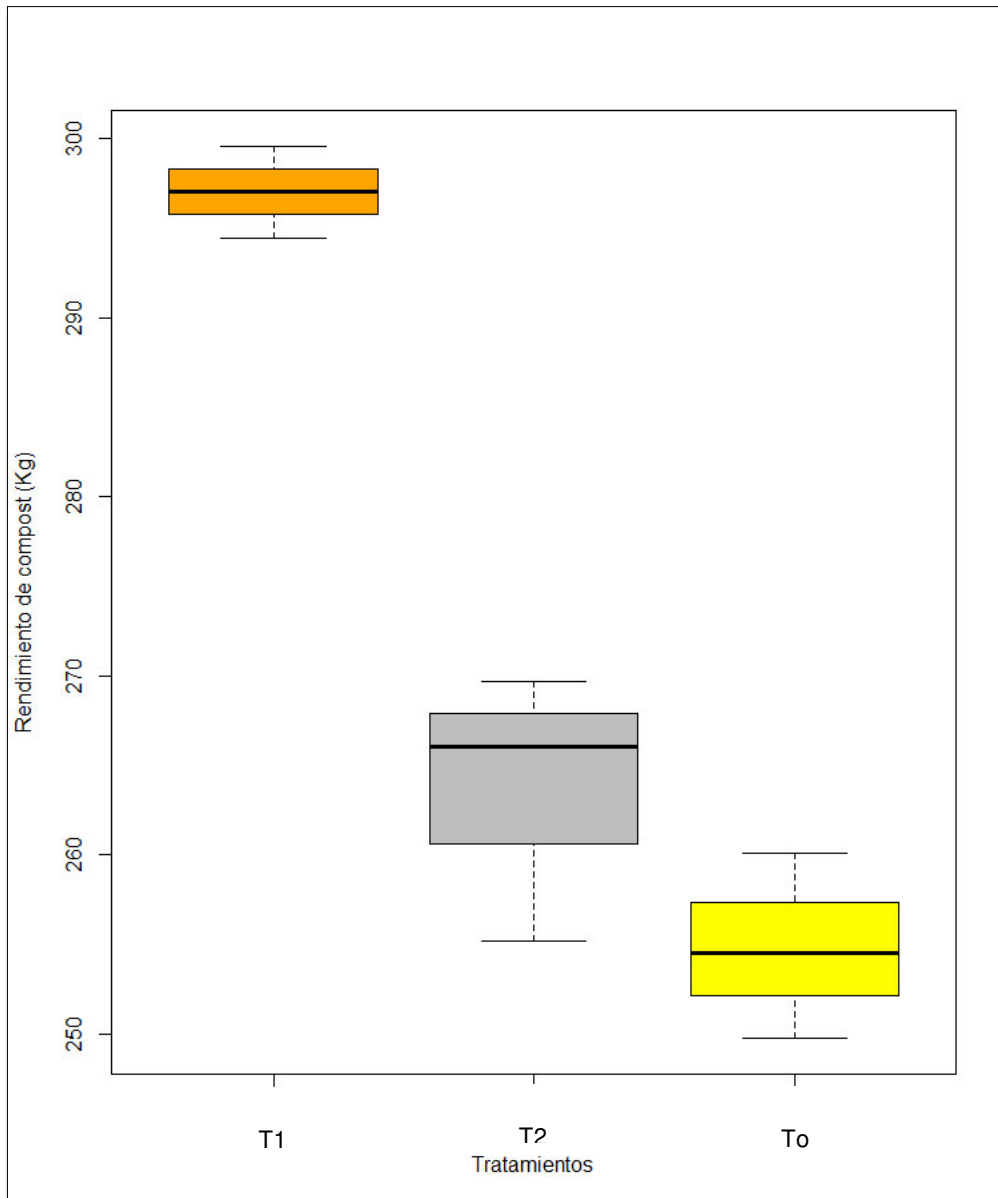
**Tabla 11:** Calidad del compost

<b>Tratamiento</b>	<b>Peso de compost inicial (kg)</b>	<b>Peso de compost final (kg)</b>	<b>Reducción de masa (kg)</b>	<b>Reducción de masa (%)</b>
T1	390,12	297,00	93,12	23,87
T2	390,12	263,64	126,48	32,42
To	390,12	254,80	135,32	34,69

**Tabla 12:** Rendimiento de compost

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	<b>N</b>	<b>E.E.</b>	<b>Significancia</b>
T0	254,80	3	3,16	A
T2	263,64	3	3,16	A
T1	297,00	3	3,16	B

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



**Figura 11:** Prueba ANOVA (Rendimiento de compost de los tratamientos)

La reducción de masa se relaciona de forma directa con la eficiencia de la descomposición, por lo tanto, el rendimiento es mayor cuando los valores de masa son menores, en el cual el diagrama de cajas (Figura 11), en promedio de masa final de los tratamientos muestra un comportamiento significativo para T1 (23.87%); para T2 y T0 no existe significancia entre ellos. Un proceso de compostaje adecuado debe mantenerse en rangos entre 20 y 30 % de disminución de materia orgánica (Gordillo & Chávez, 2012)

Los resultados nos permiten concluir que la inoculación de consorcios microbianos en los tratamientos CMB1 y CMB2 aceleran la degradación de la materia orgánica lo cual se evidencia en el mayor contenido de ácidos húmicos en comparación con el control.

### **b. Temperaturas**

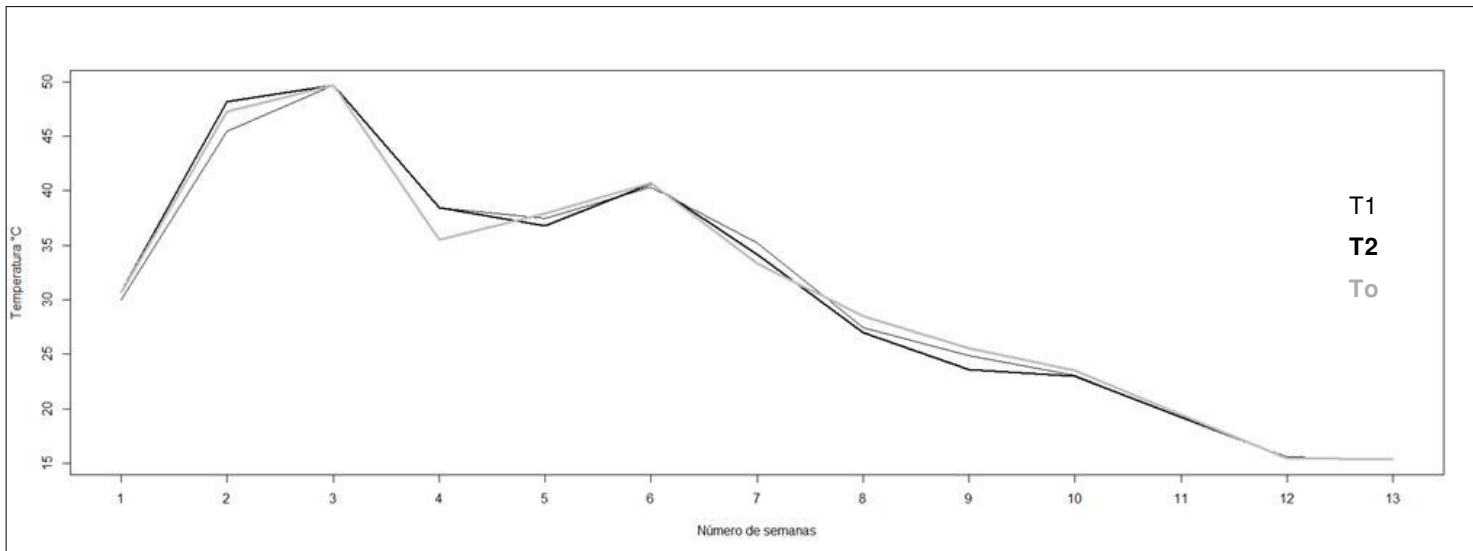
Se registro temperaturas de los extremos y centro de las pilas de compost de cada tratamiento.

- **Extremo de las pilas de compost de cada tratamiento**

Al inicio de este proceso la temperatura promedio en los extremos de la pila registraron temperaturas de 30 °C para los tres tratamientos (tabla 13), asimismo se evidencio que la temperatura máxima alcanzada corresponde a la tercera semana en los tratamientos “T1” “T2” “To”, con 49,65 °C, 48,42 °C y 48,32 °C respectivamente. Mientras que el segundo pico máximo de temperatura se registró a la sexta semana con temperaturas de 40,30 °C, 39,85 °C y 39,91 °C. Al finalizar el proceso de compost se registraron temperaturas de 15,36 °C, 15,72 °C Y 15,97 °C correspondientemente.

**Tabla 13:**Temperaturas promedios en los tratamientos

<b>Temperaturas</b>			
<b>SEMANAS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>To</b>
<b>1</b>	30,00	30,31	30,41
<b>2</b>	45,48	47,04	46,09
<b>3</b>	49,65	48,42	48,32
<b>4</b>	38,47	37,71	34,96
<b>5</b>	37,45	36,14	37,23
<b>6</b>	40,30	39,85	39,91
<b>7</b>	35,18	33,61	32,95
<b>8</b>	27,43	26,85	28,36
<b>9</b>	24,86	23,57	25,59
<b>10</b>	23,10	23,00	23,67
<b>11</b>	19,20	19,40	19,86
<b>12</b>	15,65	15,88	16,07
<b>13</b>	15,36	15,72	15,97



**Figura 12:** Comportamiento de la temperatura de los extremos de la pila

En la figura 12 se registra la evolución de la temperatura durante el proceso de compostaje de las excretas de aves, en donde en la semana 1 la materia orgánica se encuentra en la etapa mesófila, durante las semanas 2 y 3 la temperatura se eleva por la actividad metabólica de los microorganismos alcanzando una temperatura promedio de 47,05 °C a 50 °C. Rafael (2015), en su estudio manifiesta que cuando el compost alcance una temperatura de 50 °C aparecen las bacterias denominadas actinomicetos. Desde la semana 6 la temperatura desciende bruscamente como indicador de que el compost pasa a su etapa de enfriamiento. Soriano (2016), manifiesta que la temperatura después de cada volteo desciende del orden de 5 a 10 °C desde su temperatura inicial llegando a una etapa de cosecha (maduración).

- **Estadístico descriptivo**

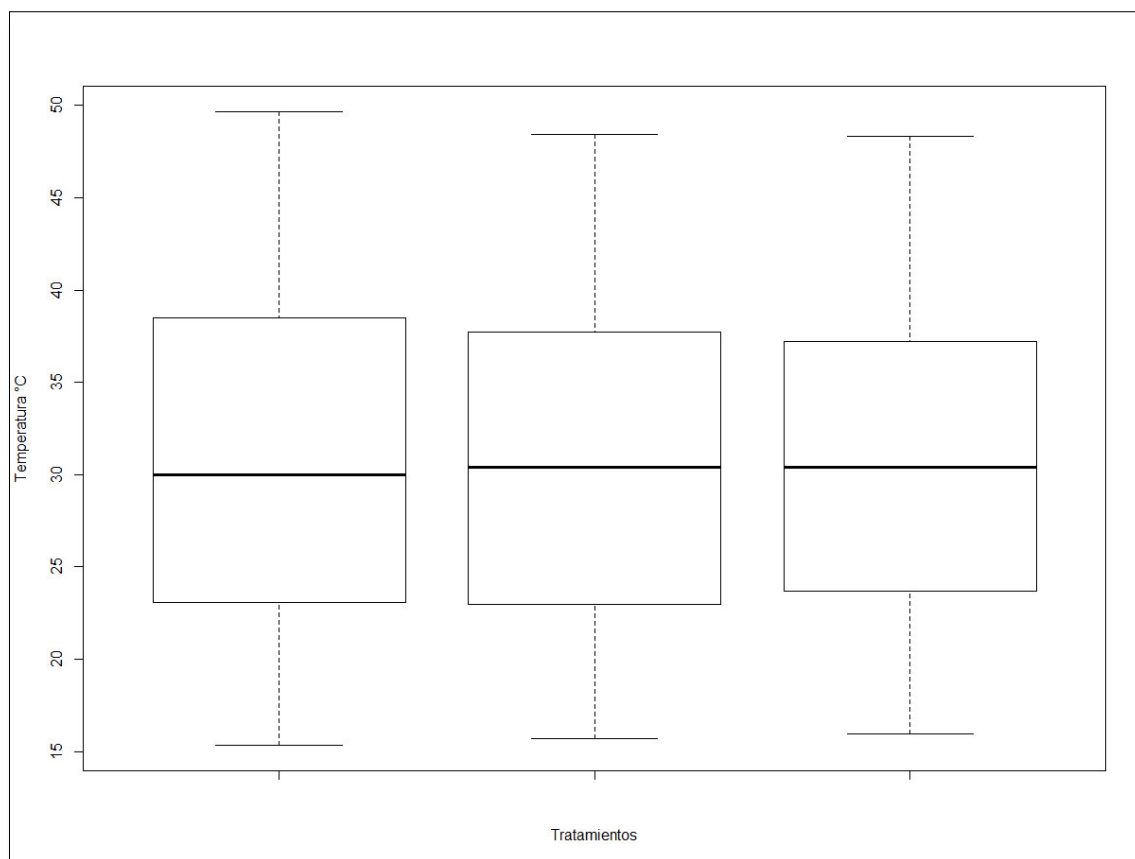
**Tabla 14:** Análisis descriptivo de las temperaturas de extremos de las pilas

Tratamiento	Mediana	Media	Min	Max	sd	cv %
T1	30,00	30,93	15,36	49,65	11,15	36,04
T2	30,41	30,58	15,42	48,42	10,98	35,90
To	30,41	30,72	15,97	48,32	10,51	34,21

En la tabla 14 se muestran los resultados estadísticos descriptivos donde la temperatura en los tratamientos “T1” “T2” “To” no presentan una significancia ya que sus temperaturas mínimas se mantienen en un promedio de 15,58 °C y máximas con 48,79 °C, así mismo, la desviación estándar del CMB1 es mayor a los demás tratamientos “T2” “To” por lo cual los datos se encuentran en una distribución normal, manteniendo coeficientes de variación superior al 30% lo que demuestra que los datos no mantienen



homogeneidad, la bibliografía recomienda que el coeficiente de variabilidad no sea mayor al 2%.



**Figura 13:** Prueba ANOVA (Temperatura extremos de los tratamientos)

El diagrama 13 nos muestra un comportamiento no significativo entre los tres tratamientos de la investigación. Los gráficos de cajas para cada tratamiento se solapan, lo que nos afirma que no existe diferencias significativas en la temperatura para ninguna de las pilas. De manera general los microorganismos benéficos no inciden de manera positiva o negativa al proceso de descomposición en esta investigación.

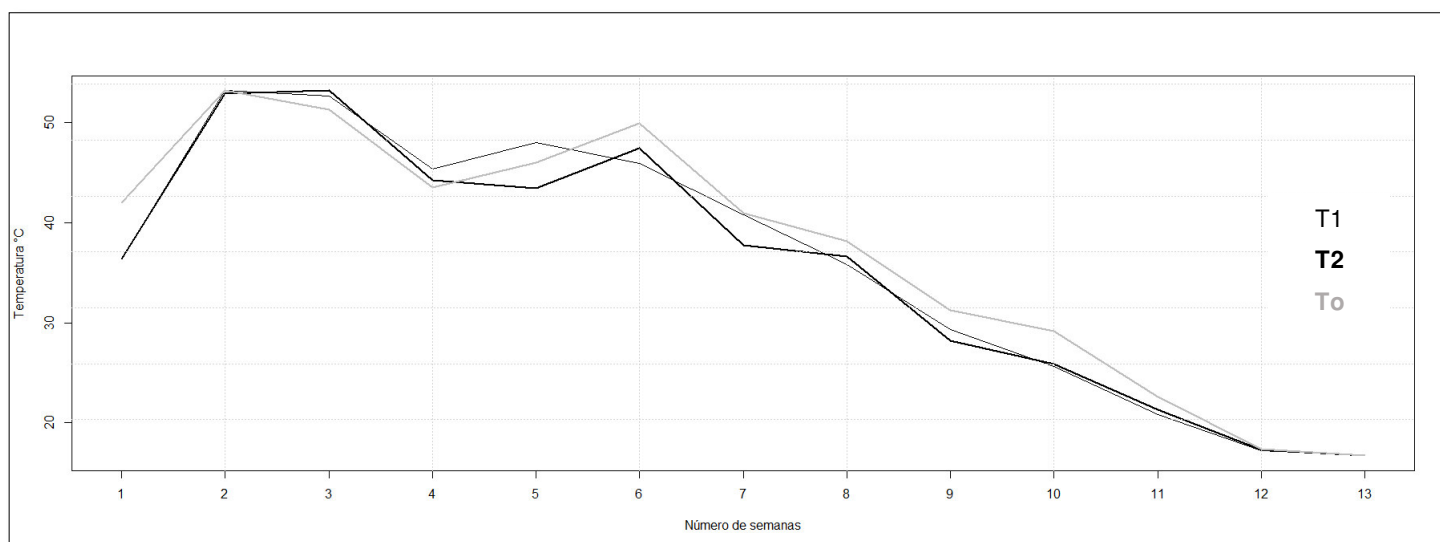
- **Centro de las pilas de compost de cada tratamiento**

En la tabla 15 se muestran los promedios de las temperaturas en los centros de las pilas para cada tratamiento de durante la elaboración del compost. De acuerdo a los datos obtenidos en la (figura 12) los tratamientos "T1" "T2" "To", al inicio de su proceso de compostaje registraron una temperatura de 36,40 °C, 35,23 °C y 39,40 °C respectivamente. Así mismo se constató que la temperatura máxima alcanzada corresponde a la segunda semana de su proceso con 53,19 °C, 50,83 °C y 48,32 °C.

Por otro lado, en la quinta semana el tratamiento “T1” alcanza una temperatura de 48,04 °C siendo significativo en los demás tratamientos de “T2” y “To” con un promedio de 42,42 °C. Al concluir el proceso de obtención del compost los tratamientos registraron temperaturas de 16,72 °C, 16,56 °C y 16,78 °C demostrando que la etapa de maduración del abono concluyó.

**Tabla 15:** Temperaturas promedios en los tratamientos

SEMANAS	Temperaturas		
	T1	T2	To
1	36,40	35,23	39,42
2	53,19	50,83	49,40
3	52,70	51,11	47,71
4	45,37	42,62	40,76
5	48,04	41,88	42,96
6	45,89	45,70	46,47
7	40,83	36,46	38,47
8	35,79	35,40	35,92
9	29,33	27,46	29,81
10	25,67	25,24	27,90
11	20,81	20,90	22,05
12	17,24	17,10	17,38
13	16,72	16,56	16,78



**Figura 14:** Comportamiento de la temperatura del centro de las pilas

En la figura 14 se registra la evolución de la temperatura del centro de las pilas de composta durante su proceso, en donde en las semanas 2 y 3 se registró los puntos mas elevados de temperatura con un promedio de 50,8 °C, en esta etapa se eliminan

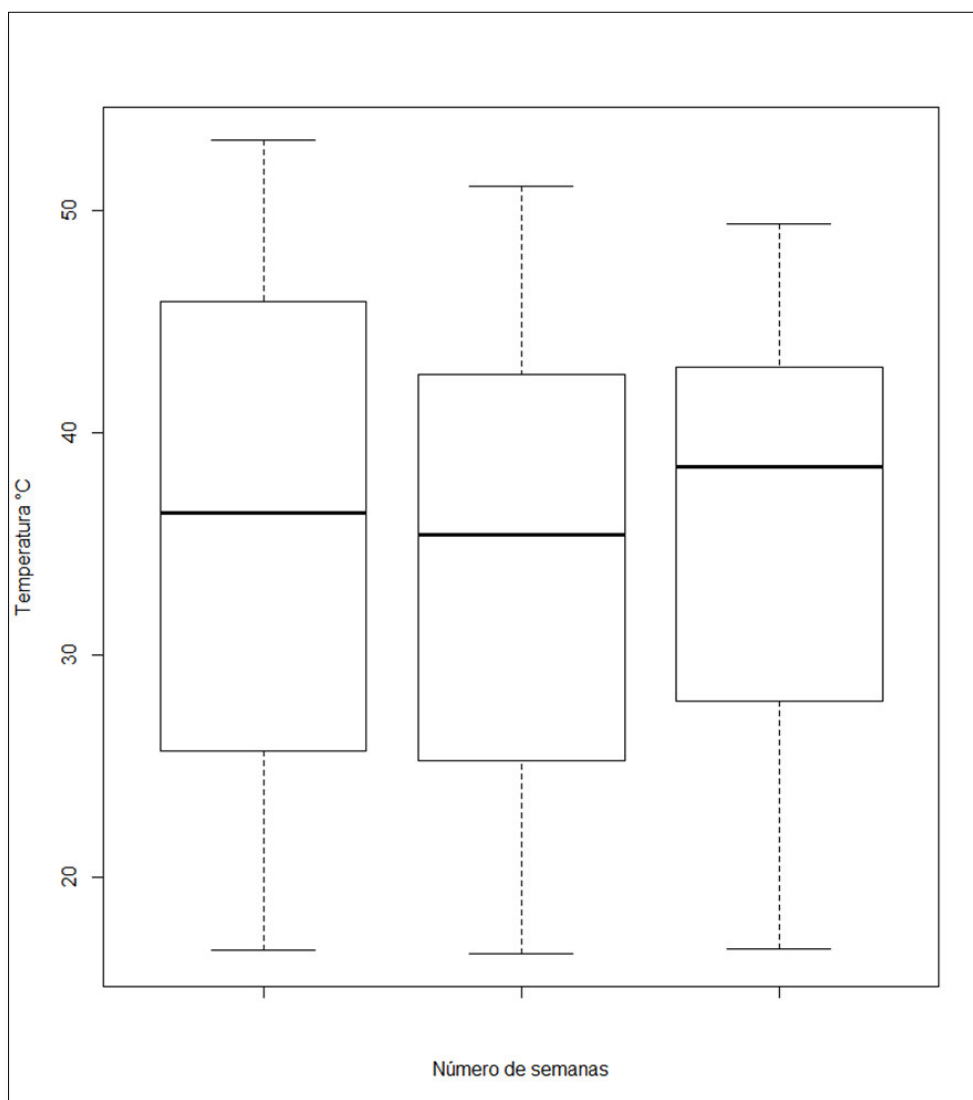
todos los microorganismos patógenos, hongos y elementos biológicos indeseables (Rafael, 2015); comienza el descenso de la temperatura en las semanas siguientes hasta alcanzar promedio de 15.05 °C correspondiente a la etapa de maduración.

- **Estadístico descriptivo**

**Tabla 16:** Análisis descriptivo de las temperaturas del centro de las pilas

Tratamiento	Mediana	Media	Min	Max	sd	cv %
T1	36,40	36,00	16,72	53,19	13,01	36,14
T2	35,4	34,35	16,56	51,11	13,03	37,93
To	38,47	35,00	16,78	49,40	11,24	32,11

En la tabla 16 se muestra que los tratamientos “T1” “T2” “To” no se registró una significancia en las temperaturas por lo que inoculación de consorcios microbianos en los tratamientos no inciden de manera directa en la evolución de la temperatura durante su proceso hasta llegar a su etapa final.



**Figura 15:** Prueba ANOVA (Temperatura centro)

El gráfico de cajas 15 muestra la temperatura promedio del centro de la pila para cada tratamiento en el proceso de descomposición, en el cual nos afirma que no existe diferencias significativas en la temperatura para ninguna de las pilas.

**c. pH**

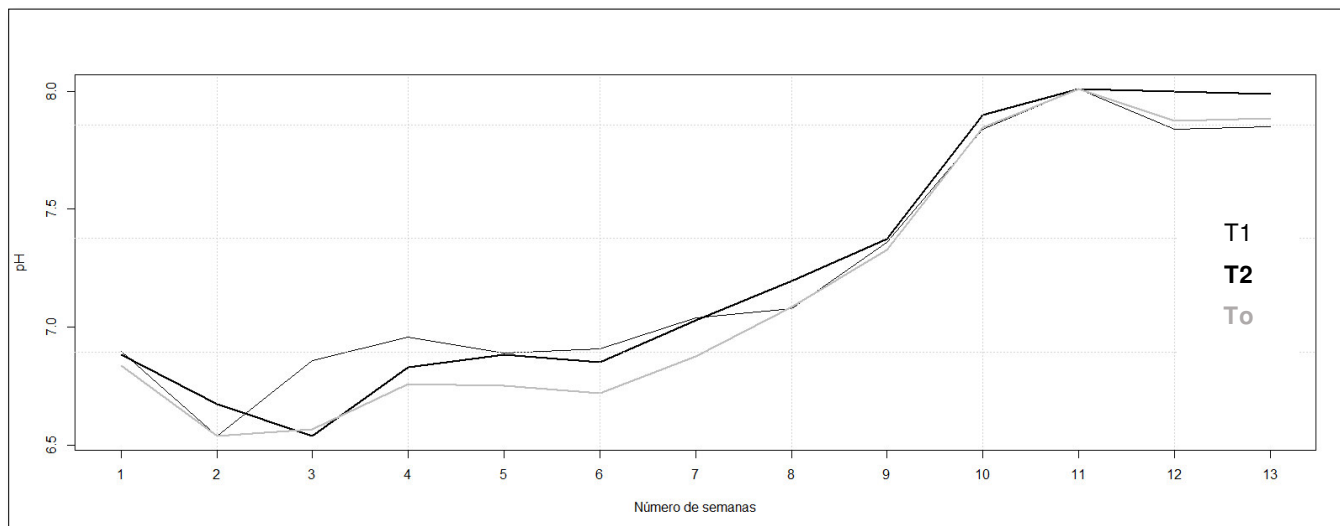
Se registraron datos de los extremos y centro de las pilas durante el proceso de elaboración de compost.

- **Extremo de las pilas de compost de cada tratamiento**

Se registraron valores iniciales de un promedio 7 y conforme al avance del tratamiento en la semana 13 se obtuvo un valor promedio final de 8, el cual corresponde a un pH alcalino (figura 13).

**Tabla 17:** pH promedios de los tratamientos

SEMANAS	pH		
	T1	T2	To
1	6,90	6,94	6,94
2	6,54	6,75	6,63
3	6,86	6,63	6,66
4	6,96	6,89	6,86
5	6,89	6,94	6,85
6	6,91	6,91	6,82
7	7,04	7,07	6,98
8	7,08	7,22	7,20
9	7,36	7,38	7,45
10	7,84	7,85	7,99
11	8,01	7,95	8,16
12	7,84	7,94	8,02
13	7,85	7,93	8,03



**Figura 16:** Comportamiento del pH de los extremos de las pilas

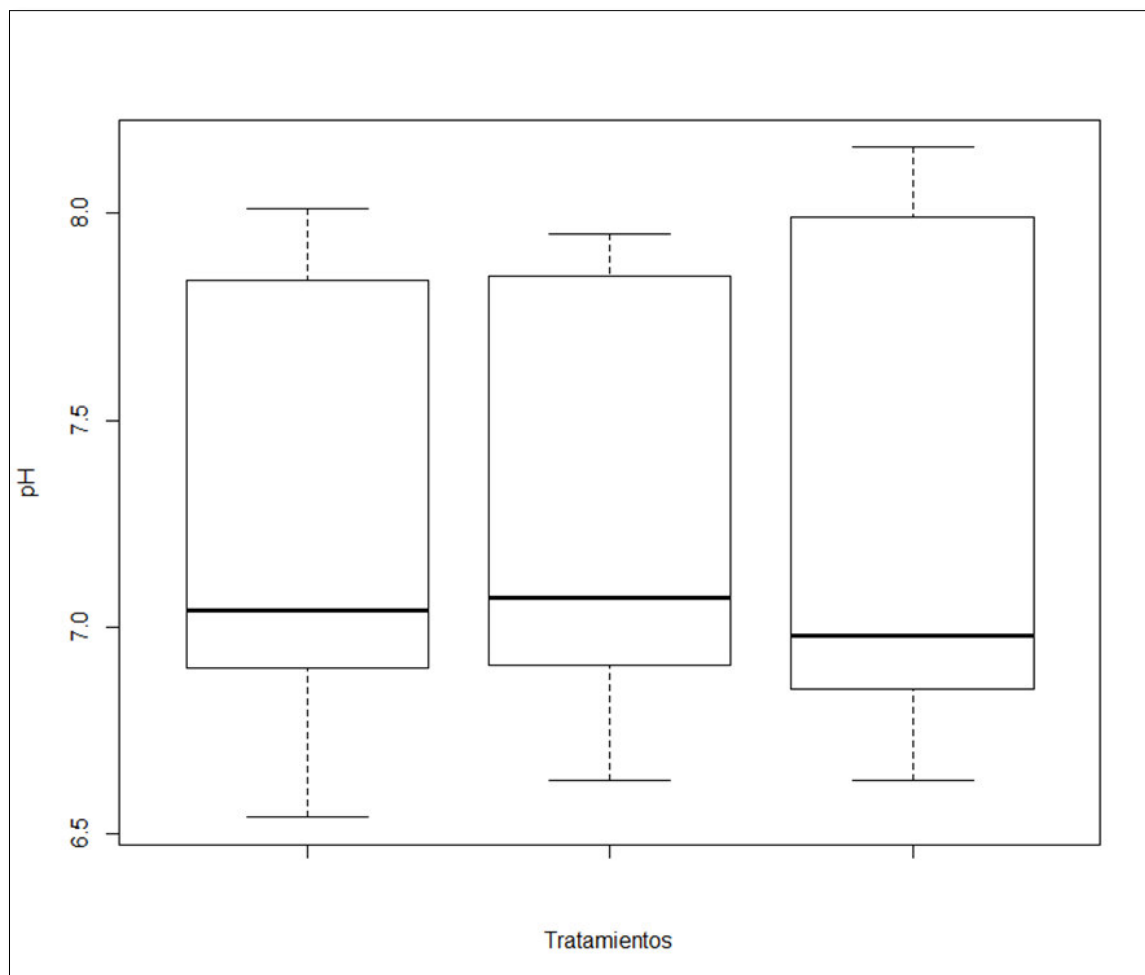
La evolución del pH de los tratamientos “T1” “T2” “To” presentan un pH mínimo de 7 al inicio del proceso de compostaje, en el cual en la semana 2 “etapa mesófila” la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos lo que provoca una disminución del pH (Canales, 2010) en un promedio de 6,5 tanto en los tratamientos inoculados con consorcios microbianos y el testigo. Schedule et al., (2015) manifiesta que el pH en un compost final se eleva alrededor de 7,5 a 8, por lo tanto, en el compost de excreta de aves en la semana 13 registró un pH 8 (alcalino).

- **Estadístico descriptivo**

Los valores de pH para todos los tratamientos son alcalinos ya que sus promedios registran datos superiores a 7.78 y menores a 8.18, el análisis entre tratamientos se resume que no presenta significancia entre los mismos.

**Tabla 18:** Análisis descriptivo del pH de los extremos de las pilas

Tratamiento	Mediana	Media	Min	Max	sd	cv %
T1	7,04	7,23	6,54	8,01	0,48	6,64
T2	7,07	7,26	6,63	7,95	0,49	6,75
To	6,98	7,26	6,63	8,16	0,57	7,85



**Figura 17:** Prueba ANOVA (pH extremos de los tratamientos)

El diagrama muestra que el testigo posee el pH más elevado en comparación con los tratamientos en donde se utilizaron microorganismos benéficos, sin embargo, la diferencia es mínima que no presenta significancia.

La aplicación de consorcios microbianos en los tratamientos no inciden en la temperatura ni de los extremos ni del centro de la pila de compostaje, el comportamiento de la temperatura en el tratamiento testigo fue análoga a la de los tratamientos inoculados con consorcios microbianos, se deduce que la inoculación de microorganismos benéficos de especies vegetales no afecta a la temperatura de la pila y que esta varía acorde a las fases normales del compostaje: mesófila, termófila, enfriamientos y maduración. La temperatura más alta en los extremos y centro de las pilas se registró en la semana 3, una fase en donde la actividad microbiana conduce a la degradación de la materia orgánica (Sarkar, Pal, & Chanda, 2016). El estudio realizado por (Fan, Lee, & Leow, 2014) reveló que la inoculación de microorganismos

ayuda a alcanzar una temperatura más alta durante las tres primeras semanas de compostaje. En el estudio realizado de Application of Indigenous Microorganisms (IMO) for Bio-Conversion of Agricultural Waste manifiesta que durante el proceso de compostaje las temperaturas optimas deben mantenerse en un rango de 30°C a 60°C para que durante las primeras semanas de proceso se desarrolle la descomposición de la materia orgánica y en el transcurso del mismo en las altas temperaturas para destruir microorganismos patógenos (Anyanwu, Ngohayon, Ildefonso, & Ngohayon, 2015). Soriano (2016), estable que durante el proceso de compostaje las temperaturas en las pilas de compost tuvieron un rango promedio de 48°C y 52°C que permitieron que en 43 días el proceso de compostaje llegue a la etapa final. Mientras que Rafael (2015), en su estudio de Proceso de producción y aplicación del producto de microorganismos eficaces en la calidad de compost, manifiesta, que un compost apto para uso agrícola debe tener una temperatura de entre 31°C – 50°C y en un periodo de elaboración de 70 días para su cosecha.

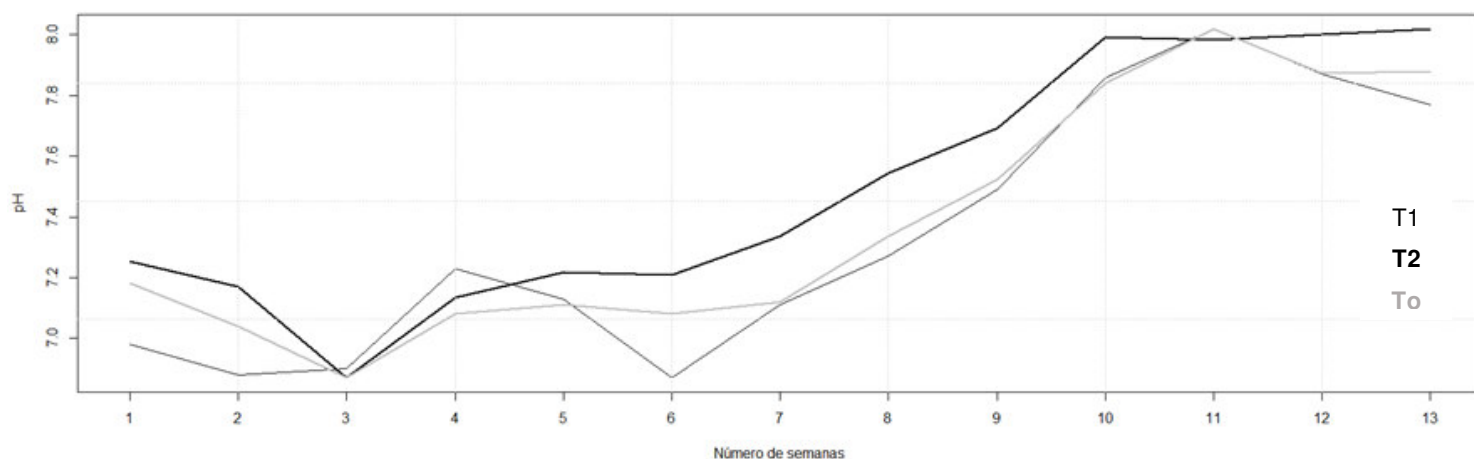
- **Centro de las pilas de compost de cada tratamiento**

Los resultados de pH obtenidos en el centro de las pilas registran inicialmente un valor de 6,98, 7,12 y 7,15 respectivamente, sin embargo, en el transcurso de maduración del 1 compostaje el pH en los tratamientos incrementó hasta la semana 11, a partir de ahí el pH descendió hasta llegar a un promedio 8,0 en su etapa de cosecha.

**Tabla 19:** pH promedio de los tratamientos

SEMANAS	pH		
	T1	T2	To
1	6,98	7,12	7,15
2	6,88	7,03	6,97
3	6,90	6,70	6,75
4	7,23	6,99	7,02
5	7,13	7,08	7,06
6	6,87	7,07	7,02
7	7,11	7,21	7,07
8	7,27	7,44	7,35
9	7,49	7,60	7,59
10	7,86	7,93	8,00
11	8,02	7,92	8,23
12	7,87	7,94	8,04
13	7,77	7,96	8,05

Soriano (2016), en su elaboración de compostaje, manifiesta que durante las tres primeras semanas de proceso el pH se registró en un rango de ,7,9 a 8,1 y a partir de la cuarta semana hasta la obtención del mismo presenta un pH de 8,5 a 8,7. Según Atalia et al., (2017), el nivel de pH adecuado para la actividad microbiana esta entre 5,0 y 7,0, sin embargo, para el compostaje se recomienda un pH óptimo de 5,5 a 8,5. Mientras, Tituaña (2009), establece que conforme se incrementa la dosis de microorganismos el pH aumenta hasta llegar a un punto que el mismo empieza a decrecer en un rango de 8,05 que indica que el compost está listo para su cosecha.



**Figura 18:**Comportamiento del pH del centro de las pilas en la elaboración de compost en los tratamientos

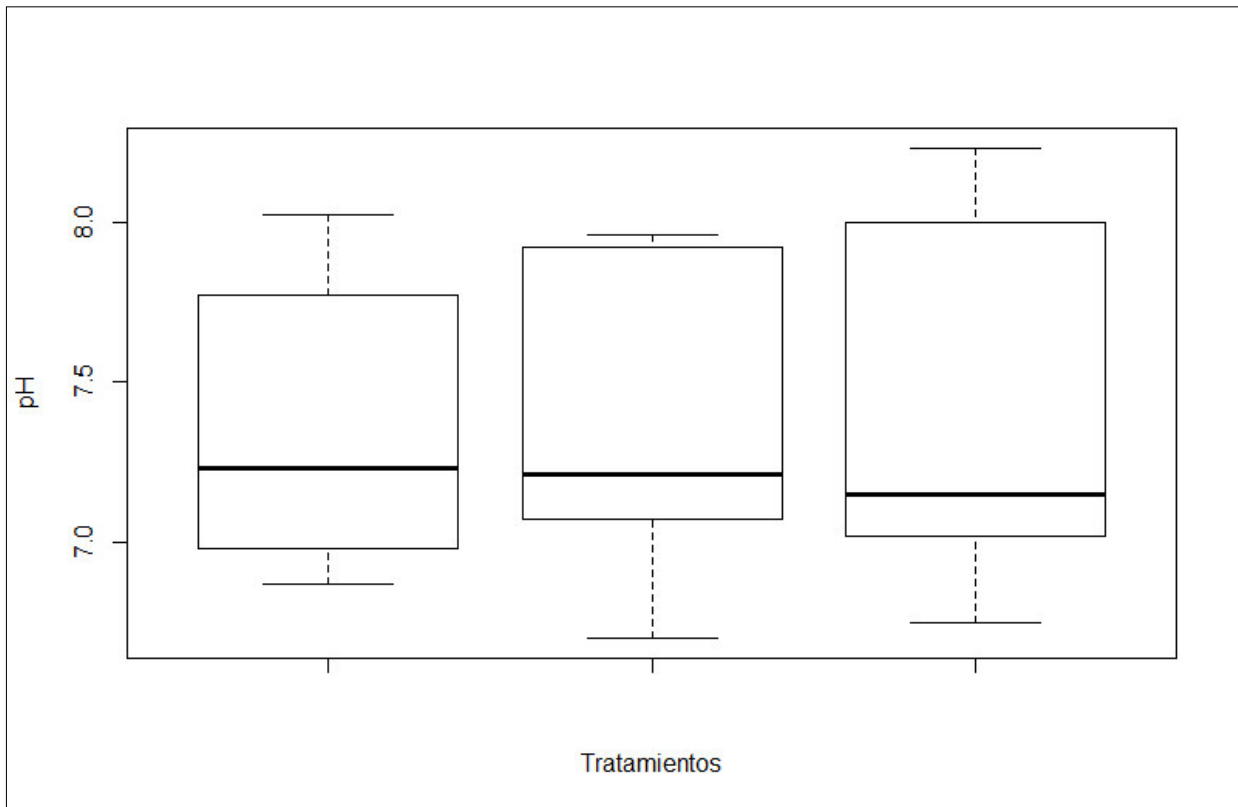
- **Estadístico descriptivo**

**Tabla 20:** Análisis descriptivo del pH del centro de las pilas de compost

Tratamiento	Mediana	Media	Min	Max	sd	cv %
T1	7,23	7,33	6,87	8,02	0,41	5,59
T2	7,21	7,33	6,70	7,96	0,43	5,87
To	7,15	7,40	6,75	8,23	0,50	6,76

El pH en el centro de la pila repite el comportamiento que los datos tomados en los extremos, se mantiene la alcalinidad del proceso al registrarse valores superiores a 7,65 e inferiores a 8,25. El análisis estadístico nos dice que los datos se comportan de igual manera para los tres tratamientos, por lo tanto, en la presente investigación los microorganismos benéficos no influyen en el pH de la pila.





**Figura 19:** Prueba de ANOVA (pH centro de los tratamientos)

En la figura 19 se puede apreciar que el boxplot de los diferentes tratamientos se solapan entre cada uno, lo cual la inoculación de microorganismos benéficos no incide en el parámetro de control de pH.

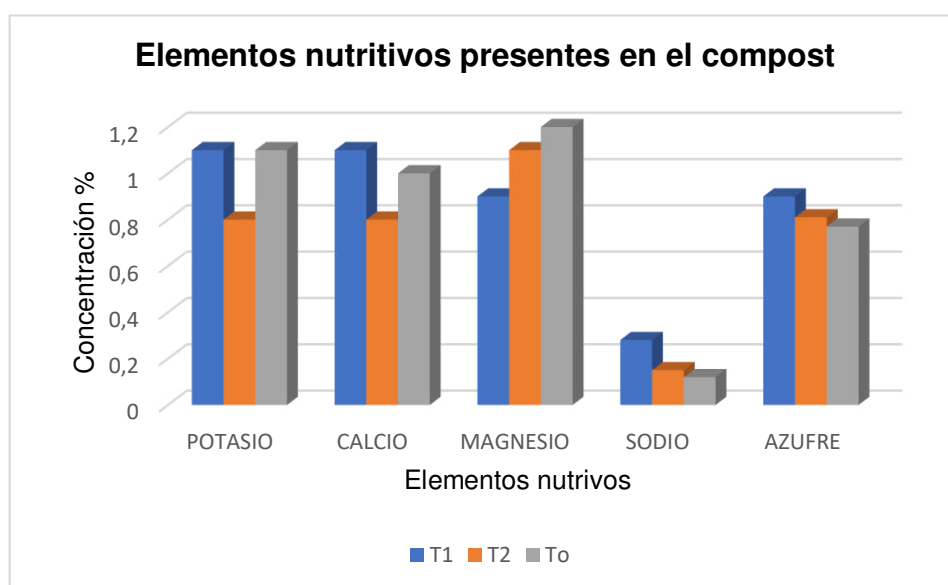
#### **d. Análisis químico y biológico de los tratamientos**

- **Características químicas del compost**

Las más altas concentraciones de los elementos nutritivos presentes en los tratamientos se registraron en el compost enriquecido con consorcios microbianos benéficos a excepción del magnesio (1,20 %) que fue superior en el compost testigo (Figura 20). Los más altos porcentajes de Potasio (1,10%), Calcio (1,10 %), Sodio (0,28 %) y Azufre (0,90%) se constató en el compost enriquecido con CMB1 (Tabla 21).

**Tabla 21:** Parámetros químicos de los tratamientos del compost

<b>Elementos nutritivos presentes en el compost (%)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Potasio</b>	<b>Calcio</b>	<b>Magnesio</b>	<b>Sodio</b>	<b>Azufre</b>
T1	1,10	1,1	0,9	0,28	0,9
T2	0,80	0,8	1,1	0,15	0,81
To	1,10	1	1,2	0,12	0,77

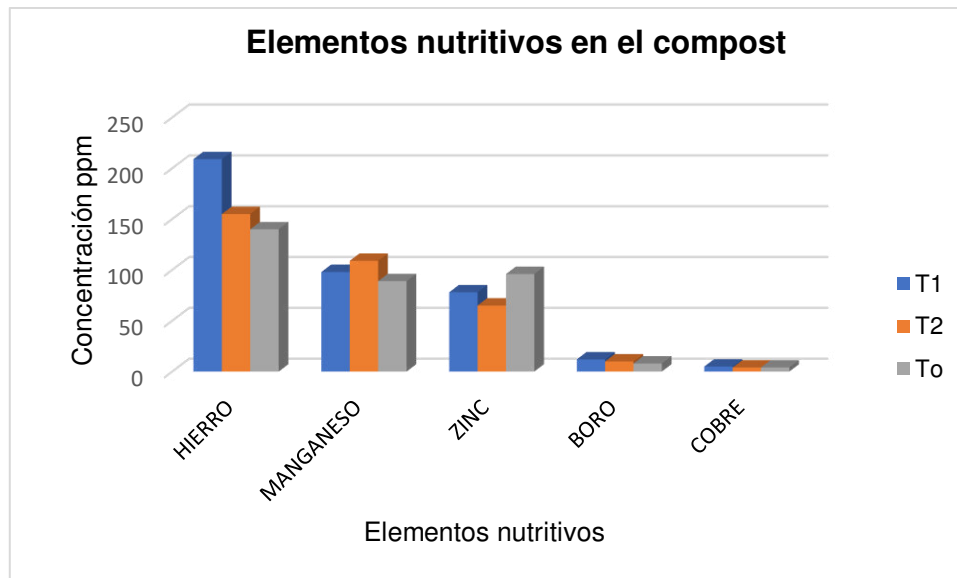


**Figura 20:** Variación en porcentajes de los elementos nutritivos presentes en el compost

La presencia de microelementos presentó una diferencia notable entre los tratamientos (Figura 21). Las más altas concentraciones de Hierro (209 ppm), Cobre (12 ppm) y Boro (12 ppm) se registró en el compost inoculado con CMB1, la mayor concentración de Zinc (96 ppm) se evidenció en el compost testigo.

**Tabla 22:** Parámetros químicos de los tratamientos del compost

<b>Elementos nutritivos presentes en el compost (ppm)</b>					
<b>Tratamiento</b>	<b>Hierro</b>	<b>Manganeso</b>	<b>Zinc</b>	<b>Boro</b>	<b>Cobre</b>
T1	209	98	78	12	5
T2	155	109	65	10	4
To	140	89	96	8	4



**Figura 21:**Concentración de elementos nutritivos en el compost (ppm)

Naranjo (2013), manifiesta que el aporte de microorganismos benéficos aporta un alto contenido nutricional del compost, registrando valores de nitró potasio (0,72 %) en los tratamientos inoculados con microorganismos, así mismo, Sánchez et al., (2017), propone que la inoculación de microorganismos en la materia prima y la adición de nutrientes de fuentes naturales, tiene la capacidad de aumentar la concentración de nutrientes en el compost, los cuales están disponibles para las plantas.

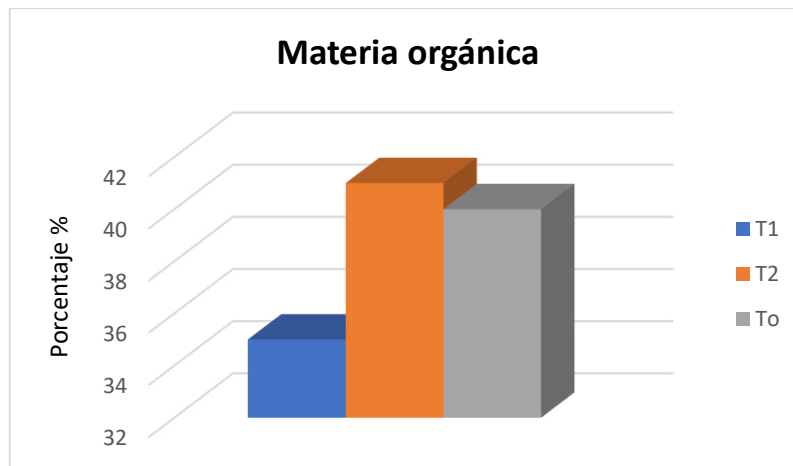
- **Materia orgánica, fósforo y nitrógeno**

La materia orgánica obtenida en el análisis bioquímico de compost (Tabla 23) se determinó que el compost enriquecido con CMB2 registro el mayor contenido de materia orgánica (41%), testigo con un valor (40 %), mientras que el CMB1 reportó el menor porcentaje (35%), lo cual se determina que los ácidos húmicos de tratamiento 1 (3-4%) y tratamiento 2 (3%) fueron superiores al tratamiento testigo (1%).

Los valores recomendados por la norma chilena (NCh2880 - 2005), cuyo valor de contenido de materia orgánica en el compost debe ser mayor o igual a 25% para que sea aplicado en macetas directamente y sin necesidad de que sea previamente mezclado con otros materiales, sin embargo, la Organización Mundial de la Salud OMS (1999), para que sea un abono orgánico, los valores deben encontrarse en un rango de 25 a 50 % de materia orgánica la cual cumpliría con los tratamientos inoculados con microorganismos benéficos y con el testigo.

**Tabla 23:** Parámetro químico de los tratamientos del compost

Parámetro químico %	
Tratamientos	Materia orgánica
T1	35
T2	41
To	40



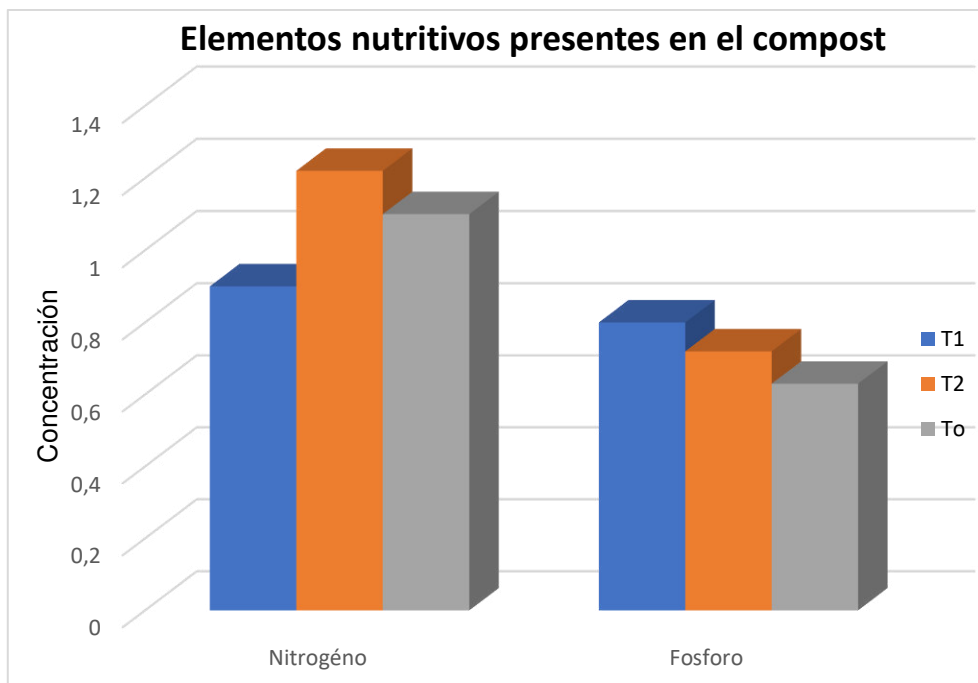
**Figura 22:** Concentración de materia orgánica en los tratamientos de compost

El más alto porcentaje de nitrógeno se determinó en el compost con CMB2 (1,22 %), mientras que el valor más alto se registró en el compost enriquecido con CMB1 de fosforo (0,80 %).

La norma chilena (NCh2880 - 2005), manifiesta que para que un compost se califique clase A para ser utilizado directamente en el suelo, el nitrógeno total debe ser mayor o igual a (0,8 %) y fosforo (0,1 %) y en el caso de la Organización Mundial de la Salud OMS (1999), los valores son menores a 3,5 % tanto para nitrógeno y fosforo para que se califique como un abono orgánico de calidad.

**Tabla 24:** Elementos químicos presentes en los tratamientos de compost

Elementos químicos presentes en el compost (%)		
Tratamiento	Nitrógeno	Fosforo
T1	0,9	0,8
T2	1,22	0,72
To	1,1	0,63



**Figura 23:**Elementos químicos en el compost

**Tabla 25:** Análisis general de las normas

Tratamientos	Norma Chilena 2880		OMS	
	Cumple	No Cumple	Cumple	No Cumple
T1	x		x	
T2	x		x	
To	x		x	

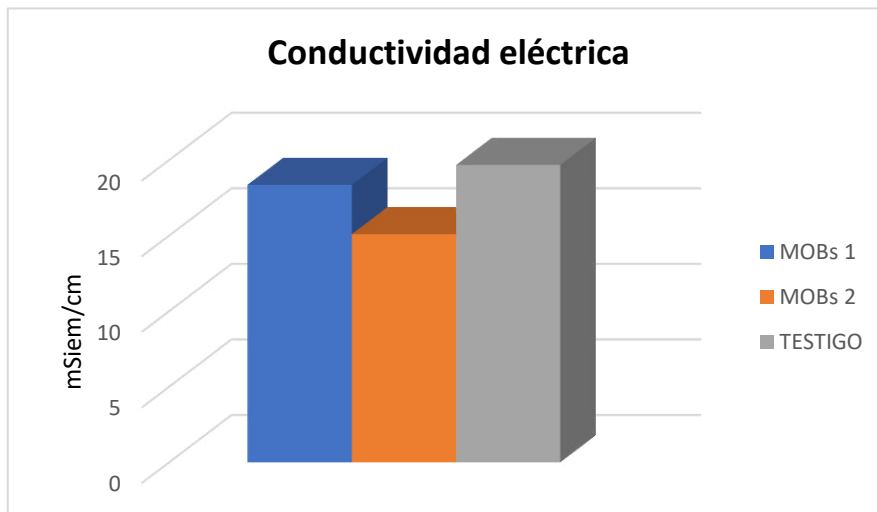
El compost inoculado con consorcios microbianos de muestras vegetales y el testigo son abonos aptos para ser utilizados en el suelo ya que cumplen con las características de la norma chilena (NCh2880 – 2005) y la OMS en los elementos principales para el crecimiento de la planta como nitrógeno, fosforo y materia orgánica.

- **Conductividad eléctrica**

El análisis químico de los tratamientos de compost, muestra que el testigo registró un valor de (19,68 mSiem/cm) seguido del tratamiento 1 (18,36 mSiem/cm) y por último el tratamiento 2 (15,1 mSiem/cm). La conductividad eléctrica (CE) refleja el grado de salinidad en el producto final de compostaje, que refleja fitotóxico / Efectos Fito inhibidores (por ejemplo, baja tasa de germinación, marchitamiento) sobre el crecimiento de las plantas (Sharma et al., 2014).

**Tabla 26:** Conductividad eléctrica en los tratamientos de compost

Conductividad eléctrica	
Tratamiento	mSiem/cm
T1	18,36
T2	15,1
To	19,68



**Figura 24:** Conductividad eléctrica en los tratamientos

- **Parámetros biológicos de los tres tratamientos de compost**

Tabla 27: Microorganismos presentes en los tratamientos de compost

<b>Microorganismos presentes en los tratamientos de compost</b>			
<b>log UFC g-1</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>To</b>
<i>Actinomyces sp.</i>	0,5877453	0,9545211	0,2165516
<i>Arthrobacter sp.</i>	0,2351519	1,8546265	2,0124013
<i>Azospirillum sp.</i>	0,215374	1,2654112	0
<i>Azotobacter sp.</i>	0	1,2405781	0,5421154
<i>Bacillus subtilis</i>	2,9531241	2,0819874	1,5421327
<i>Bacillus amynoliquefaciens</i>	1,2512212	0,9156521	0,9551343
<i>Bacillus licheniformis</i>	1,1385193	2,6102217	0,6851562
<i>Bacillus megaterium</i>	2,5485545	1,6541321	1,8452173
<i>Candida sp.</i>	0,6245781	1,9837425	1,2047852
<i>Frateuria sp.</i>	1,6508214	1,5765038	1,0741329
<i>Hanseniaspora sp.</i>	0,5532108	3,5987152	0,8954137
<i>Kloekera sp.</i>	1,2542139	2,9501563	1,0546844
<i>Penicillium sp.</i>	2,9898329	1,2501179	1,1247832
<i>Pichia sp.</i>	1,5187541	3,7580215	1,8265214
<i>Rhodotorula sp.</i>	2,5184058	1,8125712	2,1615971
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,5845743	2,2231364	0
<i>Streptomyces sp.</i>	2,9578932	1,6325081	1,1873621
<i>Thiobacillus sp.</i>	0,9056211	2,3521547	1,3284577

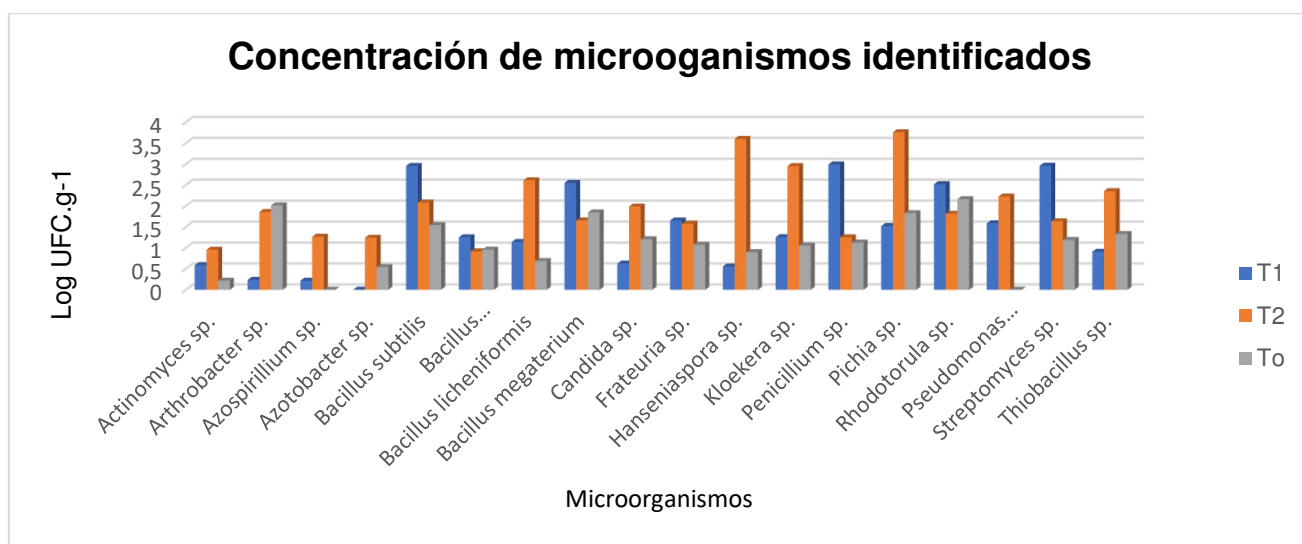


Figura 25: Concentración de microorganismos en los tratamientos de compost

A partir del análisis del consorcio microbiano que se realizó a las muestras de compost, se evidenció que cada tratamiento posee una variedad de microorganismos como: *Candida sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Azospirillum sp.*, *Azotobacter sp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus amynoliquefaciens*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus megaterium*, *Candida sp.*,

*Frateuria sp.*, *Frateuria sp.*, *Hanseniaspora sp.*, *Kloekera sp.*, *Penicillium sp.*, *Pichia sp.*, *Rhodotorula sp.*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces sp.*, *Thiobacillus sp.*

- En el resultado “T1”, los microorganismos predominantes en este proceso son: *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Penicillium sp*, *Rhodotorula sp* y *Streptomyces sp.* con 2,9531241 (log UFC.g<sup>-1</sup>), 2,5485545 (log UFC.g<sup>-1</sup>), 2,9898329 (log UFC.g<sup>-1</sup>), 2,5184058 (log UFC.g<sup>-1</sup>), 2,9578932 (log UFC.g<sup>-1</sup>) respectivamente.
- En cuanto al resultado del “T2”, la mayor cantidad de microorganismos registrados son: *Bacillus licheniformis* 2,6102217 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Hanseniaspora sp* 3,5987152 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Kloekera sp*, 2,9501563 (log UFC.g<sup>-1</sup>), *Pichia sp* 3,7580215 (log UFC.g<sup>-1</sup>), y *Thiobacillus sp* 2,3521547 (log UFC.g<sup>-1</sup>).
- Finalmente, en el “To”, se evidencio la presencia de microorganismos como: *Arthrobacter sp*, *Bacillus megaterium*, *Pichia sp*, *Rhodotorula sp* con una concentración de 2,0124013 (log UFC.g<sup>-1</sup>), 1,8452173 (log UFC.g<sup>-1</sup>), 1,8265214 (log UFC.g<sup>-1</sup>) y 2,1615971 (logUFC.g<sup>-1</sup>) correspondiente a cada microorganismo.

Por lo tanto, los tratamientos que posee una mayor concentración de microorganismos (log UFC. g<sup>-1</sup>) son las muestras de “T1” “T2” con una significativa cantidad para el testigo.

La gallinaza tiene características físicas y químicas que atribuyen a obtener un producto de calidad como abono, siempre y cuando sea transformado por un proceso de compostaje y así garantizar su calidad y minimizar los impactos negativos que se produce deyecciones (Toledo, Gonzalo, Puglla, & Danilo, 2018), el compost de gallinaza aporta nutrientes a los suelos y contribuye a la recuperación de los suelos áridos (Fuquene & Yate, 2017), la aplicación de microorganismos tiene un gran potencial para ser utilizado en la aceleración del proceso de compostaje y aumento de nutrientes en el compost (Muttalib, Syed, & Praveena, 2016). De acuerdo a los análisis microbiológicos de los tratamientos de compost de excreta de aves los resultados demuestran que los “T1” “T2” “To” presentan una alta variedad de microorganismos, sin embargo, los tratamientos inoculados con microorganismos benéficos de col (T1) y hierbaluisa (T2) registran mayores concentraciones de todos los elementos nutricionales en relación con el testigo; análisis que concuerda con Naranjo (2013), quien manifiesta que la inoculación de microorganismos benéficos con su respectiva dosis (30 cc/10 litro de agua) en el proceso de obtención de compost mejora el contenido nutricional; al reportar



mayor número de colonias en el compost (bacterias, hongos, entre otros). Los microorganismos son cruciales para la transformación y migración de nutrientes tanto en el suelo como en el compost, por lo tanto, bacterias y hongos presentes durante las diferentes fases de compostaje son esenciales para llevar a cabo la suplementación de compost con nutrientes (Sánchez et al., 2017). En los tratamientos de obtención de compost a partir de excretas de aves (gallinaza) se identificó varios géneros de bacterias como: *Bacillus*, *Pseudomonas fluorescens*, *Streptomyces sp.* los pertenecientes al género hongos se registra: *Penicillium sp.* *Candida sp.*, en los tratamientos, sin embargo, en los tratamientos con consorcios microbianos benéficos se registró un mayor contenido de unidades formadoras de colonias. Escobar et al., (2012), en su estudio manifiesta que el compost con gallinaza fue el tratamiento que mayor valor obtuvo en relación de abundancia y diversidad microbiológica encontrando microorganismos de los géneros *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Aspergillus*, *Penicillium* en los hongos; lo cual concuerda con la investigación realizada del presente estudio.

## **CAPÍTULO V**

### **5 CONCLUSIONES**

En base a los resultados obtenidos se establece las siguientes conclusiones

- La temperatura y pH registrados durante el proceso de compostaje fue similar en los tres tratamientos, por lo tanto, los consorcios microbianos benéficos no inciden en estos factores.
- La aplicación de microorganismos benéficos acelera de degradación de la materia orgánica lo que se verifica en la mayor concentración de ácidos húmicos en los tratamientos T1 y T2.
- Los tratamientos T1, T2 y To según la norma chilena (NCh2880 - 2005) y la OMS son abonos orgánicos que se pueden utilizar en el sustrato suelo para enriquecerlo y al mismo tiempo ayudar al crecimiento de las plantas.
- La aplicación de consorcios microbianos benéficos incrementa las concentraciones de elementos nutritivos en el compost.
- La inoculación de consorcios microbianos benéficos en las pilas de compostaje incrementa la carga y diversidad microbiana con respecto al tratamiento control.

## **CAPÍTULO VI-**

### **6 RECOMENDACIONES**

- Evaluar la incidencia del compost obtenido a partir de excretas de aves con la aplicación de consorcios microbianos benéficos, en el desarrollo de especies vegetales.
- Verificar la incidencia de CMB obtenidos de otras especies vegetales en el proceso de compostaje de diferentes tipos de estiércoles.
- Determinar la concentración microbiana en los biopreparados utilizados en el proceso de compostaje.
- El tratamiento testigo, para ser utilizado en el sustrato suelo requiere ser mezclado con otros elementos adecuados para que sea un producto de calidad A según la norma chilena (NCh2880 - 2005) .

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Regulación y Control Fito Zoosanitario. (2017). Guía de buenas prácticas avícolas.
- Alvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidence of the inoculation of beneficial microorganisms in the strawberry (*Fragaria* sp.) crop. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33–42. <http://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.04>
- Anyanwu, C. F., Ngohayon, S. L., Ildefonso, R. L., & Ngohayon, J. L. (2015). Application of Indigenous Microorganisms ( IMO ) for Bio-Conversion of Agricultural Waste, 4(5), 778–784.
- Atalia, K. R., Buka, D. M., Bhavsar, K. A., & Shah, N. K. (2017). A Review on Composting of Municipal Solid Waste. *Ethics and Social Welfare*, 11(4), 398–403. <http://doi.org/10.1080/17496535.2017.1396483>
- Ayoví, A. B. (2015). Producción de abono orgánico a partir de la gallinaza, como sistema de gestion ambiental ISO 14001. *Tesis*, (PROYECTO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA, ECONÓMICA Y FINANCIERA DEL CULTIVO DE OSTRA DEL PACÍFICO EN LA PARROQUIA MANGLARALTO, CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA), 121. <http://doi.org/10.1037/0022-3514.90.4.644>
- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Thami Alami, I. (2018). Composting parameters and compost quality: a literature review. *Organic Agriculture*, 8(2), 141–158. <http://doi.org/10.1007/s13165-017-0180-z>
- Canales, M. (2010). Evaluación de técnicas para acelerar el compostaje de rastrojo vegetal y estiércol de vacuno en el centro modelo de tratamiento de residuos de la Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Chilon, E. (2013). El compost altoandino como sustento de la fertilidad del suelo frente al cambio climático. *CienciAgro*, 1404, 456–468.
- Conave. (2014). Información estadística. *Cooperación Nacional de Avicultores Del Ecuador*:
- Córdova, S. P., & Miño, B. D. (2015). *Producción de biogás a partir de gallinaza con la adición de promotores de fermentación a 3 dosis*. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>

- Courtney, R. G., & Mullen, G. J. (2008). Soil quality and barley growth as influenced by the land application of two compost types, *99*, 2913–2918. <http://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.034>
- Escobar, N. E., Delgado, J. M., Jaime, N., & Jola, R. (2012). Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de cundinamarca. *2012*, *16*(1), 75–88. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n1/v16n1a06.pdf>
- Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza, *2*(1), 43–48.
- Fan, Y. Van, Lee, C. T., & Leow, C. W. (2014). Evaluation of Effective Microorganisms on Small Scale Food Waste Composting, 1–2.
- FAO. (2013). *Revisión del Desarrollo Avícola. Revisión del desarrollo avícola*. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/019/i3531s/i3531s.pdf>
- Fuquene, D., & Yate, A. (2017). Alternativas de aprovechamiento para los excrementos de las granjas avícolas ubicadas en el Municipio de Fómeque Cundinamarca. Retrieved from <http://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/workpaper/article/view/1815/2022>
- Gaur, A. . (1997). Bulky organic manures and crop residues. In: Tandon H.L.S., Ed., *Fertilizers, Organic Manures, Recyclable Wastes and Biofertilizers.*, 37–51.
- Gomez, A. (1998). The evaluation of compost quality. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, *17*(5), 310–314. [http://doi.org/10.1016/S0165-9936\(98\)00013-2](http://doi.org/10.1016/S0165-9936(98)00013-2)
- Gopalakrishnan, S., Pande, S., Sharma, M., Humayun, P., Kiran, B. K., Sandeep, D., ... Rupela, O. (2011). Evaluation of actinomycete isolates obtained from herbal vermicompost for the biological control of Fusarium wilt of chickpea. *Crop Protection*, *30*(8), 1070–1078. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2011.03.006>
- Gordillo, F., & Chávez, E. (2012). “ Evaluación comparativa de la calidad del compost producido a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros .”
- Gutierrez, G. L. (2018). Diagnostico Ambiental de los Centros Avícolas de la ciudad de Jipijapa.
- Higa, T., & Parr, J. (1993). MICROORGANISMOS BENÉFICOS Y EFECTIVOS PARA

## UNA AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE SOSTENIBLE.

Higa, T., & Parr, J. F. (1994). Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment. *International Nature Farming Research Center*, (808), 1–16.

Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. (2011). *Explotaciones intensivas de aves*.

Kidder, S. (2012). Poultry Manure as a Fertilizer. *University of Florida*.

King, M. A., & Macdonald, G. M. (2013). Guide to Recovering and Composting Organics in Maine Table of Contents, (August), 1–43.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2002). III Censo Nacional Agropecuario. Retrieved from [http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess\\_test\\_folder/World\\_Census\\_Agriculture/Country\\_info\\_2000/Reports\\_2/ECU\\_SPA\\_REP\\_2000.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/ess_test_folder/World_Census_Agriculture/Country_info_2000/Reports_2/ECU_SPA_REP_2000.pdf)

Mullo, I. G. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista De Investigación*, 2(1), 43–48. <http://doi.org/10.1007/s00429-014-0969-4>

Muttalib, S., Syed, S., & Praveena, S. (2016). Application of Effective Microorganism ( EM ) in Food Waste Composting : A Application of Effective Microorganism ( EM ) in Food Waste Composting : A review, (May).

Naranjo, E. (2013). APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS PARA ACELERAR LA TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS EN COMPOST ”.

New Nouveau Brunswick Canada. (2015). Compost – Basics of On-Farm Composting, 9.

Norma 2880.c2003. (2003). Compost - Clasificación y requisitos.

O’Ryan, J., & Riffo, O. (2016). *Manuales FIA de Apoyo a la Formación de Recursos Humanos para la Innovación Agraria*.

Oliveira, C. W. (2010). EFECTOS DE TRES FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA (VACAZA, GALLINAZA Y CUYAZA), ENRIQUECIDOS CON MICROORGANISMOS BENÉFICOS (EM) EN CULTIVO DE LECHUGA (*Lactuca sativa* L.) LAMAS.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (1999). Manual para la elaboración de

compost bases conceptuales y procedimientos.

Pérez, M. V., & Villegas, R. A. (2009). Trabajo de Grado Manual Residuos Orgánicos Avícolas 2009.

Rafael, M. D. P. (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. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/3511>

Ramos, D., & Terry, E. (2014). Revisión bibliográfica GENERALIDADES DE LOS ABONOS ORGÁNICOS : IMPORTANCIA DEL BOCASHI COMO ALTERNATIVA NUTRICIONAL PARA SUELOS Y PLANTAS Review Generalities of the organic manures : Bocashi ´ s importance like nutritional alternative for soil and plants, *35(4)*, 52–59.

Reddy, R., & Appannagari, R. (2018). North Asian International Research Journal of ENVIRONMENTAL POLLUTION CAUSES AND CONSEQUENCES : A STUDY, (August 2017).

Rocha, A. (2009). Estudio de diferentes tipo de inóculos en la elaboración de compost, a partir de desechos domésticos orgánicos. *Quito - Ecuador*.

Roman, P., Martinez, M., & Pantoja, A. (2015). Farmer's Compost Handbook: Experiences in Latin America. *FAO Rome.*, (978–92–5–107845–7.). Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i3388e.%0Apdf>

Sánchez, Ó. J., Ospina, D. A., & Montoya, S. (2017). Compost supplementation with nutrients and microorganisms in composting process, (26). <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.012>

Sarkar, S., Pal, S., & Chanda, S. (2016). Optimization of a Vegetable Waste Composting Process with a Significant Thermophilic Phase. *Procedia Environmental Sciences*, *35*, 435–440. <http://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.026>

Schedule, C., Schedule, I., & Guidance, T. (2015). SEPA Technical Guidance BAT for Composting, (November), 1–31.

Sharma, A., Nath, T., Arora, A., Shah, R., & Nain, L. (2017). Efficient Microorganism Compost Benefits Plant Growth and Improves Soil Health in Calendula and

- Marigold. *Horticultural Plant Journal*, 3(2), 67–72.  
<http://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.07.003>
- Sharma, A., Sharma, R., Arora, A., Shah, R., Singh, A., Pranaw, K., & Nain, L. (2014). Insights into rapid composting of paddy straw augmented with efficient microorganism consortium. <http://doi.org/10.1007/s40093-014-0054-2>
- Sivila de Cary, R., & Angulo, W. (2006). Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo (Patarani - Altiplano Central boliviano). *Ecología En Bolivia*, 41(3)(3), 103–115. Retrieved from <http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v41n3/v41n3a08.pdf>
- Soriano, J. (2016). TIEMPO Y CALIDAD DEL COMPOST CON APLICACIÓN DE TRES DOSIS DE “MICROORGANISMOS EFICACES”- CONCEPCIÓN.
- Suquilanda, M. (2006). Agricultura orgánica alternativa tecnología del futuro. *Quito - Ecuador*.
- Sweeten, J. M., & Auvermann, B. W. (2008). Composting Manure and Sludge, 1–7. <http://doi.org/E-479.06-08>
- Tituaña, B. (2009). Elaboración de compoat mediante la inoculación de tres fuentes de microorganismos a tres dosis.
- Toledo, A., Gonzalo, H., Puglla, C., & Danilo, J. (2018). VALORACION NUTRICIONAL DE LA GALLINAZA PARA ALIMENTACION ANIMAL Y PROCESOS INDUSTRIALES.
- Vaarst, M. (2015). Poultry Farming.
- Walsh, E. (2010). ESTUDIO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE DELPHINIUM, VARIEDAD SEA WALTZ, CON LA APLICACION DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS (*Trichoderma harzianum*, *Gliocladium* spp, *Basillus subtilis*, *Azospirillum* spp. y *Azotobacter* spp.) BAJO CONDICIONES DE CAMPO, 134.
- Williams, C. M. (2012). Poultry waste management in developing countries Poultry waste management in developing countries.
- Yohel, N., Calampa, R., Torres, T., & Lusdina, Z. K. (2013). Producción de Microorganismos de Montaña para el Desarrollo de una Agricultura Orgánica ., 28(2010), 2010.



## **ANEXOS**

**Anexo 1:** *Análisis físico- químico de los tratamientos de compost*

**DATOS DE IDENTIFICACION**

NOMBRE DEL PROPIETARIO	Ing. Ana Largo
O REMITENTE:	Ing. Ana Largo
CODIGO DE CUENTE:	AL
ORIGEN:	Prov. del Azuay
TELF:	988827232
E-MAIL:	anitalargo09@gmail.com
SUSTRATO DE ANALISIS:	COMPOST
TIPO DE ANALISIS:	ANALISIS QUIMICO COMPOST SOLIDO
FUENTE:	VARIAS
FASE DE PRODUCCION:	FINAL

FECHA DE MUESTREO:	09/01/2019
FECHA DE INGRESO:	psl 788
ORDEN DE TRABAJO No.:	27/01/2019
FECHA DE INFORME LAB.:	327
FACTURA No.:	



**Plantsphere  
Laboratories**

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

E-MAIL: PLANTSHERELABS@BIOSOFTWARE.DE  
WWW.BDKLEU  
QUITO - ECUADOR

**RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO BIOQUIMICO DE ABONOS ORGANICOS**

Identificación	No. Lab.	pH	C.Eiéc. mSiem/cm	N.Total %	M.O %	P %	K %	Ca %	Mg %	Na %	S %	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	Zn ppm	B ppm
				Nitrógeno	M.Org.	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Sodio	Azufre	Hierro	Cobre	Manganeso	Zinc	Boro
MOBS 1	psl 788-a	7,10	18,36	0,90	35	0,80	1,10	1,1	0,9	0,28	0,9	209	5	98	78	12
MOBS 2	psl 788-b	7,20	15,1	1,22	41	0,72	0,80	0,8	1,1	0,15	0,81	155	4	109	65	10
TESTIGO	Testigo	7,60	19,68	1,10	40	0,63	1,10	1,0	1,2	0,12	0,77	140	4	89	96	8

ITEMS	MOBS 1 col	MOBS 2 H LUISA	TESTIGO
Acidos Humicos:	3-4%	3%	1%
Actividad Biologica:	3 u g ml	4 ug ml	1 ug ml
Malezas:	ausentes	ausentes	ausentes
Nematodos:	ausentes	ausentes	ausentes
Presentacion:	granulos 2mm	granulos 2 mm	
Densidad:	0,38	0,53	0,38

ESTABILIDAD	MOBS 1 col	MOBS 2 HL	TESTIGO
Temperatura	Estable	Estable	Estable
COLOR	Marrón	Marrón	Marrón
OLOR	Sin olor	Sin olor	Sin olor
No. Termófilos	dreceiente	dreceiente	dreceiente
RESPIRACION	< 10 mg g	< 5 mg g	< 10 mg g
DQO	< 700 mg ps	< 300 mg ps	< 650 mg ps
ATP	estable	estable	estable
ACTIVIDAD ENZIMAS	incrementa	incrementa	incrementa
HIDROSOLUBLES	estable	estable	estable
POLISACARIDOS	< 30 mg gluc g	< 5 mg gluc g	< 30 mg gluc g
REDUCCION DE AZUCARES	30%	55%	23%

CARLOS FALCONI BORJA PHD  
PLANTSHERE LABS  
www.bdkleu  
dfalconi-labs@biosoftware.de  
0999796977-0988087239-023460158

Anexo 2: Análisis microbiológico de los tratamientos de compost



RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIANO DE SUSTRATO COMPOST  
PSL 788-ANALISIS MICROBIANO

MICROORGANISMOS	MOBS 1	MOBS 2	TESTIGO	OBSERVACIONES GENERALES
	log UFC g-1			
<i>Actinomyces</i> sp.	0,5877453	0,9545211	0,2165516	alta expresion de antibioticos fungicidicos. Desdobla lignina, celulosa, asociados con exudados humicos altos en contenido materia organica
<i>Arthrobacter</i> sp.	0,2351519	1,8546265	2,0124013	dependiente de carga humica-fulvica activa y real, potencial desdoblador de materia organica, sintesis de N, sensible a fertilizacion potasica
<i>Azospirillum</i> sp.	0,2153742	1,2654112	n.d.	fija N atmosferico, promotor de crecimiento vegetal activado por la expresion de exudados radiculares. Se estimula por materia organica.
<i>Azotobacter</i> sp.	n.d.	1,2405781	0,5421154	fija N de la atmosfera, sensible al pH alcalino y al N mineral, altamente manejable con cargas biopolimericas y coloidales de la materia organica.
<i>Bacillus subtilis</i>	2,9531241	2,0819874	1,5421327	expresa metabolitos fungicidas secundarios altamente tolerantes a la temperatura, excelente controlador de enfermedades radiculares.
<i>Bacillus amynoliquefaciens</i>	1,2512212	0,9156521	0,9551343	produce AUXINAS manifiesto bajo condiciones citologicas (-Ca, -Mg)h.v. 400, siempre con enlaces trofobioticos activ. Se considera como una bacteria PCV
<i>Bacillus licheniformis</i>	1,1385193	2,6102217	0,6851562	compleja minerales, por medio de la expresion de biopolimeros bacterianos, no es sensible a la humedad del sustrato, resiste condiciones de estrés hidrotérmico
<i>Bacillus megaterium</i>	2,5485545	1,6541321	1,8452173	alta evidencia de formacion de antibioticos, estos se activan por la participacion de organismos fungales. Son los primeros colonizadores de suelo.
<i>Candida</i> sp.	0,6245781	1,9837425	1,2047852	levadura que desdobla carbohidratos y azucars, aporta con energia a las comunidades microbianas.
<i>Frateuria</i> sp.	1,6508214	1,5765038	1,0741329	tipico de sustratos silicicos y potasicos (Cu-K-Si-N), solubiliza K, posee una alta capacidad de sobrevivencia frente a condiciones de estrés hidrotérmico.
<i>Hanseniaspora</i> sp.	0,5532108	3,5987152	0,8954137	levadura formadora de coloides detectados como base de ligamientos interrelacionales entre poblaciones microbianas de compost.
<i>Kloeckera</i> sp.	1,2542139	2,9501563	1,0546844	catalizador de materia organica, involucrada en la formacion de acidos humicos.
<i>Penicillium</i> sp.	2,9898329	1,2501179	1,1247832	producto de acidos organicos en materia organica importante en quelacion mineral.
<i>Pichia</i> p.	1,5187541	3,7580215	1,8265214	cataliza estructuras complejas de tipo proteinico, aporta con quelatos proteinicos minerales
<i>Rhodotorula</i> sp.	2,5184058	1,8125712	2,1615971	relacionado estrechamente con la formacion de acidos carboxilicos-
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	1,5845743	2,2231364	n.d.	altamente dependiente de condiciones organicas de suelo, alta produccion de quelatos de Fe, Zn.
<i>Streptomyces</i> sp.	2,9578932	1,6325081	1,1873621	dependiente de los estados Fe de suelo. Arquitecto de enlaces fuertes de la trofobiosis que revela este analisis.
<i>Thiobacillus</i> sp.	0,9056211	2,3521547	1,3284577	activado por la carga organica, reserva S-humica fulvica y mineral sus poblacion depende del contenido de materia organica

n.d. no determinado

Fecha de Laboratorio: 28.01.2019  
Solicitado por: Ing. Ana Largo  
email: anitalargo09@gmail.com  
Sustrato: Compost  
Tipo de Analisis: Biograma Microbiano  
Localizacion Geografica: Azuay  
Orden de trabajo: psi 788  
Factura: 327

METODOLOGIA  
Observación directa (OD).  
Colorimetría de muestras de estados inducidos (CMES).  
Análisis en Microplots (AMP: MA, APD, NA, KB, KA).  
Microscopía N/C0 conjugados Enzimáticos (CE).  
Cámara Microscópica Infiltrada (CMI).  
Difusión Microscópica Normanski (DMN)  
Reacción Enzimática Microbiana (REM)  
Microscopía de Fluorescencia (MF)

Carlos Falconi Borja Ph.D.  
psi LABORATORIOS  
drfalconi-labs@biosoftware.de  
www.bdkl.eu  
plantspherelab@biosoftware.de  
0999796977-0988087239-26023531



**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO  
INSTITUCIONAL**

Yo, **Ana Karina Largo Espinoza** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0706315231. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“Compost a partir de excretas de aves, con aplicación de microorganismos benéficos en la ciudad de Cuenca”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 12 de marzo de 2019

F: .....  
  
Ana Karina Largo Espinoza  
C.I. 0706315231