

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**Escuela de Ingeniería Agronómica**

**ELABORACIÓN DE COMPOST MEDIANTE LA  
INOCULACIÓN DE TRES FUENTES DE  
MICROORGANISMOS A TRES DOSIS. TABACUNDO,  
PICHINCHA.**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERA AGRÓNOMA**

**BEATRIZ ELIZABETH TITUAÑA MOROCHO**

**QUITO – ECUADOR**

**2009**

ELABORACIÓN DE COMPOST MEDIANTE LA INOCULACIÓN  
DE TRES FUENTES DE MICROORGANISMOS A TRES DÓISIS.  
TABACUNDO, PICHINCHA.

**APROBADO POR:**

Ing. Agr. Manuel B. Suquilanda V., M. Sc.  
**DIRECTOR DE TESIS**

-----

Dr. Francisco Latorre A.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

-----

Ing. Agr. Mario Lalama H., M. Sc.  
**PRIMER VOCAL, BIOMETRISTA**

-----

Ing. Agr. Carlos Vallejo  
**SEGUNDO VOCAL**

-----

**2009**

## DEDICATORIA

*A mis Padres: Armando que yo se que esta presente en mi corazón y Melva quien es un ejemplo de mujer, por ser los mejores, los cuales fueron un apoyo muy grande en mi vida y me dieron fuerzas para seguir adelante con buenos ejemplos de vida.*

*A mis hermanos Xavier, Luis, Giovanni, Gladys, Jessenia que han sido también un apoyo muy grande en mi vida y que de una u otra manera me han ayudado para poder salir adelante, a pesar de los momentos alegres y tristes que hemos pasado.*

*A mis sobrinos Evelyn, Nadia, Steeven, con quienes hemos pasado momentos lindos y que han sido más que eso como unos hermanos más.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por haberme dado la vida y salud para poder cumplir mis sueños, también a la Virgen por cuidarme en todo momento para poder enfrentar todos los obstáculos que se presentó.

A la prestigiosa Universidad Central del Ecuador y a la Facultad de Ciencias Agrícolas, las cuales me dieron buenos valores y conocimientos, así como también conseguí buenos amigos.

Al Ing. Julio Miñaca, por darme la oportunidad de realizar la investigación en su finca y sobre todo por haberme dado el apoyo moral y su conocimiento en todo el tiempo de la investigación.

A Alexandra Sánchez, por ser una amiga más en mi vida quién con su amor y cariño me apoyo durante el tiempo de la investigación, a ella y toda su familia.

Al Ing. Agr. Manuel B. Suquilanda V. Ms. Sc. Por ser la persona que me ayudó en la correcta realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Mario Lalama H. Ms. Sc., quien con su experiencia y amplios conocimientos colaboró para ejecutar el presente trabajo.

A mis tíos Bolivar y Gloria que de todo corazón me han ayudado para poder lograr mis sueños.

A mis amigas María N., Pamela R., Luis G., Andrea O., Aida G., Jeanina V., con quienes hemos compartido momentos felices en el tiempo de la Universidad y todavía seguimos compartiendo esos momentos, quienes me apoyaron para culminar la carrera.

# CONTENIDO

<b>CAPÍTULO</b>	<b>PÁG</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1. Antecedentes	4
2.2. Definición	4
2.3. Propiedades del compost	5
2.4. Sistemas de compostación	5
2.5. Etapas del proceso de compostaje	8
2.6. Elaboración del compost	11
2.7. Parámetros de control para el proceso de compostaje	16
2.8. Población Microbiana	22
2.9. Inoculación con Microorganismos	26
2.10. Parámetros de estabilidad del Compost	27
2.11. Características del Uso del Compost	28
<b>3. MATERIALES Y METODOS</b>	<b>30</b>
3.1. Características del Sitio Experimental	30
3.2. Materiales y Equipos	30
3.3. Factores en Estudio	31
3.4. Tratamientos en Estudio	32
3.5. Unidad Experimental	33
3.6. Análisis Estadístico	33
3.7. Variables y Métodos de Evaluación	34
3.8. Métodos de Manejo del Experimento	38
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>40</b>
4.1. Temperatura	40
4.2. Potencial Hidrógeno	47
4.3. Humedad	51
4.4. Tiempo de Descomposición	54
4.5. Grado de Conversión	58
4.6. Nitrógeno	62
4.7. Fósforo	64
4.8. Potasio	65
4.9. Materia Orgánica	67
4.10. Carbono	68
4.11. Relación C/N	70

4.12.	Análisis Financiero	70
4.13.	Prueba de Eficacia	72
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>75</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>76</b>
<b>7.</b>	<b>RESUMEN</b>	<b>77</b>
	<b>SUMMARY</b>	<b>82</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>87</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>91</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>	<b>PÁG</b>
1. Cantidad de residuos vegetales dejados por algunos cultivos y su relación C/N .	13
2. Composición Nutritiva de diferentes estiércoles.....	14
3. Composición química del estiércol bovino.....	15
4. Composición de los diferentes tipos de cal.....	16
5. Relación Carbono / Nitrógeno de algunos materiales orgánicos.....	18
6. Relación Carbono / Nitrógeno de plantas ornamentales.....	19
7. Principales categorías fisiológicas de las bacterias según su relación con la temperatura.....	24
8. Algunos Parámetros de control de estabilidad del Compost.....	28
9. Codificación de los tratamientos para la obtención de compost mediante el estudio de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	32
10. Esquema del ADEVA para la obtención de compost mediante el estudio de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	34
11. Análisis de la varianza de la temperatura del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009...	43
12. Promedios y Pruebas de Significación para la temperatura del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	44
13. Análisis de la varianza del pH del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	48
14. Promedios y Pruebas de Significación para el potencial hidrógeno del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	49
15. Análisis de la varianza de la humedad del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009...	52
16. Promedios y Pruebas de Significación para la humedad del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	53
17. Análisis de la varianza del tiempo de descomposición del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	55
18. Promedios y Pruebas de Significación para el tiempo de descomposición del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	56
19. Análisis de la varianza del grado de conversión del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	59
20. Promedios y Pruebas de Significación para el grado de conversión del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	60

<b>21.</b> Porcentaje de Nitrógeno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	63
<b>22.</b> Contenido de Fósforo de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	64
<b>23.</b> Contenido de Potasio de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	66
<b>24.</b> Porcentaje de Materia Orgánica de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	67
<b>25.</b> Porcentaje de Carbono de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	69
<b>26.</b> Relación Carbono/Nitrógeno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	71
<b>27.</b> Análisis Financiero de los tratamientos en estudio, en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	72
<b>28.</b> Variables para la validación de calidad de compost con los mejores tratamientos en el cultivo de Lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> var. Green Salad Bowl). Tabacundo, Pichincha. 2009.....	73
<b>29.</b> Temperatura de la semana 1, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	98
<b>30.</b> Temperatura de la semana 5, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	98
<b>31.</b> Temperatura de la semana 9, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	99
<b>32.</b> Potencial Hidrógeno, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	99
<b>33.</b> Humedad, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	100
<b>34.</b> Tiempo de descomposición, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	100
<b>35.</b> Grado de conversión, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	101



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO	PÁG
1. Pila estática de compost.....	6
2. Pila de material compostado.....	7
3. Pilas aireadas forzadamente.....	7
4. Sistema de tubo giratorio.....	8
5. Las cuatro fases del proceso de compostaje.....	11
6. Proceso de la elaboración del compost.....	11
7. Control de aireación y riego por temperatura.....	20
8. Microorganismos presentes en el suelo.....	23
9. Temperaturas promedio para fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	45
10. Temperaturas promedio para dosis de microorganismos inoculados con tres fuentes de microorganismos en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	45
11. Temperaturas promedio de las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	46
12. Temperaturas promedio semanales de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	46
13. Potencial Hidrógeno promedio para fuentes de microorganismos, en la elaboración de compost a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	50
14. Potencial Hidrógeno promedio para dosis de fuentes de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	50
15. Potencial Hidrógeno promedio para las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	51
16. Humedad relativa promedio para fuentes de microorganismos, en la elaboración de compost a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	54
17. Humedad relativa promedio para las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	54
18. Tiempo de descomposición promedio para fuentes de microorganismos, en la elaboración de compost a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	57
19. Tiempo de descomposición promedio para dosis de fuentes de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	57
20. Tiempo de descomposición promedio para las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	57
21. Grado de conversión promedio para fuentes de microorganismos, en la elaboración de compost a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	61
22. Grado de conversión promedio para dosis de fuentes de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	61

<b>23.</b> Grado de conversión promedio para las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	61
<b>24.</b> Porcentaje de Nitrógeno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	63
<b>25.</b> Contenido de Fósforo de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	65
<b>26.</b> Contenido de Potasio de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	66
<b>27.</b> Porcentaje de Materia Orgánica de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	68
<b>28.</b> Porcentaje de Carbono de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	69
<b>29.</b> Relación Carbono/Nitrógeno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	71
<b>30.</b> Porcentaje de Germinación para la validación de calidad de compost en el cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> var. Green Salad Bowl). Tabacundo, Pichincha. 2009.....	73
<b>31.</b> Altura al transplante para la validación de calidad de compost en el cultivo de lechuga ( <i>Lactuca sativa</i> var. Green Salad Bowl). Tabacundo, Pichincha. 2009....	74

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>PÁG</b>
1. Disposición del experimento en el campo.....	91
2. Análisis del compost luego de la descomposición de los materiales. Tabacundo, Pichincha. 2009.....	92
3. Datos de las variables para el procesamiento experimental.....	98
4. Fotografías del procesamiento experimental.....	102

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente se presenta en el mundo una tendencia a la producción y consumo de productos obtenidos de manera “limpia”, es decir sin el uso (o en una mínima proporción) de insecticidas, biocidas, fertilizantes sintéticos, etc. (21).

Los abonos orgánicos son muy diferentes de los fertilizantes químicos o minerales, la diferencia básica es que contienen materia orgánica y usualmente contienen todos los nutrientes requeridos en cantidades suficientes en composición balanceada; por lo tanto, la deficiencia de un nutriente en particular puede ser evitada aplicando compost, estiércol u otros abonos orgánicos. Pero en los países desarrollados, el potencial de los abonos orgánicos es subestimado; estiércoles o también los desechos agroindustriales están disponibles en muchas partes pero mayormente son quemados o ignorados (27).

Cabe destacar que, en una explotación florícola se generan grandes volúmenes de residuos vegetales como producto de podas, flores descartadas o quebradas y en mayor volumen al renovar los cultivos, convirtiéndose así en un gran problema para los productores, debido a que dichos residuos no tienen valor económico, en cuanto, no sé aplique una adecuada tecnología para su aprovechamiento (24).

Una herramienta de singular importancia es la producción de compost, el cual es un material al que se llega por biotecnologías de bajo costo, que permite mantener la materia orgánica dentro del ciclo natural. Es un mejorador de suelos, sumamente útil en el combate a la erosión, en la mejora de los cultivos en cuanto a cantidad y calidad de los mismos. Su producción trae beneficios directos e indirectos si se considera los beneficios en la producción, la mano de obra que ocupa su procesamiento, las posibilidades de obtener producciones ambientalmente sanas, la disminución de materia a eliminar y su valor como elemento formativo ambiental (21).

La utilización frecuente de abonos orgánicos permite resolver los problemas de fertilidad del suelo, mejorar la capacidad de retención de agua y circulación del aire, favorecer el desarrollo y vigorización de las plantas, aumentar la capacidad de resistencia a factores ambientales adversos, activar su biología y con ello, la capacidad de controlar naturalmente insectos, ácaros y nemátodos como patógenos.

Si se desea realizar un manejo ecológico del suelo, el compost como abono orgánico, se constituye en una alternativa racional a fin de recuperar, mantener y mejorar la fertilidad del suelo. La riqueza de este abono no solo es la cantidad de nutrientes que aporta al suelo. Además, hay que evaluar las variadas ventajas adicionales que proporciona (40).

La producción orgánica de productos alimenticios es una alternativa que beneficia, tanto a productores como a consumidores; los primeros se ven beneficiados porque en sus fincas se reduce considerablemente la contaminación del suelo, del agua y del aire, lo que alarga considerablemente la vida económica de los mismos y la rentabilidad de la propiedad. Los consumidores se ven beneficiados en el sentido que tienen la seguridad de consumir un producto 100% natural, libre de químicos, saludables y de alto valor nutritivo (21).

Todas las sustancias orgánicas naturales, son descompuestas por algún microorganismo, lo que explica la ausencia de materia orgánica inalterada en la biosfera, cuando se mantiene el equilibrio entre la velocidad de emisión de esta y la capacidad de transformación de los descomponedores. Cuando un compuesto orgánico deja de formar parte de un organismo vivo, rápidamente es mineralizado por los microorganismos. Existen grupos de microorganismos muy especializados, que cumplen un papel relevante en la mineralización de restos orgánicos específicos.

El uso de bacterias benéficas o activadores biológicos, además de acelerar el proceso de descomposición de la materia orgánica, se produce una reducción en las cantidades de sólido contenido en los efluentes de los tanques, fosas y lagunas de estabilización y de las lagunas de excremento; esto facilita el bombeo, se controla la concentración de moscas y se reduce la formación de malos olores. Al repoblar el sistema con bacterias benéficas, estas por ser más agresivas, desplazan la proliferación de bacterias patógenas. Otro beneficio colateral es la producción de abono para la agricultura (43).

En esta investigación el proceso se lo llevó a cabo con tres fuentes de microorganismos: Compost treet, PE Compost y Microorganismos Benéficos (esta fuente de microorganismo fue procesada mediante fermentación) y para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo General.**

Estudiar el efecto de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis sobre una mezcla de desechos florícolas y estiércol vacuno para la obtención de compost. Tabacundo, Pichincha.

### **1.1.2. Objetivos Específicos.**

1.1.2.1. Determinar la fuente de microorganismos que permita una mejor descomposición de los desechos orgánicos para la obtención de compost.

- 1.1.2.2. Determinar la dosis más eficiente para la descomposición de desechos orgánicos para la obtención de compost.
- 1.1.2.3. Determinar si hay interacción entre los tratamientos en estudio.
- 1.1.2.4. Realizar el análisis financiero de los tratamientos en estudio.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Antecedentes.**

El Compost es un producto orgánico que aporta al suelo materia orgánica, de la que tan necesitados están nuestros suelos en exceso mineralizados (1).

La producción del Compost viene efectuándose desde hace muchos años y es una tecnología bien conocida y desarrollada. Este proceso se basa en la fermentación bacteriana de la materia orgánica contenida en la basura, en presencia de aire. Los microorganismos que realizan este proceso de fermentación aerobia son termófilos, es decir, que trabajan a temperatura más bien altas (50 – 60%) y el producto resultante de esta fermentación de la materia orgánica es un humus, aplicable al terreno (1).

La necesidad del Compost, como la del estiércol empleado desde la más remota antigüedad, viene dada por la que sin materia orgánica en los suelos no hay vida bacteriana y, sin ella, las plantas no pueden asimilar los elementos minerales, ni retienen la humedad, ni tiene los rendimientos esperados (1).

### **2.2. Definición.**

Según Sánchez (35), el Compost es un abono orgánico que resulta de la descomposición del estiércol de animales con residuos vegetales, los cuales han sido mezclados en una “montón o pila” y dejados en reposo por algún tiempo, para que actúen sobre el millones de microorganismos que descomponen estos residuos.

El Compost no es exactamente un abono, sino un regenerador orgánico del terreno, pero por analogía con los abonos químicos con frecuencia se les denomina abonos orgánicos (1).

Según Suquilanda (38), el compost es un abono orgánico que resulta de la descomposición de residuos de origen animal y vegetal. La descomposición de estos residuos ocurre bajo condiciones de humedad y temperatura controladas.

Rueda (33), señala que el compostaje es el proceso mediante el cual distintos materiales orgánicos en proporciones y tamaños definidos, se mezclan con el objeto de lograr una rápida transformación de la materia orgánica, en presencia de oxígeno y con adición de microorganismos especializados.

El compostaje o “composting” es el proceso biológico aeróbico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener “compost”, abono excelente para la agricultura (22)

### **2.3. Propiedades del Compost.**

INFOAGRO (22), indica que son las siguientes:

- Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica favorece la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola, reduce la densidad aparente, aumenta la porosidad y permeabilidad y aumenta su capacidad de retención de agua en el suelo. Se obtienen suelos más esponjosos y con mayor retención de agua.
- Mejora las propiedades químicas. Aumenta el contenido en macronutrientes N, P, K y micronutrientes, la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y es fuente y almacén de nutrientes para los cultivos.
- Mejora la actividad biológica del suelo. Actúa como soporte y alimento de los microorganismos ya que viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización.
- La población microbiana es un indicador de la fertilidad del suelo.

### **2.4. Sistemas de compostación.**

Existen varios sistemas de compostaje, no obstante, el objetivo de todos es además de transformar los residuos en Compost, conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos, parásitos y elementos germinativos (semillas, esporas) (40).

Según la Granja Integral Autosuficiente (19), indica que los sistemas de compostaje se pueden clasificar en dos grupos:

#### **2.4.1. Sistemas abiertos**

Es el sistema más generalizado. Se basa en la realización de pilas (agrupamiento de residuos en montones que generalmente adoptan forma triangular, con una altura recomendada menor de 2.7 metros y sin una limitación en cuanto a su longitud) con diferentes sistemas de aireación. Los materiales a compostar se han de apilar sin que se compriman excesivamente para permitir que el aire quede retenido.

Los montones o pilas pueden ser aireados por volteo. La frecuencia de los volteos depende del tipo de materiales a compostar, de la humedad y de la rapidez con la

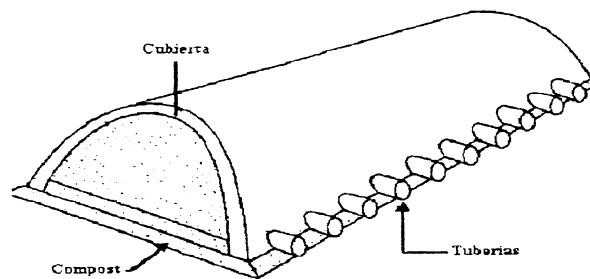


que se desea que se realice el proceso; para establecer esta frecuencia es preciso controlar la temperatura de la pila o bien fiarse si se desprenden malos olores.

De acuerdo con Avendaño (3), entre los sistemas de compostación abiertos se tiene a los siguientes:

#### 2.4.1.1. Compostaje en pilas de compost estáticas

Los materiales a compostar se colocan sobre una red de tubos perforados los mismos que pueden estar conectados a algún sistema que aspira o insufla aire a través de la pila (Gráfico 1). Debido a que las pilas no se voltean es necesario tener una mezcla inicial homogénea tales como: Fangos que mezclados con un sustrato seco y poroso como astillas de madera o aserrín, formen una película líquida delgada en la que tienen lugar la descomposición.



**Gráfico 1.** Pila estática de compost.

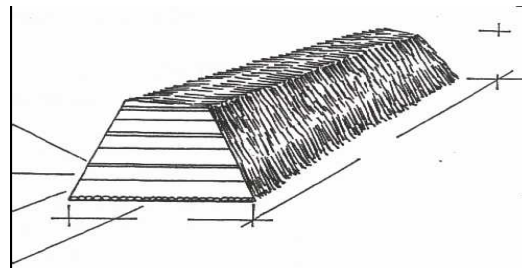
#### 2.4.1.2. Compostaje en pilas con volteos periódicos

Es cuando el material a compostar adquiere la forma de un tronco de pirámide alargada, donde la remoción del material se hace manual o mecánicamente (Gráfico 2). Las pilas móviles son el sistema más utilizado y económico, por lo que es importante tomar en cuenta las dimensiones a la hora de su construcción. Las dimensiones de la pila influyen directamente en la aireación del material compostado y por tanto en la adecuada transformación de dicha masa. En el caso de manejo manual, el ancho de la pila debe estar entre 0.80 a 1.00 metro, por 1.00 a 1.20 metros de alto y el largo dependerá de la disponibilidad de la compostera.

Cuando el manejo sea mecanizado, las dimensiones pueden ser mayores, ancho de 1.50 a 2.00 metros, por 2.00 a 2.50 metros de alto y el largo dependerá de las instalaciones, recordando dejar el espacio necesario entre las pilas para el movimiento de la maquinaria (17).

A la hora de construir la pila se debe tener presente que el ancho no sobrepase la altura; debido a que el tamaño y la forma de las pilas está diseñada para permitir la circulación del aire hacia el interior de la pila. Las pilas son ventiladas por

convección natural. El aire caliente que sube desde el centro de la pila crea un vacío parcial que aspira aire de los lados.



**Gráfico 2.** Pila de material compostado (27)

#### **2.4.1.3. Compostaje en pilas estáticas aireadas en forma pasiva**

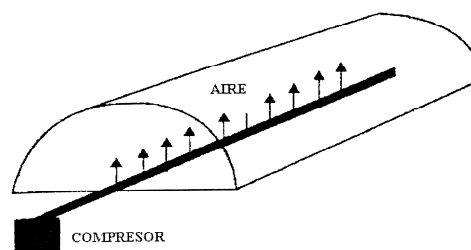
Consiste en colocar el material a compostar en pilas y airearlo en forma pasiva, a través de una red de tuberías perforadas que se colocan en la parte inferior de la pila.

Se le coloca una cubierta porosa (turba) de modo que permita el flujo adecuado de aire que entra a través de las cañerías. Además esta cubierta permite retener los olores, la turba presenta afinidad por las moléculas que los causan y controlar la humedad.

#### **2.4.1.4. Compostaje en pilas aireadas forzadamente**

En este sistema se utiliza un compresor que succiona aire hacia el exterior o lo inyecta al interior. El compresor además de controlar la aireación de la pila también permite enfriarla (Gráfico 3).

Este tipo de compostaje requiere una serie de equipamiento, como un compresor, red de tuberías, válvulas y sistemas de control de presión de aire, temperatura y humedad, lo que lo hace tener un valor económico mayor. Con esta técnica el producto se encuentra estabilizado entre los 4 y 6 meses.



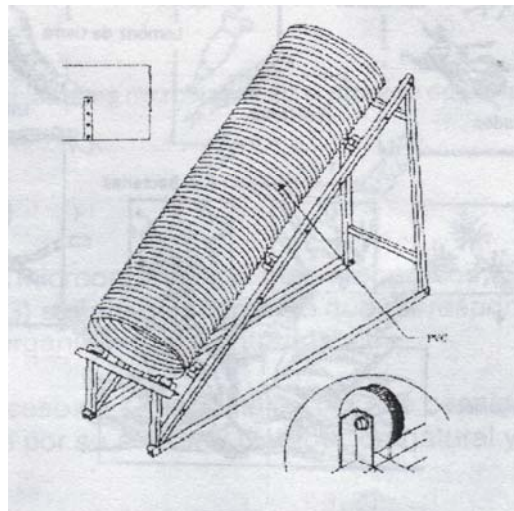
**Gráfico 3.** Pilas aireadas forzadamente. Avendaño (3).

## 2.4.2. Sistemas cerrados o en reactores

La materia orgánica se composta en el interior de estructuras cilíndricas o rectangulares, en donde se mantienen controlados factores tales como humedad y aireación. Es importante destacar que este sistema es muy utilizado en sectores industriales, donde reciben grandes volúmenes de material orgánico y la aireación se realiza en forma mecánica (40).

### 2.4.2.1. Compostaje en reactores

Este se lleva a cabo en un contenedor o recipiente cerrado. La principal ventaja de este sistema es su rápida velocidad de descomposición (10 a 14 días), bajo requerimiento de terrenos, completo control del proceso y la calidad del producto final (Gráfico 4). Sin embargo presenta un alto costo de instalación y operación (26).



**Gráfico 4.** Sistema de tubo giratorio (24)

## 2.5. Etapas del proceso de compostaje.

Anteriormente se habló del aumento de velocidad en los procesos de degradación durante el compostaje, aventajando la degradación bajo condiciones naturales. El aumento de velocidad en la descomposición se atribuye a la acción de los microorganismos, que, bajo condiciones de humedad moderada y a diferentes niveles de temperatura, se alimentan de los materiales orgánicos y los devuelven en un estado más avanzado de degradación (Gráfico 5). La acción misma de los microorganismos provoca el aumento de temperatura, pues al combinarse distintos procesos bioquímicos se libera gran cantidad de energía (14).

Normalmente el proceso de compostaje ocurre durante cuatro etapas: mesofílica, termofílica, de enfriamiento y de maduración. Durante cada una de ellas ocurren procesos de especial importancia (14).

### **2.5.1. Etapa mesofílica:**

Actúan los microorganismos mesofílicos, que prosperan a temperaturas entre 20 y 40 °C. La temperatura aumenta gradualmente y el pH al inicio baja debido a la generación de ácidos orgánicos; luego empieza a aumentar ligeramente (14).

### **2.5.2. Etapa termofílica:**

Durante la cual actúan los microorganismos termofílicos, a temperatura entre 40 y 70 °C. El pH sube a más de 8 y empieza a estabilizarse. Cuando la temperatura, que ha seguido aumentando, sobrepasa los 60 °C, los hongos mueren y el proceso es protagonizado por bacterias y actinomicetos. En ningún caso se debería dejar que la temperatura suba más de 70 °C. Desde este punto, empieza a bajar de nuevo para dar paso a la tercera etapa del proceso (14).

En esta etapa las bacterias están muy activas; las altas temperaturas son el resultado de la liberación de energía durante la conversión del material de fácil descomposición por las bacterias; las temperaturas calientes son típicas y parte importante del proceso de compostaje. El calor destruye enfermedades, plagas, raíces y semillas de malezas (14).

Durante esta etapa del compostaje las bacterias tienen una demanda muy alta de oxígeno debido al rápido crecimiento de su población. Las altas temperaturas en la pila o cama son señal de que hay un adecuado suministro de oxígeno para las bacterias; si no hubiese el suficiente aire en la pila, el desarrollo bacteriano sería perjudicado y el compost adquiere un olor desagradable (14).

La humedad es esencial al proceso de compostaje ya que las bacterias requieren condiciones de humedad para poder hacer su trabajo. La necesidad de agua es mayor durante el proceso de calentamiento debido a que la actividad biológica es muy alta y además una fuerte evaporación ocurre en esta etapa (14).

En la medida que el calor aumenta, el pH del compost aumenta (significa que la acidez disminuye) (17).

### **2.5.3. Etapa de enfriamiento:**

En la tercera etapa, la temperatura baja a un ritmo más o menos similar a cuando aumentaba y el pH se estabiliza mientras se reduce muy ligeramente con un valor

alrededor de 8. Una vez que la temperatura baja de 60° C, inicia una recolonización de hongos que se unen al proceso (14).

En la medida que el material de fácil digestión por las bacterias ha sido convertido, la temperatura del compostaje se reduce poco a poco y se mantendrá entre 25 y 45° C (17).

Con la reducción de la temperatura los hongos comienzan a aparecer y se inicia la descomposición de los tallos, fibras y materiales leñosos; dado que este proceso de descomposición es más lento, la temperatura de la pila no aumenta (14).

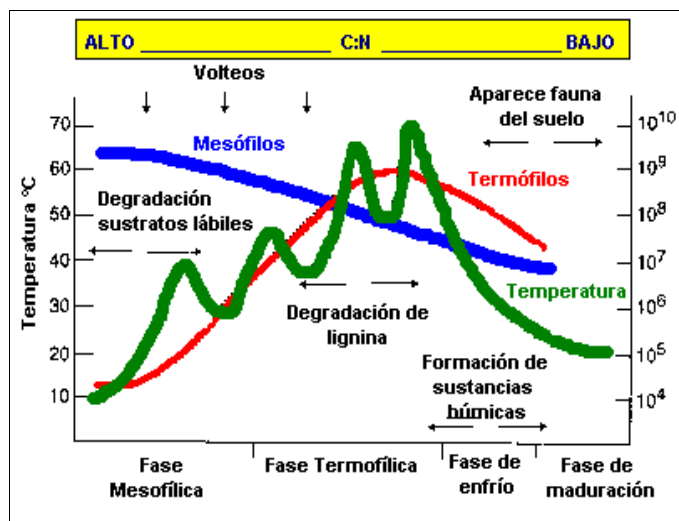
En la medida que la temperatura de la pila se reduce más, el pH declina más y la acidez se incrementa más (17).

#### **2.5.4. Etapa de maduración:**

Es la última etapa y durante ella la temperatura y el pH acaban de estabilizarse. Diversos organismos animales como las lombrices y los actinomicetes se incorporan al proceso y son los responsables del olor a tierra en la fase final del compost, en la cual se da la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. Al final, los materiales llegan a un estado de descomposición tal que es casi imposible determinar su origen y ya está listo el abono orgánico tipo compost (14).

FUNDASES (17) indica que:

- Durante la etapa de maduración los nutrientes son mineralizados y los ácidos húmicos y antibióticos aumentan en contenido.
- Durante esta etapa la lombriz roja del compostaje y otros organismos del suelo comienzan a aparecer en la pila del compost.
- Al final de esta etapa el compost ha perdido la mitad de su volumen original y el color se vuelve oscuro como el de los suelos fértiles; el compost está listo para ser utilizado.
- En la medida que el tiempo pasa a partir de este momento sin que se utilice, el compost pierde su calidad como fertilizante mientras que su capacidad para mejorar la estructura de los suelos mejora.
- En la fase de maduración, el compost necesita muchísima menos agua que en la fase de calentamiento.



Fuente: Sztern (40).

Gráfico 5. Las cuatro fases del proceso de compostaje.

## 2.6. Elaboración del compost.

Suquilanda (38) señala que para la elaboración del compost se deben utilizar los siguientes materiales (Gráfico 6):

- Fuente de materia carbonada rica en celulosa, lignina, azúcares.
- Fuente de materia nitrogenada como estiércoles, sangre, hierba tierna.
- Fuente de materia mineral (cal agrícola, roca fosfórica, ceniza vegetal, tierra común, agua).

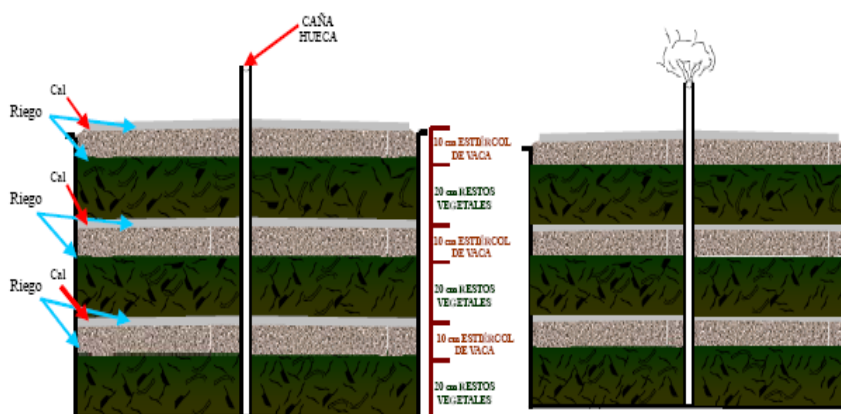


Gráfico 6. Proceso de la elaboración del compost.

### 2.6.1. Residuos vegetales.

Los *residuos vegetales* están integrados por restos de cosechas y cultivos (tallos, fibras, cutículas, cáscaras, bagazos, rastrojos, restos de podas, frutas, etc., procedentes de diversas especies cultivadas. El contenido de humedad de este tipo de residuos es relativo dependiendo de varios factores. Características de las especies cultivadas, ciclo del cultivo, tiempo de exposición a los factores climáticos, manejo, condiciones de la disposición, etc. (41)

Suquilanda (38), manifiesta que la incorporación de los residuos de las cosechas (tallos, hojas, flores, vainas, tuzas, etc.), al suelo, contribuye a incrementar la materia orgánica del suelo, modificando sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Cuando la incorporación de los residuos de las cosechas se hace de manera correcta se mejora la productividad del suelo ya que se favorece una gran cantidad de procesos biológicos, bioquímicos y sus múltiples efectos que permiten incrementar el rendimiento de los cultivos (3).

Cuando se incorporan al suelo los residuos de las cosechas es importante que se conozca su composición química y sobre todo su relación carbono/nitrógeno. De esta última depende el ritmo de degradación de los componentes orgánicos, así como los efectos positivos o negativos que pueden obtenerse al ser incorporados (38).

Seifert (36), manifiesta que las materias orgánicas que se usan para la fabricación del compost proceden directa o indirectamente de las plantas. Varían según:

- Su contenido en materia orgánica
- Su proporción carbono/nitrógeno
- Su contenido de agua
- El tamaño de sus partículas

Para la fabricación del compost es deseable en los materiales brutos un alto contenido en sustancias orgánicas. El tejido vegetal viejo o maduro que va a entrar en el proceso de descomposición está constituido principalmente por compuestos carbonados como la celulosa y la lignina, que se desintegran lentamente. El material de las plantas verdes o jóvenes contiene más agua, más nitrógeno y cierto número de compuestos orgánicos que se desintegran más rápidamente que el tejido vegetal viejo (36).

En la lista de materiales, Cuadro 1, se ha ordenado desde los más viejos (que se descomponen lentamente y con un alto contenido de carbono y nitrógeno) a los más jóvenes (que se descomponen rápidamente y con un bajo contenido de carbono y nitrógeno): Virutas, aserrín, papel, cascarilla de arroz, mazorcas de

maíz, paja, acolchado, hojas secas, plantas verdes secas, malas hierbas verdes, cortes de césped, podas de verduras y desperdicios de cocina (36).

**Cuadro 1.** Cantidad de residuos vegetales dejados por algunos cultivos y su relación C/N.

Planta y partes de ella	Materia Seca	Relación
	kg/ha	C/N
Tabaco (tallos)	14 - 25	13 : 1
Papa (tallos y hojas)	14 - 28	25 : 1
Alfalfa de tres años	8 - 28	16 : 1
Maíz (caña)	18 - 36	60 : 1
Maíz (raíces y hojas de la mazorca)	14 - 23	60 : 1
Trigo (paja)	14 - 28	50 : 1

**Fuente:** Suquilanda, Fertilización Orgánica. (38).

### 2.6.2. Estiércol.

*El Estiércol* es una descripción general de cualquier mezcla de heces, orina y desperdicios. La composición físico-química del estiércol varía de una producción agropecuaria a otra, dependiendo entre otros factores del tipo de ganado, de la dieta y de las condiciones bajo las cuales se produce el estiércol (40).

Según Suquilanda (39), los estiércoles son los excrementos de los animales que, resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que estos consumen. La ventaja es que al incorporar estiércol al suelo permite: el aporte de nutrientes, incrementa la retención de humedad y mejora la actividad biológica, con lo cual se incrementa la fertilidad del suelo y por ende su productividad.

Seifert (36), expresa que los estiércoles del ganado vacuno, ovino, porcino, aviar y de otros animales domésticos pueden ponerse a descomponer como tales, pero son mucho más valiosos cuando se añaden los materiales vegetales ya mencionados, puesto que les aportan nitrógeno, materia orgánica, fluidos digestivos, etc., estimulando el proceso de la descomposición.

El valor del estiércol de los animales como elemento importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, es tan obvio, que parece necio repetir la conveniencia de emplearlo en la fabricación de abonos orgánicos (19).



Las pérdidas del estiércol son sobre todo en carbono, potasio y nitrógeno, ello unido al normalmente bajo contenido en fósforo, pueden llegar a desequilibrar totalmente estos aportes (10).

Cuando los estiércoles se incorporan al suelo, su materia orgánica es descompuesta y transformada por microorganismos. Gran parte de su carbono es convertido en dióxido de carbono, de tal forma que no contribuye a aumentar de forma duradera el contenido de materia orgánica del suelo. Un elevado porcentaje de su contenido total en nutrientes se encuentra en forma de complejos orgánicos, los cuales tienen que ser mineralizados antes de que puedan liberar nutrientes asimilables (37).

El estiércol no es un abono de composición fija. Este depende de la edad de los animales de que procede, de la especie, de la alimentación a que están sometidos, trabajo que realizan, aptitud, naturaleza, etc. Un animal joven consume mayor cantidad de nitrógeno y fósforo que un animal viejo; las deyecciones que de aquel proceden contienen, pues, menor cantidad de esos elementos. Los animales viejos habiendo cesado de crecer, asimilan de los alimentos únicamente las cantidades necesarias para cubrir las pérdidas y dan estiércol más rico en elementos fertilizantes (38).

En la composición del estiércol que se indica en el cuadro 2, influye también la composición de las raciones alimenticias. Cuanta más rica son éstas en un determinado elemento, mayor es la cantidad que de ese elemento se encuentra en los excrementos (39).

**Cuadro 2.** Composición Nutritiva de diferentes estiércoles.

<b>ABONO ESTIERCOL</b>	<b>N %</b>	<b>P %</b>	<b>K %</b>
Vacuno	0.94	0.42	1.89
Oveja	2.82	0.41	2.62
Cerdo	1.77	2.11	0.57
Conejo	1.91	1.38	1.30
Cabra	2.38	0.57	2.50
Caballo	1.98	1.29	2.41
Ave piso	2.89	1.43	2.14
Ave jaula	2.92	2.14	1.62
Purín Bovino	0.30	0.20	0.30
Novillo	2.00	0.80	1.50

Fuente: Llumiquinga (25).

Gallo (18), afirma que el estiércol de bovino es el más activo de todos los estiércoles, debido al tipo de alimentación y a los microorganismos que se encuentran en su tracto digestivo ya que este tipo de animales cuenta con microorganismos en su rumen que son los que mayoritariamente descomponen la celulosa.

Llumiquinga (25), afirma que el estiércol bovino, es menos concentrado, fermenta despacio y demuestra acción prolongada. En el Cuadro 3 se presenta el análisis químico del estiércol bovino.

**Cuadro 3.** Composición química del estiércol bovino.

<b>COMPONENTE</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Materia Orgánica	17.6
Nitrógeno	0.35
Fósforo	0.20
Potasio	0.10
Magnesio	0.06

**Fuente:** Llumiquinga (25).

### **2.6.3. Fuentes de Materia Mineral**

#### **2.6.3.1. Cal.**

La cal dolomítica, funciona como regulador del pH, pues, sobre todo en la primera fase del compostaje, se generan ácidos orgánicos que pueden crear condiciones intolerables por microorganismos que son necesarios en esa etapa temprana del proceso (14).

Suquilanda (38), manifiesta que la acidez del suelo se puede corregir aplicando piedra caliza o dolomítica en forma de cal agrícola, que también contiene magnesio.

Seifert (36), manifiesta que los materiales acidificantes, como aserrín, hojas, acículas de coníferas, gramíneas viejas o verdes en cantidad, tierra de turbera o pantanosa y similares, se descompondrán mejor si se añaden de 22 a 25 kg. De cal por tonelada de compost. La cal no debe usarse si el compost tiene una cantidad apreciable de estiércol, sangre, etc., pues los materiales que contengan mucho nitrógeno, de por sí pueden corregir la acidez.

El compost de basura de cocina, que tiene muchos hidratos de carbono rápidamente asequibles para los microorganismos, requiere unos 22 kg de cal por

tonelada; pero en la mayoría de los casos los desperdicios urbanos tendrán suficiente cal, e incluso demasiada en algunas zonas (36).

Los materiales de cal son productos finamente molidos y cuentan con la composición que aparece en el Cuadro 4.

**Cuadro 4.** Composición de los diferentes tipos de cal.

<b>Tipo</b>	<b>Formulación</b>	<b>Porcentaje %</b>
Caliza quemada (cal viva)	Oxido de calcio CaO	85
Cal hidratada	Hidróxido de calcio Ca(OH) <sub>2</sub>	65
Piedra caliza molida	Carbonato de calcio CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	80 – 9
Piedra caliza dolomítica	Carbonato de calcio CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> y magnesio	52

**Fuente:** Suquilanda, Fertilización Orgánica (38).

#### **2.6.4. Agua.**

El agua es imprescindible para que puedan llevarse a cabo satisfactoriamente todas las reacciones bioquímicas que ocurren durante cada etapa del compostaje. Cuando se monta la abonera, cada capa es humedecida antes de agregar la siguiente (14).

La humedad será de aproximadamente 50-60%. Si hay una humedad muy baja, el proceso será demasiado lento y si hay más agua de lo apropiado, ésta ocupará el lugar del aire, creando, lógicamente, condiciones anaeróbicas bajo las cuales puede haber pudrición y la consiguiente llegada de organismos no deseados; además, se podría generar mucho lixiviado que contaminaría el medio (14).

Cuando se hacen remociones a la abonera, también se agrega agua si es necesario para regresar a los niveles deseados de humedad. Algunos de los materiales pueden tener alto contenido de humedad y de esa manera pueden requerir menos aplicación de agua. Si la humedad fuere demasiado alta o falta consistencia a la pila de materiales, se puede agregar aserrín como uno de los componentes, el cual además aportará alta cantidad de carbono (14).

#### **2.7. Parámetros de control para el proceso de compostaje.**

El proceso de compostaje se basa en la actividad de microorganismos que viven en el entorno ya que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica. Para que estos microorganismos puedan vivir y desarrollar la actividad descomponedora se necesitan unas condiciones óptimas de temperatura, humedad y oxigenación (22).

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, estando a su vez influenciados por las condiciones ambientales, tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada (22).

Los factores más importantes son:

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

Es un parámetro que evalúa la calidad de los restos orgánicos de los suelos. Cuando los restos orgánicos tienen una relación C/N de alrededor de 100:1 se dice que la relación es alta. Es el caso de las ascúculas de los pinos. Como contienen poco nitrógeno la actividad biológica es limitada. Se trata de una vegetación acidificante (32).

El carbono y el nitrógeno son los elementos más importantes para el crecimiento bacteriano. Para proveer cantidades apropiadas de estos elementos la relación C/N debe ser aproximadamente de 30:1, por lo cual los restos orgánicos contienen suficiente nitrógeno para soportar una intensa actividad microbiana. En general los materiales verdes y frescos son ricos en Nitrógeno y los oscuros y secos son ricos en Carbono. Se pueden estimar las condiciones óptimas simplemente usando una combinación de estos materiales (32).

Cuando se incorporan los restos orgánicos al suelo se produce una intensa actividad microbiana, debido a la abundancia de restos fácilmente atacables. Después disminuye la actividad al ir quedando los restos más estables que sólo pueden ser descompuestos por los organismos más agresivos. Al principio actúan hongos, después las bacterias y por último los actinomicetos (32).

El equilibrio entre el nitrógeno y el carbono es importante para el desarrollo de los microorganismos presentes durante la descomposición. La cantidad de carbono necesaria debe ser superior a la del nitrógeno ya que los microorganismos lo utilizan como fuente de energía; mientras que el nitrógeno es utilizado en la síntesis de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos, enzimas y coenzimas necesarias para el crecimiento y funcionalidad de los microorganismos (32).

Al inicio del proceso de compostaje, la relación adecuada debe estar entre 25 – 35:1. Cuando la relación de C/N es mayor a 40:1, el proceso se alarga, debido a la carencia de nitrógeno. Si la relación es muy baja, se producen pérdidas de nitrógeno en forma amoniacal, debido al registro de altas temperaturas. La relación C/N va bajando durante el proceso, hasta llegar a valores cercanos entre 10 – 15:1 (24).

Llumiquina (25) señala que la relación óptima de C/N al inicio del proceso debe ser aproximadamente de 30:1; mientras que al finalizar el proceso debe estar próximo a 10:1

Suquilanda (39), señala que cuanto más elevada es la relación carbono/nitrógeno de los residuos vegetales, más prolongado es el proceso de su descomposición, esto sucede cuando la relación carbono / nitrógeno es mayor de 33. Cuando la

relación carbono / nitrógeno está entre 17 y 23, hay un equilibrio adecuado en la producción de humus y de nitrógeno y cuando la relación C/N es menor de 17, hay una descomposición muy rápida y un buen establecimiento de nitrógeno para las plantas.

Durante el proceso de descomposición de los residuos orgánicos aproximadamente el 65% del carbono es liberado como CO<sub>2</sub> y el 35% resultante es utilizado por los microorganismos en la síntesis de sus propios tejidos y del humus (39).

Según Avendaño (3), los materiales que son verdes y húmedos (cortes de pasto, residuos de frutas y verduras) poseen alta concentración de nitrógeno y los que son leñosos y secos (hojas senescentes, viruta de madera, aserrín, papel, etc.) presentan una alta concentración de carbono.

En los cuadros 5 y 6, se presentan la relación Carbono / Nitrógeno de algunos desechos de carácter agropecuario, incluyendo los desechos provenientes de la floricultura.

**Cuadro 5.** Relación Carbono / Nitrógeno de algunos materiales orgánicos.

<b>Materiales</b>	<b>Relación C/N</b>
Cascarilla de Madera	700 / 1
Aserrín de madera	500 / 1
Papel triturado	170 / 1
Paja de cereales (trigo, cebada, arroz, etc.)	80 / 1
Hojas secas	80 / 1
Caña de maíz	60 / 1
Bagazo de caña de azúcar	50 / 1
Estiércol seco (con aserrín o paja)	50 / 1
Desechos de fruta	35 / 1
Estiércol de caballo	25 / 1
Estiércol de vaca (seco)	25 / 1
Estiércol de cerdo	12 / 1
Estiércol de vaca (fresco)	8 / 1
Estiércol de chivo	10 / 1
Estiércol de oveja	10 / 1
Estiércol de conejo	8 / 1
Pasto verde cortado	19 / 1
Trébol verde, alfalfa	16 / 1
Desechos de cocina	15 / 1
Humus	10 / 1
Estiércol de gallina (gallinaza)	7 / 1
Pescado	6 / 1
Sangre	3 / 1
Orina	0.8 / 1

**Fuente:** Suquilanda, Fertilización Orgánica (38).

**Cuadro 6.** Relación Carbono / Nitrógeno de plantas ornamentales.

<b>Cultivos</b>	<b>Relación C/N</b>
Rosas	14.8 : 1
Gypsophila, Million Stars	12.5 : 1
Gypsophilla, Perfecta	16.7 : 1
Limonium	13.4 : 1

**Fuente:** Jiménez Ana (24).

### **2.7.2. Temperatura.**

Seifert (36), indica que en los tres primeros días los montones alcanzarán una temperatura máxima que va desde algo superior a la ambiental, hasta los 75° C. Solo algunos microbios siguen vivos a esa temperatura. Lo mejor es que se mantenga de 65 a 70° C, desde unos pocos días a unas pocas semanas. Luego la temperatura irá descendiendo gradualmente hasta alcanzar la ambiental o algo por encima. El compost con mucho estiércol, tejidos de plantas jóvenes, basura, etc., se calentará.

La temperatura es un factor importante ya que refleja la actividad microbiana. Durante el proceso se distinguen dos rangos térmicos el rango mesófilo varía de 10 – 40° C; mientras que el rango termófilo alcanza temperaturas cercanas 70° C (15).

El grupo favorecido descompondrá la materia orgánica para obtener materia y energía y en la operación se emitirá calor que puede hacer variar la temperatura de la pila de residuos, dependiendo del volumen de la pila y de las condiciones ambientales (11).

En general, las temperaturas conseguidas en el proceso, junto con la competencia por los nutrientes y la producción de fermentos (antibióticos) que impiden su desarrollo, llegan a eliminar los microorganismos patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas llegados con los residuos. A temperaturas demasiado elevadas mueren determinadas especies buenas para el compostaje; mientras que otras no actúan por estar en forma de espora (11).

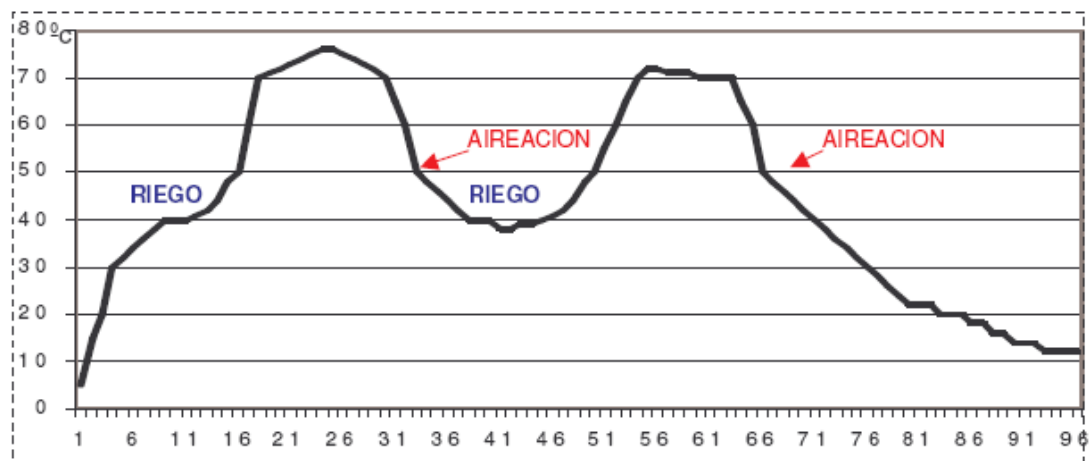
El manejo de la temperatura requiere cuidado y control; ya que así como la alta temperatura es capaz de eliminar patógenos y calcinar los materiales, también puede terminar con la flora benéfica, las enzimas responsables de la degradación se desnaturalizan y se convierten en no funcionales, provocando que los microorganismos no puedan nutrirse de manera adecuada (3).

Bear (5) manifiesta que en el proceso de fermentación, se generan altas temperaturas debido al metabolismo realizado por los microorganismos. Una

temperatura ideal para el proceso de fermentación está entre 57.7 y 60° C, las temperaturas de 65.6° C para la fermentación del material orgánico proveniente de la agricultura son deseables para la destrucción de bacterias patógenas y virus.

Llumiquinga (25), indica que una disminución en la temperatura es indicativa de que el proceso necesita aireación o que la descomposición está en su etapa final.

EL CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE (8) y el Gráfico 7, indica que la temperatura de acuerdo a las fases por las que atraviesa la descomposición de materia orgánica, va cambiando gradualmente hasta alcanzar un máximo de 70° C para luego descender y estabilizarse. La temperatura al momento de la cosecha debe ser estable y alcanzar el grado de la temperatura ambiental o máximo 25° C.



Fuente: Sztern (40).

**Gráfico 7.** Control de aireación y riego por temperatura.

### 2.7.3. Humedad.

El contenido en humedad de los desechos orgánicos crudos es muy variable, tal es el caso de la excretas y estiércoles, donde el contenido en humedad está íntimamente relacionado con la dieta. Si la humedad inicial de los residuos crudos es superior a un 50%, necesariamente se debe buscar la forma de que el material pierda humedad, antes de conformar las pilas o camellones (40).

Este procedimiento, podemos realizarlo extendiendo el material en capas delgadas para que pierda humedad por evaporación natural, o bien mezclándolo con materiales secos, procurando mantener siempre una adecuada relación C/N (40).

La humedad idónea para una biodegradación con franco predominio de la respiración aeróbica, se sitúa en el orden del 15 al 35 % (del 40 al 60 %, si se puede mantener una buena aireación). Humedades superiores a los valores indicados producirían un desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica, con lo que el medio se volvería anaerobio, favoreciendo los metabolismos fermentativos y las respiraciones anaeróbicas. Si la humedad se sitúa en valores inferiores al 10%, desciende la actividad biológica general y el proceso se vuelve extremadamente lento (40).

El carácter osmótrofo de la gran mayoría de grupos fisiológicos, implica que con humedades inferiores al 20%, las poblaciones pasen a fases estacionarias o en condiciones extremas a fase de muerte, retardando o deteniendo el proceso de compostaje. La humedad adecuada para cada etapa, depende de la naturaleza, compactación y textura de los materiales de la pila. Los materiales fibrosos y finos retienen mayor humedad y aumentan la superficie específica de contacto (40).

Para conseguir la humedad adecuada se pueden mezclar distintos tipos de residuos y triturar o desfibrar los materiales. La humedad adecuada es esencial para la actividad microbiológica. Una pila seca no favorecerá para nada la descomposición, por eso se debe humedecer periódicamente (11).

#### **2.7.4. Aireación.**

Es un factor importante debido a que el oxígeno es esencial para el metabolismo y la respiración de microorganismos aeróbicos, además para la oxidación de compuestos tales como  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{CO}_2$  (40).

La aireación es necesaria para proporcionar oxígeno suficiente a los microorganismos aeróbicos y así estos puedan estabilizar los residuos orgánicos (9).

La aireación va conjuntamente con la relación C/N uno de los principales parámetros a controlar en el proceso de Compostaje Aeróbico. Cuando como consecuencia de una mala aireación, la concentración de Oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20% (concentración normal en el aire), se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y la respiración anaeróbica (40).

La aireación se puede lograr por medio de distintos métodos, tales como: el volteo periódico o la inserción de tubos perforados en las pilas de compost. Estos se realizan con el fin de uniformizar el proceso de descomposición del material y consiste en colocar los materiales de la parte de arriba en la parte inferior y los de abajo hacia la parte superior (3).



Según LA ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (27), voltear la pila de compost tiene varias ventajas:

- Mejora la aireación y promueve el proceso de compostaje.
- Asegura que el material en los bordes de la pila se descomponga adecuadamente al ser ubicado en el centro.
- Permite verificar la calidad del proceso de compostaje y mejorar las condiciones no ideales que se pueden presentar.

### **2.7.5. pH**

El pH influye en el proceso de compostaje debido a su acción sobre los microorganismos. En general, los hongos toleran un margen de pH entre 5-8; mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia. Un pH cercano al neutro (6.5 - 7.5), asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5.5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos; si es este el caso se debe neutralizar mediante la adición de cal. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores de crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no sean asequibles para los microorganismos (40).

El pH es un parámetro importante para evaluar el ambiente microbiano y la estabilización de los residuos. Los microorganismos tienen distintos requerimientos de pH, el rango ideal se encuentra entre 6.5 y 8.0 (3).

Según Opazo (28), el pH inicial del material compostado generalmente está entre 5 y 7, luego desciende en los primeros dos o tres días de iniciado el proceso y empieza a alcanzar valores cercanos de 8.5, manteniéndose constante mientras persistan las condiciones aeróbicas.

Según Avendaño (3), los niveles de pH varían de acuerdo a los materiales utilizados en la mezcla inicial y a la producción de varios productos y compuestos intermedios producidos durante el proceso. Así señala que al comienzo y como consecuencia del metabolismo microbiano, los complejos carbonados fácilmente degradables se transforman en ácidos orgánicos, provocando que el pH descienda, para luego aumentar hasta valores cercanos a 8.5 debido a la formación de amoníaco, lo cual coincide con la fase termófila. Finalmente, en la fase de maduración se tendrá valores comprendidos entre 7 y 8, esto se justifica debido a la propiedad tampón de la materia orgánica.

### **2.8. Población Microbiana.**

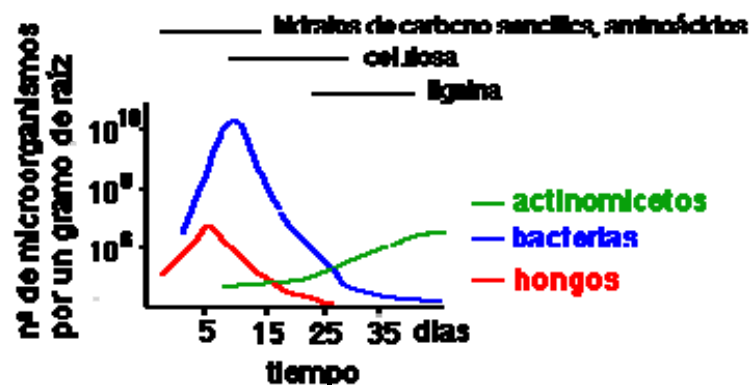
El compostaje es un proceso dinámico debido a las actividades combinadas de una amplia gama de bacterias y hongos, ligados a una sucesión de ambientes.

A lo largo del proceso van apareciendo formas resistentes de los microorganismos cuando las condiciones de temperatura hacen imposible su actividad. Diferentes especies de microorganismos pueden sucederse o coincidir en el tiempo, su procedencia puede ser a través de la atmósfera, del agua, del suelo o de los mismos residuos. Una población comienza a aparecer mientras otras están en su máximo o ya están desapareciendo, complementándose las actividades de los diferentes grupos (11).

En la primera etapa aparecen bacterias y hongos mesófilos con predominio de las primeras. Cuando la temperatura llega a 40 °C, aparecen bacterias y hongos termófilos y los primeros actinomicetos. Por encima de los 70° cesa la actividad microbiana. Al bajar de nuevo la temperatura, reaparecen las formas activas, detectándose también la actividad de protozoos, miriápodos, etc. (11).

En el compost la composición microbiología varía durante su maduración. Los microorganismos típicos son bacterias mesófilas y termófilas, así como hongos. En la última etapa también pueden encontrarse otro tipo de organismos como protozoos, nemátodos, hormigas, gusanos etc., así como se presenta en el gráfico 8. Microorganismos vivos y muertos pueden llegar a ser el 25% del peso del compost (6).

Las bacterias se encuentran distribuidas por toda la pila; mientras que, los hongos y actinomicetos están situados a 5-15 cm de la superficie, dándole un aspecto grisáceo característico (11).



Fuente: Sztern (40).

**Gráfico 8.** Microorganismos presentes en el suelo.

### 2.8.1. Bacterias.

Las bacterias son los microorganismos más numerosos que se encuentran en el compost. Avendaño (3) señala en su trabajo que corresponden a un 80 – 90% de los billones de microorganismos encontrados allí.

Las bacterias mesófilas aeróbicas crecen en la primera etapa de la descomposición provocando un aumento de la temperatura del medio, la cual lo hace no propicio para estas bacterias y disminuyendo por lo tanto su número. Estas vuelven a abundar en la última etapa de la descomposición gracias a la disminución en la temperatura. Las bacterias mesófilas aprovechan los hidratos de carbono y las proteínas más fácilmente aprovechables (6).

Las bacterias termófilas descomponen inicialmente las proteínas y los hidratos de carbono no celulósicos. También atacan las hemicelulasas y los lípidos, pero no acceden a la celulosa y a la lignina (6).

En el cuadro 7 se muestra el rango de temperatura ideal para las bacterias.

En el Manual del Proceso de Compostaje (13), se consideran a las bacterias el grupo más importante por su número, distribución anual y diversidad fisiológica. El grupo de bacterias más destacado en el compost son: *Bacillus starothermophilus*, *Clostridium thermocellum*, *Termomonospora* y *Thermoactinomyces*.

**Cuadro 7.** Principales categorías fisiológicas de las bacterias según su relación con la temperatura.

TEMPERATURA °C			
Grupo	Mínimo	Óptimo	Máximo
Termofilos	40 – 45	55 – 75	60 – 80
Mesofilos	10 – 15	30 – 45	35 – 47
Psicrofilos			
Obligados	(-5) – (+5)	15 – 18	19 – 22
Facultativos	(-5) – (+5)	25 - 30	30 - 35

Fuente: Sztern (40).

### 2.8.2. Actinomicetos.

Son procariontes, que crecen en forma de micelios filamentosos y forman esporas, un ejemplo es el género *Streptomyces*, cuyo micelio frecuentemente es confundido en las pilas de compost con micelio de algún hongo (13).

En el compostaje desempeñan un papel importante ya que degradan compuestos orgánicos complejos, tales como: celulosa, lignina, quitina y proteínas. Sus enzimas les permiten degradar químicamente los desechos duros como por ejemplo: cortezas, tallos, troncos, raíces, papeles (23).

Ciertas especies aparecen durante la fase termofílica y otras llegan a ser importantes durante la fase de enfriamiento, cuando solamente quedan los compuestos resistentes no degradados en fases anteriores a la formación del compost (23).

Los actinomicetos tienen forma alargada, se extienden a modo de tela de araña por toda la masa de compostaje. Hacia el final del proceso, en los 10 ó 15 cm. externos de la pila se hacen más visibles (23).

Los actinomicetos son saprofitos, productores de antibióticos y geosminas metabólicos que dan el olor característico a tierra de bosque; por ende, la mayor parte de dicha población se identifica en las fases finales siendo la temperatura óptima para su crecimiento entre los 28 y 37° C. Cabe mencionar, que existen ciertos grupos de actinomicetos que crecen a una temperatura comprendida entre 55 y 65° C y por tanto se identifican también en las primeras fases del proceso de compostaje (40).

### **2.8.3. Hongos.**

En el compost los hongos son importantes porque degradan los desechos resistentes, permitiendo a las bacterias continuar el proceso de descomposición una vez que la mayoría de la celulosa ha sido degradada (23).

Se separan y crecen produciendo muchas células y filamentos y pueden atacar los residuos orgánicos que son demasiado secos, ácidos o tiene bajo contenido de nitrógeno para la descomposición bacteriana (23).

Los hongos son numerosos durante las fases mesofílica y termofílica. Cuando las temperaturas son altas gran parte de ellos se encontrarán en la capa externa del compost (23).

Los hongos mesófilos están presentes en el compost durante las primeras etapas, siendo reemplazados por los hongos termófilos al subir la temperatura y repoblan la pila en las últimas etapas cuando disminuye la temperatura de la misma. Estos hongos utilizan tanto la celulosa como las hemicelulosas, pero no con la misma eficiencia que los termófilos (6).

Los hongos termófilos aparecen cuando la temperatura se encuentra entre 40 y 60°C, sobreviviendo en la periferia cuando la temperatura excede ese nivel, como lo hacen los demás microorganismos. Los hongos termófilos son muy importantes en la degradación de las celulosas y hemicelulosas. Los hongos más comunes pertenecen a los géneros *Humicola*, *Chaetomium*, *Mucor* y *Aspergillus*. (Todos estos tienen actividad celulolítica), (6).

#### **2.8.4. Parásitos y Patógenos.**

Patógenos humanos y de animales pueden estar en los componentes del compost, principalmente cuando se utilizan lodos de residuos cloacales (6).

En los casos donde se utilizan estos residuos como materia prima para el compost es indispensable el monitoreo para detectar la presencia de patógenos.

Los patógenos son eliminados por competencia con otros microorganismos y por las altas temperaturas.

#### **2.9. Inoculación con Microorganismos.**

Seifert (36), indica que numerosas bacterias, hongos, animales inferiores, etc., realizan la transformación de los materiales en bruto del compost hasta el abono acabado. El examen más preciso revela que no solo hay muchas especies distintas, también hay sucesiones temporales de microbios especializados y cada eslabón de la cadena posee su función. Esta situación sugiere la inoculación del compost con una mezcla de microbios diversos.

Jiménez (24), manifiesta que en el mercado se venden cultivos de bacterias o cultivos mixtos que se emplean para incrementar y fortalecer las poblaciones de microorganismos presentes en el compost.

Descripción de las fuentes de microorganismos utilizadas de diferentes casas comerciales en la presente investigación con las siguientes características:

##### **2.9.1. Compost treet (EQUAQUIMICA)**

Es un concentrado microbial formado por una mezcla de bacterias mesófilas (21-46°C) y termófilas (35-60°C).

Las bacterias de COMPOST TREET producen también varias enzimas altamente activas como la proteasa, amilasa, xilanasas y pectinasas, que ayudan a la descomposición de la pared celular de los residuos vegetales y orgánicos.

Beneficios:

- Optimo compostaje controlado
- Reducción del tiempo de compostaje
- Conveniente y fácil de usar.
- Producción más rápida de calor.

##### **2.9.2. PE Compost (TECNIBIO)**

Es un conjunto de bacterias naturales aeróbicas, seleccionadas, desarrolladas y activadas por los componentes de la sangre, contenido ruminal y residuos vegetales.

Propiedades:

- Acelera la transformación de residuos vegetales y agroindustrias en abonos orgánicos.
- Acelera la transformación biológica de los residuos de camales en abonos orgánicos.
- Elimina los olores amoniacales por la biodegradación.

### **2.9.3. Microorganismos Benéficos.**

Son especies nativas de bacterias ácido lácticas, fotosintéticas, entre otras, hongos, levadura y actinomicetos que restablecen el componente biótico de los suelos.

Usos y Aplicación:

- Aceleran el proceso de descomposición y transformación de materia orgánica de origen vegetal y animal.
- Pueden ser inoculados y aplicados en semillas y viveros.
- Mejoran la estructura y agregados del suelo, mejoran el pH del suelo, balancean la relación Ca- Mg/K

### **2.10. Parámetros de estabilidad del Compost.**

A continuación se describe los parámetros de estabilidad del compost, los cuales también se encuentran detallados en el Cuadro 8.

#### **2.10.1. Temperatura.**

Una baja de temperatura es la mejor indicación de estabilidad de un compost, debe estar cercana a la temperatura ambiente o un poco más baja (9).

#### **2.10.2. Color.**

Con el avance del proceso se oscurece la materia, el compost puede presentar un color negro o café oscuro (9).

#### **2.10.3. Olor.**

De acuerdo a Bear (5), el compost debe haber perdido su fuerte olor amoniacal del principio y la clase de olor depende de la materia, por lo regular es un olor a tierra de bosque.

#### **2.10.4. Humedad.**

Jiménez (24), indica que la humedad debe ser menor al 50% cuando el compost este destinado a la aplicación inmediata al campo, en tanto que, para su almacenamiento debe tener una humedad del 20%.

### 2.10.5. pH.

Avendaño (3) expresa que los valores deben estar en el rango entre 7 y 8, esto se justifica debido a la propiedad tampón de la materia orgánica.

### 2.10.6. Relación C/N.

Con el tiempo, la pérdida de CO<sub>2</sub> resulta en un abaja de la proporción C/N. Los valores fluctúan entre 15 – 20:1. Si el material fino obtenido, tras la descomposición, tiene un valor C/N alto, indica que no ha sufrido una descomposición completa y, si el índice es muy bajo, puede ser por una excesiva mineralización, aunque todo ello depende de las características del material de partida (32).

**Cuadro 8.** Algunos Parámetros de control de estabilidad del Compost.

Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro-negro ceniza
Olor	sin olor desagradable
pH	alcalino (anaeróbico. ,55°C,24 hs)
C/N	> =20
Nº de termófilos	decreciente a estable
Respiración	0 < 10 mg/g compost
Media	0 < 7.5 mg/compost
COD	< 700 mg/g (peso seco)
ATP	decreciendo a estable
CEC	> 60 meq./100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose-estable
Polisacáridos	< 30-50 mg glucidos/g. peso seco
Reducción de azúcares	35%
Germinación	< 8
Nemátodos	Ausentes

Fuente: Sztern (41)

### 2.11. Características del Uso del Compost

Es una materia de color oscuro, con un agradable olor a mantillo del bosque. Contiene una elevada carga enzimática y bacteriana que aumenta la solubilización de los nutrientes, haciendo que puedan ser inmediatamente asimilables por las raíces. Por otra parte, impide que estos sean lavados por el agua de riego, manteniéndolos por más tiempo en el suelo (35).

Según Sztern (41), el compost presenta algunas de las características que le hacen un excelente abono; como son las siguientes:

- Influye en forma efectiva en la germinación de las semillas y en el desarrollo de los plantines.
- Aumenta notablemente el porte de las plantas, árboles y arbustos en comparación con otros ejemplares de la misma edad.
- Durante el trasplante previene enfermedades y evita el shock por heridas o cambios bruscos de temperatura y humedad.
- Se puede usar sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nemátodos.
- Favorece la formación de micorrizas.
- Por su acción antibiótica, aumenta la resistencia de las plantas a las plagas y agentes patógenos.
- Su pH neutro, lo hace confiable para ser usado con plantas delicadas.
- Aporta y contribuye al mantenimiento y desarrollo de la micro flora y micro fauna del suelo.
- Favorece la absorción radicular. Facilita la absorción de los elementos nutritivos por parte de la planta.
- Transmite directamente del terreno a la planta, hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humificadoras.
- Aporta nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro y los libera gradualmente, e interviene en la fertilidad física del suelo porque aumenta la superficie activa.
- Absorbe los compuestos de reducción que se han formado en el terreno por comprensión natural o artificial.
- Mejora las características estructurales del terreno, desligando los arcillosos y agregando los arenosos.
- Neutraliza eventuales presencias contaminadoras, (herbicidas, esteres fosforitos).
- Evita y combate la clorosis férrica.
- Facilita y aumenta la eficacia del trabajo mecánico del terreno.
- Mejora las características químicas del suelo y la calidad y las propiedades biológicas de los productos del agro.
- Aumenta la resistencia a las heladas y la retención hídrica, disminuyendo el consumo de agua en los cultivos.



### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Características del Sitio Experimental

##### 3.1.1. Ubicación

Provincia: Pichincha  
Cantón: Pedro Moncayo  
Parroquia: Tupigachi  
Sitio: Florícola MIFLOR  
Altitud: 2900 msnm  
Latitud: 00°03'09" N  
Longitud: 78°13'11" O

##### 3.1.2. Características Meteorológicas <sup>1</sup>

Temperatura máxima anual: 22.1° C.  
Temperatura mínima anual: 8.8° C.  
Temperatura promedio anual<sup>6</sup>: 12.0° C.  
Precipitación promedio anual: 489.1 mm/ año  
Humedad relativa promedio anual: 65 %

#### 3.2. Materiales y Equipos

##### 3.2.1. Materiales

###### 3.2.1.1. Insumos

- Desechos florícolas (plantas de rosas picadas)
- Estiércol vacuno
- Cal dolomita
- Fuentes de microorganismos:
  - ✓ Compost treet (ECUAQUIMICA)
  - ✓ PE Compost (TECNIBIO)
  - ✓ Microorganismos Benéficos

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI)

#### **3.2.1.2. Herramientas**

- Palas
- Azadones
- Barras
- Carretillas
- Trinchas

#### **3.2.1.3. Equipos**

- Balanza
- Manguera
- Regaderas
- Picadora de residuos vegetales

#### **3.2.1.4. Otros**

- Flexometro
- Termómetro
- Tanque plástico
- Cernidor
- Medidor de pH
- Melaza o panela
- Libreta de campo
- Rótulos
- Etiquetas
- Piolas
- Estacas
- Tubos PVC
- Guantes
- Cámara fotográfica
- Material de oficina

### **3.3. Factores en Estudio**

#### **3.3.1. Fuentes de Microorganismos**

- f1 : Compost treet
- f2 : PE Compost
- f3 : Microorganismos benéficos

### 3.3.2. Dosis \*

d1 : Dosis baja (-50%)

d2 : Dosis media (recomendada por la casa comercial)

d3 : Dosis alta (+ 50%)

### 3.4. Tratamientos en Estudio

Los tratamientos del ensayo resultaron de la combinación de los niveles de los factores en estudio más un testigo absoluto.

**Cuadro 9.** Codificación de los tratamientos para la obtención de compost mediante el estudio de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Codificación	Descripción
t1	f1d1	Compost treet Menos del 50% de la dosis recomendada (48 g)
t2	f1d2	Compost treet Recomendada por la casa comercial (96 g)
t3	f1d3	Compost treet Mas del 50% de la dosis recomendada (144 g)
t4	f2d1	PE Compost Menos del 50% de la dosis recomendada (7.5 g en 10 litros de agua x m <sup>2</sup> )
t5	f2d2	PE Compost Recomendada por la casa comercial (15 g en 10 litros de agua x m <sup>2</sup> )
t6	f2d3	PE Compost Mas del 50% de la dosis recomendada (22.5 g en 10 litros de agua x m <sup>2</sup> )
t7	f3d1	Microorganismos benéficos Menos del 50% de la dosis recomendada (90 ml)
t8	f3d2	Microorganismos benéficos Recomendada por la casa comercial (180 ml)
t9	f3d3	Microorganismos benéficos Mas del 50% de la dosis recomendada (270 ml)
t10	a1	Testigo absoluto

\* Dosis recomendadas por el Ing. Agr. Manuel Suquilanda V.

### **3.5. Unidad Experimental**

Estuvo constituida por una compostera de las siguientes características (Anexo 1):

- Largo: 1.2 m
- Ancho: 1.2 m
- Altura: 1.0 m
- Volumen: 1.44 m<sup>3</sup>

### **3.6. Análisis Estadístico**

#### **3.6.1. Tipo de Diseño**

En la presente investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo factorial de 3 x 3 + 1.

#### **3.6.2. Número de Tratamientos**

Se empleó un total de diez tratamientos que se distribuyeron totalmente al azar en cada bloque experimental.

#### **3.6.3. Número de Repeticiones**

Se realizaron cuatro repeticiones.

#### **3.6.4. Características del área del Experimento**

- Superficie total del ensayo: 177 m<sup>2</sup>
- Distancia entre bloques: 1.50 m
- Distancia entre tratamientos: 0.50 m
- Superficie de la compostera: 1.44 m<sup>2</sup>
- No. de unidades experimentales: 40

#### **3.6.5. Esquema del Análisis de Varianza**

Este se presenta en el cuadro 10.

**Cuadro 10.** Esquema del ADEVA para la obtención de compost mediante el estudio de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

<b>Fuentes de Variación</b>	<b>GL</b>
TOTAL	39
TRATAMIENTOS	9
Fuentes de microorganismos (F)	2
f1 vs. f2 f3	1
f2 vs. f3	1
Dosis (D)	2
Lineal	1
Cuadrática	1
F x D	4
Factorial vs. Adicional	1
REPETICIONES (E )	3
ERROR EXPERIMENTAL	27
Promedio:	
CV %	

### 3.6.6. Análisis Funcional

Se realizó la prueba de Tukey al 5% para Fuentes de microorganismos, Dosis y la Interacción y DMS al 5% para las comparaciones ortogonales, cuando las variables presentaron significación estadística o alta significación estadística.

## 3.7. Variables y Métodos de Evaluación

### 3.7.1. Temperatura

La medición de la temperatura se efectuó utilizando un termómetro que se colocaba en la parte central de la pila y se realizó cada día en cada una de las unidades experimentales. Se expresó en grados centígrados/ promedio/ semana.

### 3.7.2. Humedad relativa

La evaluación de esta variable se realizó luego del proceso de compostaje y se procedió de la siguiente manera:

- Se tomó una alícuota de 500 gramos de compost de cada tratamiento.
- El compost se colocó en una estufa a 105° C por 14 horas.
- Se pesó la muestra de cada una de las unidades experimentales.

Para establecer el porcentaje de humedad, se utilizó la siguiente fórmula de cálculo:

$$HR = \frac{\text{peso de la muestra} - \text{peso de la muestra seca a } 105^{\circ} C}{\text{peso de la muestra seca a } 105^{\circ} C} \times 100$$

### 3.7.3. Tiempo de descomposición

Se evaluó en cada una de las unidades experimentales contabilizando los días desde la elaboración de la compostera hasta la cosecha del compost.

### 3.7.4. Grado de conversión

Se determinó llevando un registro del peso de cada uno de los materiales que se usó para el compostaje y al final del proceso se pesó nuevamente cada unidad experimental para el cálculo del porcentaje de conversión mediante la siguiente ecuación propuesta por Suquilanda:

$$Gc = \frac{wf}{wi} \times 100\%$$

Donde:

Gc: Grado de conversión

Wf: peso de la pila final

Wi: peso de la pila inicial

### 3.7.5. Carbono, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Materia Orgánica, Carbono/Nitrógeno y pH.

Cuando se completó el proceso de descomposición de los materiales se procedió a cosechar el compost de cada una de las unidades experimentales y se tomó diez submuestras de 1 kg, para llevarlas al laboratorio.

La determinación de Macronutrientes, así como de pH, se realizó en el laboratorio de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la calidad del Agro (AGROCALIDAD) y se analizaron las muestras utilizando los métodos propios del laboratorio.

### **3.7.6. Prueba de eficacia**

Con los tres mejores tratamientos se realizó la prueba de eficacia a fin de determinar su calidad como fertilizante en la producción del cultivo de lechuga.

Para el efecto se evaluaron en semilleros de lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl) frente a un testigo.

#### ➤ Porcentaje de brotación

Se contabilizó el número de plántulas germinadas a los diez días después de la siembra y se expresó en porcentaje.

#### ➤ Altura de las plántulas

Con ayuda de una regla se midió la altura de diez plántulas seleccionadas al azar. La altura se expresó en centímetros y se midió desde el cuello de las plántulas hasta el ápice de la hoja más grande. Las mediciones se hicieron semanales a partir de la segunda semana después de la siembra y al momento de la salida del transplante.

#### ➤ Peso de la masa radicular

Al momento que las plántulas estuvieron listas para el transplante, se separó la parte aérea del sistema radicular mediante un corte en el cuello de las plántulas. El sistema radicular se lavó con cuidado, para luego secar al ambiente durante un par de minutos y finalmente se pesó, utilizando para ello una balanza de precisión y cuyo resultado se expresó en gramos.

#### ➤ Materia seca

Se pesaron las plántulas seleccionadas con la finalidad de tener el peso inicial, posteriormente se llevó la muestra a una estufa a 37° C durante 24 horas e inmediatamente se procedió al pesaje, con lo que se obtuvo el peso seco, para lo cual se tomaron diez plantas al azar.

### **3.7.7. Análisis Financiero**

Para la determinación de esta variable, se analizaron los costos de producción de cada uno de los tratamientos para obtener una tonelada métrica de compost, posteriormente se realizó un análisis de precios de venta en el mercado de los diferentes abonos orgánicos y en base a estos precios se calculó la relación Beneficio/Costo de cada tratamiento.

Para determinar los costos totales de producción se analizaron los siguientes rubros:

#### **Mano de obra**

- Picado de los desechos
- Realización de las composteras
- Riego y volteo de las pilas de compostaje
- Envasado y pesaje de abono

#### **Insumos**

- Cal Dolomita
- Estiércol bovino
- Compost treet
- PE Compost
- Microorganismos Benéficos
- Melaza
- Recolección de desechos
- Costales

#### **Equipos y herramientas \***

- Picadora de vegetales
- Balanza
- Palos
- Plástico
- Tanque de propagación
- Regadera
- Termómetro
- Palas
- Trinches

---

\* Se realizó la depreciación para determinar el costo de producción



### **3.8. Métodos de Manejo del Experimento**

#### **3.8.1. Preparación del sitio experimental**

Previo a la realización de las composteras, se procedió a delimitar el área del ensayo con la ayuda de estacas y piola, posteriormente se limpió y se niveló la superficie en donde se implementó el experimento.

#### **3.8.2. Activación de los Microorganismos Benéficos**

Se activaron los Microorganismos benéficos en condiciones anaeróbicas para la inoculación de los microorganismos.

#### **3.8.3. Recolección y picado del material vegetal**

Se recolecto el material vegetal de otras florícolas más cercanas a la finca y los demás materiales, de los diferentes bloques de producción y de postcosecha para proceder a ser picados con la utilización de la picadora.

#### **3.8.4. Elaboración de las composteras**

Las composteras se formaron con la ayuda de un cajón hecho de palos y plástico según las dimensiones dichas a continuación:

- Largo: 1.20 m
- Ancho: 1.20 m
- Alto: 1.00 m

Conforme se picaba el material de rosas con la utilización de la picadora, obteniendo partículas de entre 2 a 3 cm., se formaban las pilas y cada 0.20 cm, se colocó una capa de 0.10 cm de estiércol vacuno, luego se colocó una delgada capa de cal dolomita de 1 cm. de espesor.

En cada capa de material colocado, se inoculó con los microorganismos del ensayo, de acuerdo a los tratamientos determinados, para el efecto, se utilizó una regadera. En el centro de la compostera, se colocó un tubo PVC perforado, para facilitar la circulación del aire.

### **3.8.5. Volteo de las composteras y reinoculación con las fuentes de microorganismos.**

Los volteos se realizaron cada quince días en forma manual utilizando trinchas; colocando el material de la parte exterior al interior y viceversa, con la finalidad de que todo el material se descomponga de manera homogénea. En cada volteo se reinocularon las composteras con los microorganismos y dosis previstas para este ensayo.

### **3.8.6. Humedecimiento de las composteras.**

Se regó periódicamente cada compostera, mediante la utilización de mangueras, hasta llegar al 50 – 60% de humedad. Para comprobar la humedad se aplicó el método del puñado.

### **3.8.7. Medición de temperatura.**

La medición de esta variable se realizó cada día, efectuando las mediciones en el tercio medio de la compostera para una mejor apreciación. Para el efecto, se utilizó una Termocupla.

### **3.8.8. Cosecha del compost.**

Cuando se observó la descomposición de los materiales, esto es cuando la mezcla órgano-mineral tenía un color café oscuro y un olor característico a tierra de bosque, se procedió a tamizar el producto y a colocarlo dentro de sacos de 45 kg. Conjuntamente se realizaron muestreos de cada tratamiento para la medición de las respectivas variables pH, Humedad, determinación de N, P, K, Materia orgánica y relación C/N.

El compost obtenido de la última criba se utilizó en los almácigos de lechuga.

### **3.8.9. Prueba de eficacia del compost**

Se realizó con el propósito de determinar su calidad fertilizante en la producción del cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl), para lo cual se procedió a sembrar las semillas en bandejas con el compost de los tres mejores tratamientos frente a un testigo y mezclando con tierra para obtener un sustrato uniforme.

Una vez que se registró el porcentaje de germinación de cada tratamiento, se realizó el raleo de las plántulas, dejando una sola planta por celda. Posteriormente se seleccionaron diez plántulas al azar para realizar la toma de datos de las variables en estudio.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Temperatura

#### 4.1.1. Semana 1

En el análisis de la varianza, Cuadro 11, se observa alta significación estadística para tratamientos, dosis, efecto lineal, la interacción F x D y el factorial vs. testigo. El promedio general fue de 56.36 °C y el coeficiente de variación fue de 6.01%, que resulta ser excelente para este tipo de investigación.

Para Fuentes de Microorganismos, Cuadro 12 y Gráfico 9, se observa que f1 (Compost treet) presenta la mejor temperatura con 57.16 °C; en tanto que, f3 (Microorganismos Benéficos) se ubica en el último lugar con un promedio de 56.68 °C. Al respecto se puede establecer que existe una relación directa con la población de bacterias; sin embargo, hay que destacar que cuando el material compostado es inoculado con microorganismos registra una mayor temperatura, resultados que concuerdan con los obtenidos por Quishpe (31).

Tukey al 5% para Dosis, Cuadro 12 y Gráfico 10, se detecta dos rangos de significación estadística encabeza el primer rango, con el mejor promedio d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada) con 60.08 °C; mientras que, en el segundo rango, con el menor promedio se ubica d3 (Más del 50% de la dosis recomendada) con 53.39 °C. Estos resultados concuerdan con lo establecido por Llumiquinga (25), quien indica que en los primeros días la temperatura es mayor debido a la intensa actividad microbiana.

Tukey al 5% para la Interacción F x D, Cuadro 12 y Gráfico 11, identifica tres rangos de significación estadística. Encabeza el primer rango, con el mejor promedio f1d1 (Compost treet 48 g) con 63.55 °C; en tanto que, al final del tercer rango se ubica f1d3 (Compost treet 144 g) con 52.02 °C. Esta respuesta se debe posiblemente a que al inicio, las bacterias mesofílicas y hongos mesofílicos abundan en la primera etapa, en la cual se da un calentamiento gradual debido a la biodegradación del sustrato ya que los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente y la temperatura se eleva hasta valores promedio de 45 °C. Durante este período se descomponen compuestos como azúcares, almidones y grasas (6).

DMS al 5% para Factorial vs. Testigo, detecta dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango el factorial con 56.97 °C; en tanto que, en el segundo rango se encuentra el testigo con 50.95 °C. La diferencia existente entre el factorial y el testigo se debe que en las pilas inoculadas el pico de

temperatura alcanzó un valor mayor de 56.97 °C que se mantuvo por más tiempo. Esto evidencia una mayor actividad metabólica para las semanas siguientes (8).

#### 4.1.2. Semana 5

En el análisis de la varianza, Cuadro 11, se observa alta significación estadística para tratamientos, fuentes de microorganismos, la comparación ortogonal f1 vs. f2f3, el factorial vs. testigo. El promedio general fue de 32.49 °C y el coeficiente de variación fue de 11.09%, que resulta ser excelente para este tipo de investigación.

Tukey al 5% para Fuentes de Microorganismos, Cuadro 12 y Gráfico 9, detecta dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f1 (Compost treet) con 36.33 °C; en tanto que, f3 (Microorganismos Benéficos) se ubica en el segundo rango con un promedio de 31.17 °C. Estos resultados se deben a la actividad metabólica que incrementa paulatinamente la temperatura, pero la falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos (41).

DMS al 5% para la Comparación f1 vs. f2f3, detecta dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango la comparación f1 con 36.33 °C; mientras que, en el segundo rango se ubica la comparación f2f3 con 31.78 °C. Lo cual puede deberse posiblemente por las diferentes concentraciones de bacterias presentes en las fuentes de microorganismos, es decir la fuente de microorganismos que presentó mayor concentración de bacterias es Compost treet el cual produce enzimas como la proteasa, amilasa, xilanasas y pectinasa que ayudan a la descomposición de la pared celular de los residuos vegetales (22).

Para Dosis, Cuadro 12 y Gráfico 10, se observa con el mejor promedio la d3 (Más del 50% de la dosis recomendada) con 34.44°C y en el último lugar la d2 (Recomendada) con 32.12°C. Las diferencias encontradas entre las dosis usadas son mínimas y no evidencian alguna reacción especial probablemente por que las dosis no están con los requerimientos necesarios para descomponer el material.

La Interacción F x D, Cuadro 12 y Gráfico 11, se observa con el mejor promedio fld1 (Compost treet 48 g) con 36.98 °C y en el último lugar f2d2 (PE Compost 15 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 28.78 °C. Cabe destacar que en esta semana no interaccionan los factores.

Prueba DMS al 5% para Factorial vs. Testigo, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango el factorial con 33.30 °C, en tanto que, en el segundo rango se encuentra el testigo con 26.20 °C. Esto muestra que el compost al ser inoculado se ve favorecido por las fuentes de microorganismos, es decir, la descomposición ocurre más rápidamente y es también importante para destruir patógenos termosensibles. Los invertebrados del compost sobreviven a esta etapa moviéndose a la parte externa de la pila o permaneciendo en estado de dormición. (15)

### 4.1.3. Semana 9

En el análisis de la varianza, Cuadro 11, se observa alta significación estadística para tratamientos, dosis, efecto lineal, cuadrático y la interacción F x D; mientras que, para las fuentes de microorganismos, la comparación ortogonal f1 vs. f2f3 se detecta significación estadística. El promedio general fue de 22.35 °C y el coeficiente de variación fue de 2.40%, que resulta ser excelente para este tipo de investigación.

Tukey al 5% para Fuentes de Microorganismos, Cuadro 12, Gráfico 9, identifica un rango de significación; obteniendo el mayor promedio de temperatura f1 (Compost treet) con 22.66 °C y con el menor promedio a f2 (PE Compost) con 22.14 °C. Cabe destacar que en esta semana desde el punto de vista microbiológico la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Las poblaciones microbianas se presentan en fase de muerte por agotamiento de nutrientes, por lo cual, la temperatura baja y empieza a estabilizarse (41).

DMS al 5% para la Comparación f1 vs. f2f3, Cuadro 12, detecta un rango de significación estadística, ubicándose en el primer lugar la comparación f1 con 22.66 °C y en último lugar la comparación f2f3 con 22.15 °C. De acuerdo a estos resultados una forma de mejorar y agilizar el proceso de compostaje consiste en adicionar inoculos que contienen microorganismos como bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos que aceleran la descomposición de la materia orgánica reduciendo el tiempo de biodegradación (29).

Tukey al 5% para Dosis, Cuadro 12 y Gráfico 10, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango, con el mejor promedio d2 (Recomendada) con 23.32 °C; mientras que, en el segundo rango se ubica d3 (Más del 50% de la dosis recomendada) con 20.75 °C. Estos resultados concuerdan con lo establecido por Quishpe (31); quien indica que, a medida que el sustrato fue consumido la actividad microbiana disminuyo y con ello la temperatura.

Tukey al 5% para la Interacción F x D, Cuadro 12 y Gráfico 11, detecta cuatro rangos de significación estadística. Encabezando el primer rango, con el mejor promedio f1d2 (Compost treet 96 g) con 24.18 °C; en tanto que, en el último rango se ubica f3d3 (Microorganismos Benéficos 270 ml) con 19.68 °C. Lo cual puede deberse a que durante la etapa de maduración los macroorganismos tales como nemátodos, rotíferos, escarabajos, lombrices etc., incrementan su actividad desempeñando la función de remover, excavar, moler, masticar y en general romper físicamente los materiales incrementando el área superficial de estos para permitir el acceso de los microorganismos (40).

**Cuadro 11.** Análisis de la varianza de la temperatura del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS		
		SEMANA 1	SEMANA	SEMANA 9
TOTAL	39			
TRATAMIENTOS	9	66.21 **	53.48 **	7.95 **
Fuentes de microorganismos (F)	2	0.75 ns	87.47 **	1.04 *
f1 vs. f2f3	1	0.66 ns	165.92 **	2.07 *
f2 vs. f3	1	0.84 ns	9.00 ns	0.0002 ns
Dosis (D)	2	135.96 **	16.23 ns	22.71 **
Lineal	1	268.00 **	7.37 ns	27.52 **
Cuadrática	1	3.92 ns	25.09 ns	17.90 **
F x D	4	48.03 **	9.48 ns	5.93 **
Factorial vs. Testigo	1	130.32 **	236.03 **	0.34 ns
REPETICIONES (Épocas)	3	28.95 ns	548.69 **	1.08 *
ERROR EXPERIMENTAL	27	11.47	12.99	0.29
<b>PROMEDIO (°C):</b>		<b>56.36</b>	<b>32.49</b>	<b>22.35</b>
<b>CV (%):</b>		<b>6.01</b>	<b>11.09</b>	<b>2.40</b>

En los tratamientos analizados en la presente investigación, Gráfico 12, se observa que la temperatura, es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso. Debe mantenerse entre 35 - 65 °C. Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: Criófilos, de 5 a 15 °C, Mesófilos, de 15 a 45 °C y Termófilos, de 45 a 70 °C (11).

Inicialmente se produce un rápido calentamiento de la pila a medida que los microorganismos se multiplican. A los 3 o 4 días, al pasar la temperatura los 40°C, la flora mesófila es reemplazada por la termófila, bajando la temperatura a la del ambiente. En este tipo de pilas, el contraste entre la temperatura del centro y la de la superficie es mayor que en pilas grandes. Como la pérdida de calor es proporcional a la superficie; mientras que, el calor generado es proporcional al volumen de la pila, las pilas más grandes pierden menos calor porque la relación área - calor es menor (41).

En la primera etapa aparecen bacterias y hongos mesófilos con predominio de las primeras. Cuando la temperatura llega a 40 °C, aparecen bacterias y hongos termófilos y los primeros actinomicetos. Por encima de los 70° cesa la actividad microbiana. Al bajar de nuevo la temperatura, reaparecen las formas activas, detectándose también la actividad de protozoos, miriápodos, etc. (41).

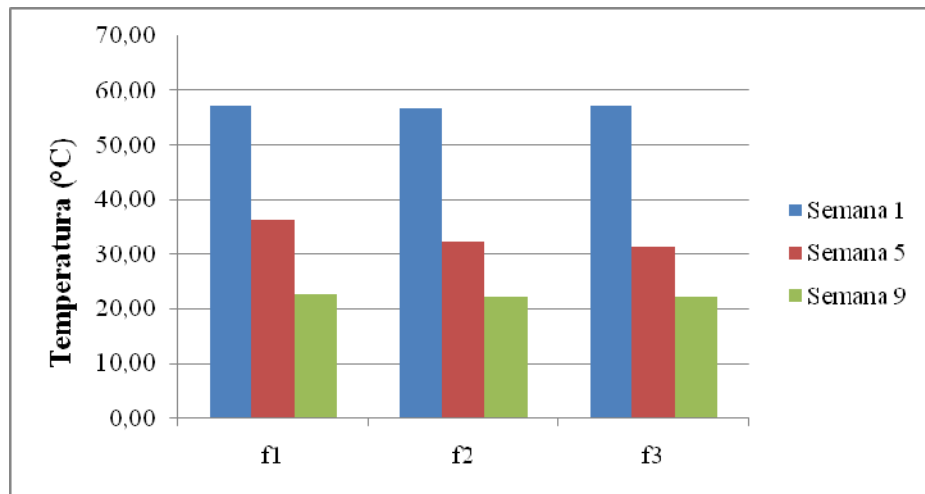
Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Llumiquinga (25), quien observó temperaturas en el rango de 45 y 65 °C, tres días después de conformadas las pilas de compost.

Suquilanda (38), afirma que las altas temperaturas que se registran ayudan a destruir la mayoría de gérmenes patógenos, pero las bacterias y hongos benéficos pueden soportarlas.

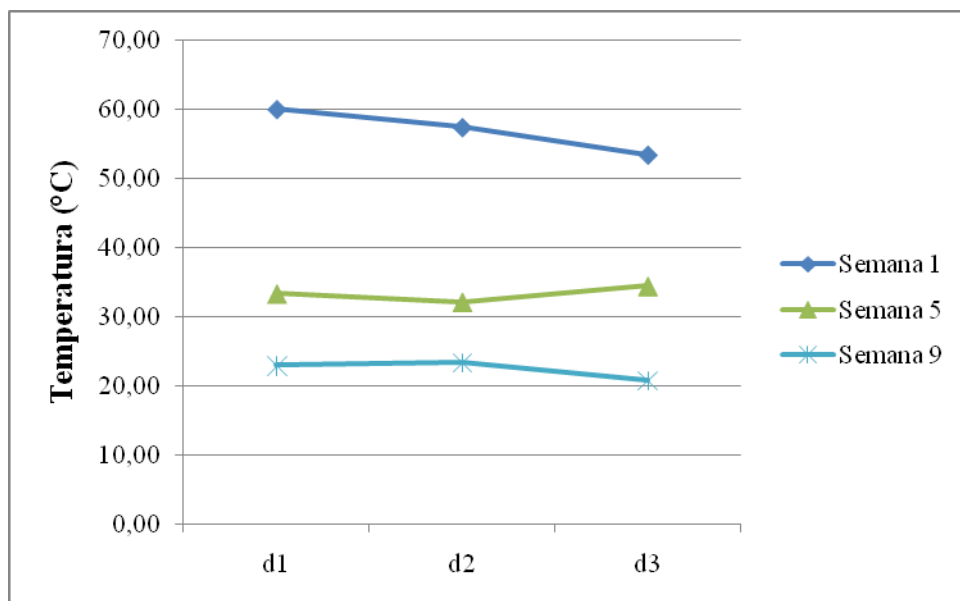
**Cuadro 12.** Promedios y Pruebas de Significación para la temperatura del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Factores	Significado	Temperatura Promedio (°C)		
		Semana 1	Semana 5	Semana 9
<b>Fuentes de Microorganismos</b>			1	1
	f1 = Compost treet	57.16	36.33 a	22.66 a
	f2 = PE Compost	56.68	32.39 b	22.14 a
	f3 = M.B.	56.68	31.17 b	22.16 a
<b>Comparaciones Ortogonales</b>			2	2
	f1 vs. f2f3	57.16 vs. 56.87	36.33 a vs. 31.78 b	22.66 a vs. 22.15 a
	f2 vs. f3	56.68 vs. 57.06	32.39 vs. 31.17	22.14 vs. 22.16
<b>Dosis</b>		1		1
	d1= Menos del 50% de la dosis recomendada	60.08 a	33.33	22.89 a
	d2= Recomendada	57.46 a	32.12	23.32 a
	d3= Más del 50% de la dosis recomendada	53.39 b	34.44	20.75 b
<b>Interacción F x D</b>		1		1
	f1d1	63.55 a	36.98	21.90 bc
	f1d2	55.90 abc	36.30	24.18 a
	f1d3	52.02 c	35.72	21.90 bc
	f2d1	58.42 abc	32.72	23.65 a
	f2d2	55.45 bc	28.78	22.10 b
	f2d3	56.18 abc	34.68	20.68 cd
	f3d1	58.25 abc	30.30	23.12 ab
	f3d2	60.95 ab	30.28	23.68 a
f3d3	53.39 c	32.92	19.68 d	
<b>Factorial vs. Testigo</b>		2	2	
	Factorial vs.	56.97 a	33.30 a	22.32
	Testigo (Sin tratamiento)	50.95 b	26.20 b	22.62

M.B. = Microorganismos Benéficos  
 1 Tukey al 5%      2 DMS al 5%

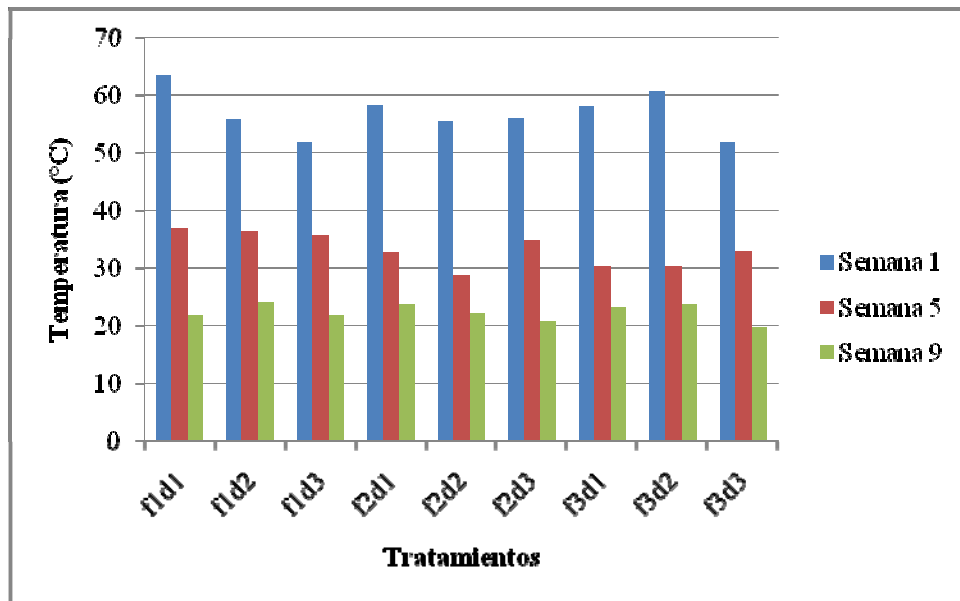


**Gráfico 9.** Temperaturas promedio para fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

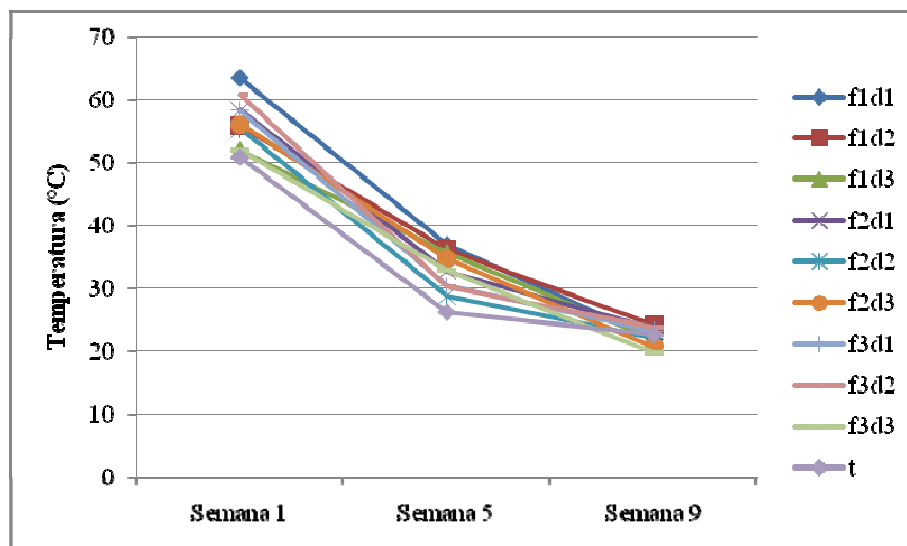


**Gráfico 10.** Temperaturas promedio para dosis de microorganismos inoculados con tres fuentes de microorganismos en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.





**Gráfico 11.** Temperaturas promedio de las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.



**Gráfico 12.** Temperaturas promedio semanales de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

## 4.2. Potencial Hidrógeno (pH)

En el análisis de la varianza, Cuadro 13, se detecta alta significación estadística para tratamientos, fuentes de microorganismos, las comparaciones ortogonales f1 vs. f2f3, f2 vs. f3, dosis, el efecto lineal, cuadrático y para la interacción F x D. El promedio general de esta variable fue de 8.44 y el coeficiente de variación de 1.25 % que resulta ser excelente para éste tipo de investigaciones.

Tukey al 5% para Fuentes de Microorganismos, Cuadro 14 y Gráfico 13, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f2 (PE Compost) con un pH promedio de 8.25; en tanto que, se ubica en el segundo rango f3 (Microorganismos Benéficos) con un pH promedio de 8.56. Esto indica que en el compost terminado, el pH puede estar entre 8 y 9 debido a las pérdidas de CO<sub>2</sub> por la respiración de los microorganismos. La presencia de ácidos orgánicos bajo condiciones de acidez y su ausencia cuando el compost se torna alcalino, es un indicador de que ellos son un factor clave para la evolución del pH. (20).

DMS al 5% para la Comparación f1 vs. f2f3, Cuadro 14, detecta dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f2f3 con un pH de 8.40; mientras que, en el segundo rango se ubica f1 con un pH de 8.51. Lo cual puede deberse a que el pH varía a lo largo del proceso e influye debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8; mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7.5) (15).

DMS al 5% para la Comparación f2 vs. f3, Cuadro 14, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f2 con un pH de 8.25; mientras que, en el segundo rango se ubica f3 con un pH de 8.56. Esta respuesta puede deberse a que PE Compost contiene bacterias que fueron activadas por componentes de sangre, contenido ruminal y residuos vegetales.

Tukey al 5% para Dosis, Cuadro 14 y Gráfico 14, establece dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada) con un pH de 8.28 y al final del segundo rango se encuentra d2 (Recomendada) con un pH de 8.53. Estos valores ponen en manifiesto que la dosis baja presenta un pH alcalino en el compost maduro por la descomposición de las proteínas. Además, cabe destacar que se presenta un efecto cuadrático; es decir que, conforme se incrementa la dosis el pH aumenta y luego al seguir incrementando la dosis de microorganismos llega a un punto en el que empieza a decrecer.

Tukey al 5% para la Interacción F x D, Cuadro 14 y Gráfico 15, detecta cuatro rangos de significación estadística. Encabezando el primer rango f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con un pH de 8.05; en tanto que, en el último rango se ubica f3d3 (Microorganismos Benéficos 270 ml) con un pH de 8.71. Estos resultados concuerdan con Quishpe (31), quien afirma que el pH alcalino se debe a la concentración de N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, provenientes de la descomposición del contenido ruminal.

Para el Factorial vs. Testigo, Cuadro 14, se observa en primer lugar con el menor promedio el Testigo con un pH de 8.43 y con una mayor respuesta el factorial con un pH de 8.44. En ambos casos el pH es alcalino al finalizar el proceso de compostaje, lo que concuerda con lo manifestado por Hassen (20), quien determinó que el pH dependerá del tipo de residuo o mezcla de residuos a compostar, por lo que generalmente a lo largo del proceso se manifiesta una progresiva alcalinización del medio.

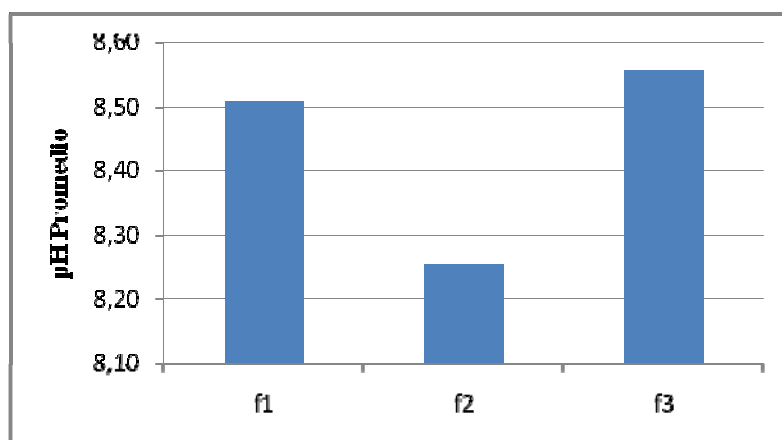
**Cuadro 13.** Análisis de la varianza del pH del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS
TOTAL	39	
TRATAMIENTOS	9	0.17 **
Fuentes de microorganismos (F)	2	0.32 **
f1 vs. f2f3	1	0.09 **
f2 vs. f3	1	0.54 **
Dosis (D)	2	0.22 **
Lineal	1	0.30 **
Cuadrática	1	0.14 **
F x D	4	0.11 **
Factorial vs. Testigo	1	0.0002 ns
REPETICIONES (Épocas)	3	0.01 ns
ERROR EXPERIMENTAL	27	0.01
	<b>PROMEDIO (u):</b>	<b>8.44</b>
	<b>CV (%):</b>	<b>1.25</b>

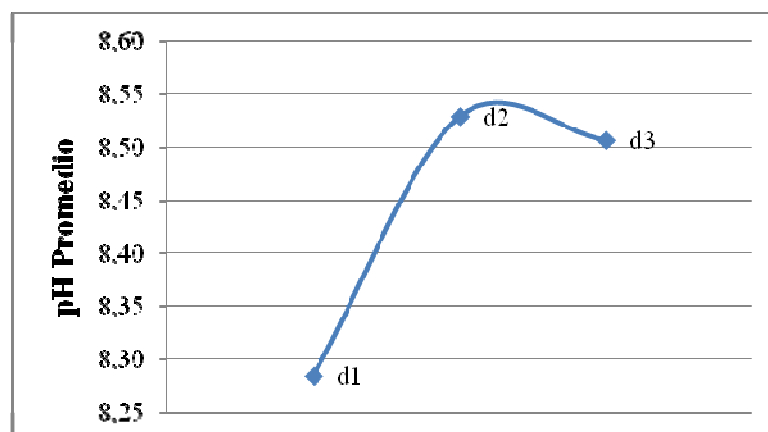
**Cuadro 14.** Promedios y Pruebas de Significación para el potencial hidrógeno del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

<b>Factores</b>	<b>Significado</b>	<b>pH Promedio</b>
<b>Fuentes de Microorganismos</b>		1
	f2 = PE Compost	8.25 a
	f1 = Compost treet	8.51 b
	f3 = M.B.	8.56 b
<b>Comparaciones Ortogonales</b>		2
	f1 vs. f2f3	8.51 b vs. 8.40 a
	f2 vs. f3	8.25 a vs. 8.56 b
<b>Dosis</b>		1
	d1= Menos del 50% de la dosis recomendada	8.28 a
	d3= Más del 50% de la dosis recomendada	8.51 b
	d2= Recomendada	8.53 b
<b>Interacción F x D</b>		1
	f2d1	8.05 a
	f2d2	8.27 ab
	f3d1	8.34 b
	f1d3	8.36 b
	f2d3	8.45 bc
	f1d1	8.47 bcd
	f3d2	8.61 cd
	f1d2	8.70 d
f3d3	8.71 d	
<b>Factorial vs. Testigo</b>	Testigo (Sin tratamiento)	8.43
	Factorial vs.	8.44

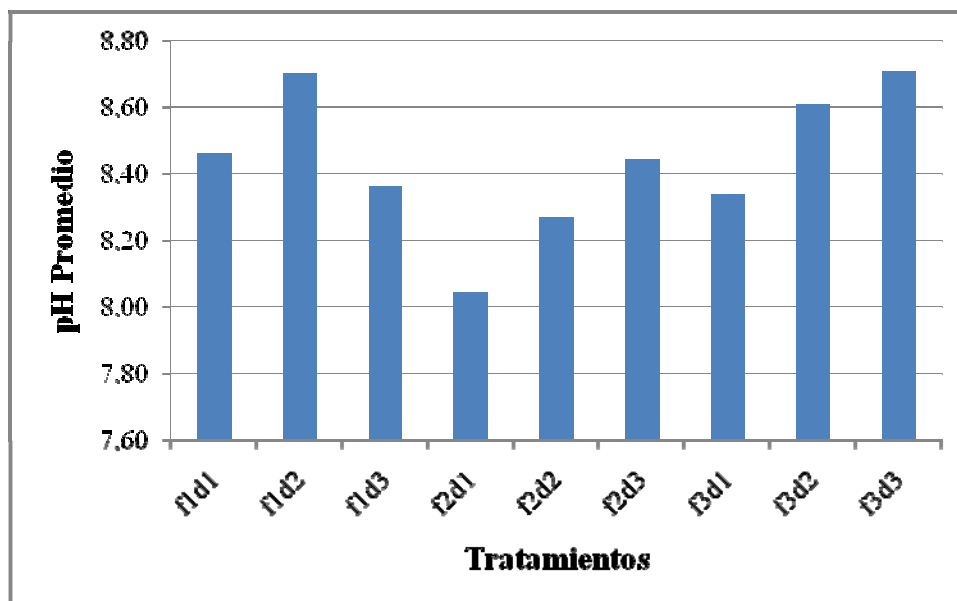
M.B. = Microorganismos Benéficos  
 1 Tukey al 5%    2 DMS al 5%



**Gráfico 13.** Potencial Hidrógeno promedio para fuentes de microorganismos, en la elaboración de compost a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.



**Gráfico 14.** Potencial Hidrógeno promedio para dosis de fuentes de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.



**Gráfico 15.** Potencial Hidrógeno promedio para las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

### 4.3. Humedad

En el análisis de la varianza, Cuadro 15, se detecta alta significación estadística para tratamientos, comparación ortogonal f1vs. f2f3, dosis, el efecto lineal, cuadrático y para la interacción F x D; mientras que, para las fuentes de microorganismos se detecta significación estadística. El promedio general de esta variable fue de 72.00 % y el coeficiente de variación de 8.02 % que resulta ser excelente para éste tipo de investigaciones.

Tukey al 5% para Fuentes de Microorganismos, Cuadro 16 y Gráfico 16, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f1 (Compost treat) con una humedad promedio de 68.63%; en tanto que, en el segundo rango se ubica f2 (PE Compost) con una humedad promedio de 76.11%. Esta respuesta puede atribuirse a que para darse una fermentación aerobia la humedad debe estar entre el 30% y el 70%, siempre que se asegure una buena aireación. En la práctica se deben evitar valores altos, pues desplazaría el aire de los espacios entre partículas del residuo y el proceso pasaría a anaerobio. Si la humedad es demasiado baja disminuirá la actividad de los microorganismos. (25).

DMS al 5% para la Comparación f1 vs. f2f3, cuadro 16, detecta un solo rango de significación, ubicándose en el primer lugar f1 con una humedad promedio de 68.63%; en tanto que, en último lugar se ubica f2f3 con una humedad promedio de 74.42%.

Tukey al 5% para Dosis, Cuadro 16, establece dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango d2 (Recomendada) con una humedad promedio de 67.05%; mientras que, en el segundo rango se encuentra d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada) con una humedad promedio de 81.42%. Estos resultados concuerdan con lo que Opazo (28) expone señalando que, si el agua aumenta, el compostado se vuelve más compacto y se reduce la cantidad de aire, por otro lado si la humedad es menor de 40% la tasa de descomposición disminuye.

Tukey al 5% para la Interacción F x D, Cuadro 16 y Gráfico 17, detecta dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f3d2 (Microorganismos Benéficos 180 ml) con una humedad promedio de 56.70% y en el último rango f3d1 (Microorganismos Benéficos 90 ml) con una humedad promedio de 92.54%. Cabe destacar que en esta variable si interaccionan los factores. Lo cual puede deberse que, para conseguir la humedad adecuada se pueden mezclar distintos tipos de residuos y triturar o desfibrar los materiales. La humedad adecuada es esencial para la actividad microbiológica. Una pila seca no favorecerá para nada la descomposición, por eso se debe humedecer periódicamente (25).

Para el Factorial vs. Testigo, cuadro 16, se observa que la mejor respuesta de humedad presenta el Testigo (Sin tratamiento) con 57.58% y con una mayor humedad presenta el factorial con 72.49%. Estos resultados se lo pueden atribuir a que, en la compostera realizada sin ningún tratamiento se la regó más periódicamente, por lo que no se aplicó ninguna fuente de microorganismo.

**Cuadro 15.** Análisis de la varianza de la humedad del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

FUENTES DE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS
TOTAL	39	
TRATAMIENTOS	9	714.67 **
Fuentes de microorganismos (F)	2	168.55 *
f1 vs. f2f3	1	268.89 **
f2 vs. f3	1	68.21 ns
Dosis (D)	2	728.97 **
Lineal	1	925.41 **
Cuadrática	1	532.52 **
F x D	4	1137.52 **
Factorial vs. Testigo	1	86.91 ns
REPETICIONES (Épocas)	3	17.67 ns
ERROR EXPERIMENTAL	27	33.36
	<b>PROMEDIO (%):</b>	<b>72.00</b>
	<b>CV (%):</b>	<b>8.02</b>

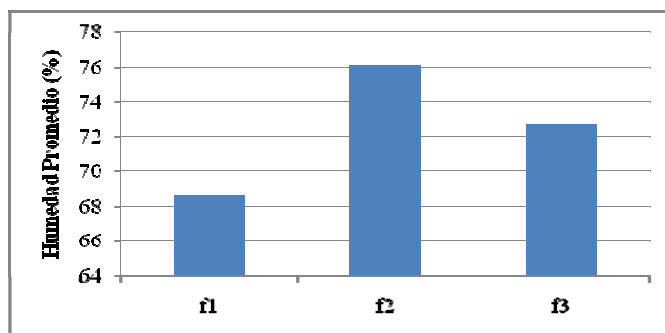
**Cuadro 16.** Promedios y Pruebas de Significación para la humedad del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

<b>Factores</b>	<b>Significado</b>	<b>Humedad (%) Promedio</b>
<b>Fuentes de Microorganismos</b>		1
	f1 = Compost treet	68.63 a
	f3 = M.B.	72.74 ab
	f2 = PE Compost	76.11 b
<b>Comparaciones Ortogonales</b>		2
	f1 vs. f2f3	68.63 a vs. 74.42 a
	f2 vs. f3	76.11 vs. 72.74
<b>Dosis</b>		1
	d2= Recomendada	67.05 a
	d3= Más del 50% de la dosis recomendada	69.00 a
	d1= Menos del 50% de la dosis recomendada	81.42 b
<b>Interacción F x D</b>		1
	f3d2	56.70 a
	f2d3	56.80 a
	f1d2	58.50 a
	f1d1	65.14 a
	f3d3	67.97 a
	f1d3	82.24 b
	f2d2	84.96 b
	f2d1	86.58 b
	f3d1	92.54 b
<b>Factorial vs. Testigo</b>	Testigo (Sin tratamiento)	57.58
	Factorial vs.	72.49

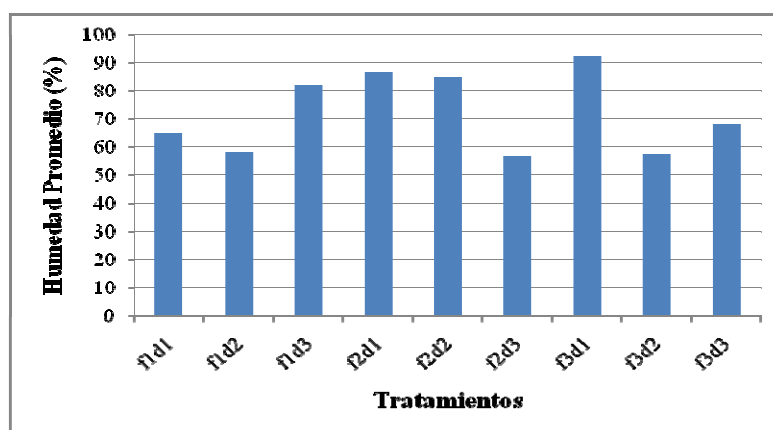
M.B. = Microorganismos Benéficos

1 Tukey al 5% 2 DMS al 5%





**Gráfico 16.** Humedad relativa promedio para fuentes de microorganismos, en la elaboración de compost a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.



**Gráfico 17.** Humedad relativa promedio para las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

#### 4.4. Tiempo de Descomposición

En el análisis de la varianza, Cuadro 17, se detecta alta significación estadística para repeticiones; mientras que, para tratamientos y la interacción F x D se detecta significación estadística. El promedio general de esta variable fue de 72.28 días y el coeficiente de variación de 2.89 % que resulta ser excelente para éste tipo de investigaciones.

Para Fuentes de Microorganismos, Cuadro 18 y Gráfico 18, se observa que la mejor respuesta presenta f3 (Microorganismos Benéficos) con 71.92 días de descomposición; en tanto que, f2 (PE Compost) presenta la menor respuesta con 72.67 días de descomposición. De los resultados obtenidos se puede señalar que, la velocidad de reacción y calidad de compost producido depende de la calidad del

sustrato (presencia de macro y micronutrientes) y de otras condiciones críticas como pH y temperatura; asimismo, de la calidad de bacterias involucradas en el proceso de descomposición del sustrato (15).

Para Dosis, Cuadro 18 y Gráfico 19, se observa que la mejor respuesta presenta la d3 (Mas del 50% de la dosis recomendada) con 71.42 días a la descomposición; en tanto que, d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada) presenta la menor respuesta con 72.83 días a la descomposición. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Llumiquinga (25) quien afirma que a mayores dosis de microorganismos, el tiempo de descomposición será menor.

Tukey al 5% para la Interacción F x D, Cuadro 18 y Gráfico 20, detecta tres rangos de significación estadística. Encabezando el primer rango f1d3 (Compost treet 144 g) con 70.00 días a la descomposición; mientras que, en el último rango se ubica f1d2 (Compost treet 96 g) con 75.50 días a la descomposición. Estos resultados se puede atribuir que la temperatura es la variable de mayor influencia sobre el tiempo de descomposición de los materiales utilizados, por otro lado se afirma que cuanto más caliente es la pila, más rápido es el compostaje (22).

Para el Factorial vs. Testigo, cuadro 18, se observa en primer lugar con el menor promedio el Testigo con 72.00 días a la descomposición y con una mayor respuesta el factorial con 72.31 días a la descomposición.

**Cuadro 17.** Análisis de la varianza del tiempo de descomposición del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

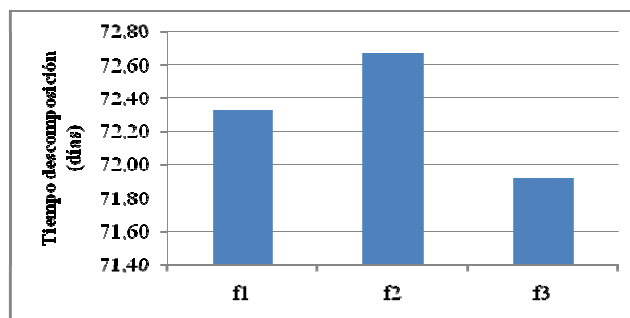
FUENTES DE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS
TOTAL	39	
TRATAMIENTOS	9	12.75 *
Fuentes de microorganismos (F)	2	1.70 ns
f1 vs. f2f3	1	0.01 ns
f2 vs. f3	1	3.38 ns
Dosis (D)	2	7.20 ns
Lineal	1	12.04 ns
Cuadrática	1	2.35 ns
F x D	4	24.15 *
Factorial vs. Testigo	1	0.34 ns
REPETICIONES (Épocas)	3	72.49 **
ERROR EXPERIMENTAL	27	4.36
	<b>PROMEDIO (días):</b>	<b>72.28</b>
	<b>CV (%):</b>	<b>2.89</b>

**Cuadro 18.** Promedios y Pruebas de Significación para el tiempo de descomposición del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

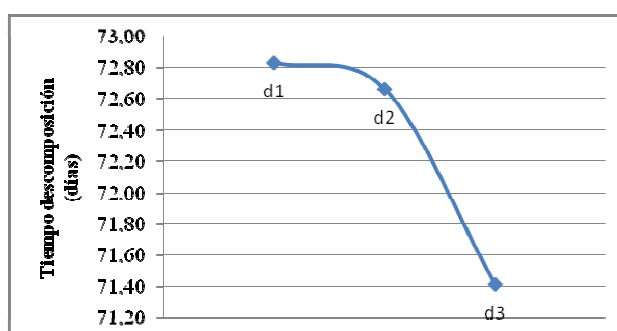
<b>Factores</b>	<b>Significado</b>	<b>Tiempo (días) Promedio</b>
<b>Fuentes de Microorganismos</b>	f3 = M.B.	71.92
	f1 = Compost treet	72.33
	f2 = PE Compost	72.67
<b>Comparaciones Ortogonales</b>	f1 vs. f2f3	72.33 vs. 72.30
	f2 vs. f3	72.67 vs. 71.92
<b>Dosis</b>	d3= Más del 50% de la dosis recomendada	71.42
	d2= Recomendada	72.67
	d1= Menos del 50% de la dosis recomendada	72.83
<b>Interacción F x D</b>		1
	f1d3	70.00 a
	f2d2	70.50 ab
	f1d1	71.50 ab
	f3d1	71.75 abc
	f3d2	72.00 abc
	f3d3	72.00 abc
	f2d3	72.25 abc
	f2d1	75.25 bc
f1d2	75.50 c	
<b>Factorial vs. Testigo</b>	Testigo (Sin tratamiento)	72.00
	Factorial vs.	72.31

M.B. = Microorganismos Benéficos

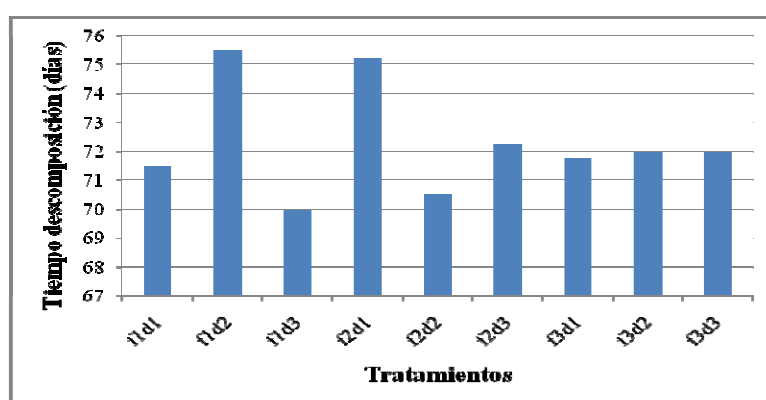
1 Tukey al 5%



**Gráfico 18.** Tiempo de descomposición promedio para fuentes de microorganismos, en la elaboración de compost a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.



**Gráfico 19.** Tiempo de descomposición promedio para dosis de fuentes de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.



**Gráfico 20.** Tiempo de descomposición promedio para las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

#### 4.5. Grado de Conversión

En el análisis de la varianza, Cuadro 19, se detecta alta significación estadística para tratamientos, fuentes de microorganismos, comparación ortogonal f2 vs. f3, dosis, el efecto cuadrático; mientras que, para la interacción F x D y repeticiones se detecta significación estadística. El promedio general de esta variable fue de 80.62 % y el coeficiente de variación de 3.09 % que resulta ser excelente para éste tipo de investigaciones.

Tukey al 5% para Fuentes de Microorganismos, Cuadro 20 y Gráfico 21, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f3 (Microorganismos Benéficos) con 82.04 % de conversión; en tanto que, en el segundo rango se ubico f2 (PE Compost) con 78.20 % de conversión. Esto demuestra que las fuentes de microorganismos influyeron directamente sobre esta variable. La actividad microbiana tiene gran importancia ya que según FUNDASES (17), a través de la misma se realizan diferentes funciones como: La descomposición de los residuos orgánicos ricos en carbono, formación, descomposición y actividad heterótrofa de la biomasa microbiana que controla el flujo de energía y el ciclo interno de nutrientes; producción y secreción de enzimas extracelulares, permitiendo la degradación de compuestos complejos y manteniendo la descomposición cuando cesa la actividad microbiana.

DMS al 5% para la Comparación f2 vs. f3, Cuadro 20, detecta dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f3 con 82.04 % de conversión; en tanto que, en el segundo rango se ubica f2 con 78.20 % de conversión. Esta respuesta pone de manifiesto que la descomposición biológica de los materiales orgánicos como azúcares, almidón, proteínas, hemicelulosa, celulosa, lignina, ceras y lignocelulosa es llevada a cabo por los microorganismos para hidrolizar las macromoléculas anteriores e incorporar a sus células estos compuestos orgánicos que son utilizados para los procesos de síntesis, respiración y fermentación (33).

Tukey al 5% para Dosis, Cuadro 20 y Gráfico 22, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada) con 83.11% de conversión; en tanto que, en el segundo rango se ubica d2 (Recomendada) con 77.08% de conversión. Estos resultados se los puede atribuir a que existe una reducción del volumen de materiales por los principales grupos de microorganismos que participan en el proceso como los hongos, bacterias y actinomicetos. Estos, al tener diferencias nutricionales y metabólicas, son capaces de descomponer los compuestos químicos simples y complejos que están en la fracción orgánica de los residuos sólidos como son lípidos, proteínas, aminoácidos, lignina y celulosa (41). Además, se presenta un efecto cuadrático, el cual permite establecer que al incrementar la dosis de microorganismos, el grado de conversión disminuye, hasta que llega un punto en que empieza a crecer.

Tukey al 5% para la Interacción F x D, Cuadro 20 y Gráfico 23, detecta tres rangos de significación estadística. Encabezando el primer rango f1d3 (Compost treet 144 g) con 85.08 % de conversión, en tanto que, en el último rango se encuentra f1d2 (Compost treet 96 g) con 75.20 % de conversión. Esta respuesta se puede atribuir a que mientras más pequeño sea el tamaño de las partículas más rápido es el proceso de descomposición, debido a que mayor es la superficie que se encuentra disponible para el ataque de los microorganismos.

Para el Factorial vs. Testigo, Cuadro 20, se observa que el mayor grado de conversión es para factorial con un 80.48 %; mientras que, la menor respuesta es para el Testigo con 81.86 %.

Estos resultados indican que, durante el proceso de compostaje tiene lugar una pérdida de peso debido a la formación de dióxido de carbono y vapor de agua (29). La magnitud de las pérdidas de peso y su evolución durante el proceso son diferentes para cada tipo de residuo y está directamente relacionado con la naturaleza del mismo, es así como un material fibroso contendrá mayor cantidad de celulosa y lignina, que de humedad y por tanto, el porcentaje de conversión será menor. El sustrato de la pilas de compost perteneció a residuos de rosas, los mismos que tuvieron una gran proporción de celulosa y lignina y por tal razón existió una gran proporción de material no descompuesto, resultados que concuerdan con los obtenidos por Jiménez (24).

**Cuadro 19.** Análisis de la varianza del grado de conversión del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

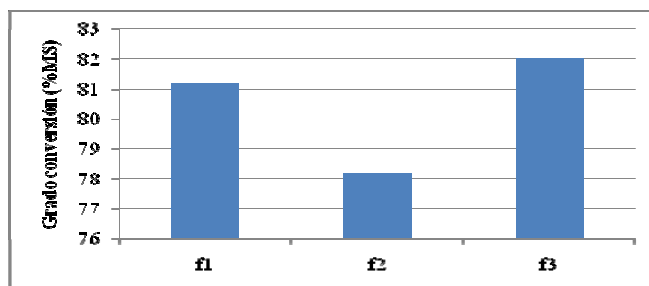
FUENTES DE VARIACIÓN	GL	CUADRADOS MEDIOS
TOTAL	39	
TRATAMIENTOS	9	48.47 **
Fuentes de microorganismos (F)	2	49.15 **
f1 vs. f2f3	1	9.47 ns
f2 vs. f3	1	88.82 **
Dosis (D)	2	114.64 **
Lineal	1	20.31 ns
Cuadrática	1	208.96 **
F x D	4	25.48 *
Factorial vs. Testigo	1	6.77 ns
REPETICIONES (Épocas)	3	20.27 *
ERROR EXPERIMENTAL	27	6.22
	<b>PROMEDIO (%):</b>	<b>80.62</b>
	<b>CV (%):</b>	<b>3.09</b>

**Cuadro 20.** Promedios y Pruebas de Significación para el grado de conversión del compost en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.

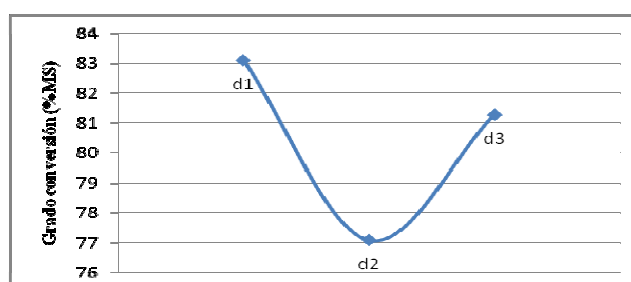
<b>Factores</b>	<b>Significado</b>	<b>Conversión (%MS) Promedio</b>
<b>Fuentes de Microorganismos</b>		1
	f3 = M.B.	82.04 a
	f1 = Compost treet	81.21 a
	f2 = PE Compost	78.20 b
<b>Comparaciones Ortogonales</b>		2
	f1 vs. f2f3	81.21 vs. 80.12
	f2 vs. f3	78.20 b vs. 82.04 a
<b>Dosis</b>		1
	d1= Menos del 50% de la dosis recomendada	83.11 a
	d3= Más del 50% de la dosis recomendada	81.27 a
	d2= Recomendada	77.08 b
<b>Interacción F x D</b>		1
	f1d3	85.08 a
	f3d1	84.49 a
	f1d1	83.34 a
	f2d1	81.49 ab
	f3d3	81.30 ab
	f3d2	80.34 abc
	f2d3	77.42 bc
	f2d2	75.68 bc
f1d2	75.20 c	
<b>Factorial vs. Testigo</b>	Testigo (Sin tratamiento)	81.86
	Factorial vs.	80.48

M.B. = Microorganismos Benéficos

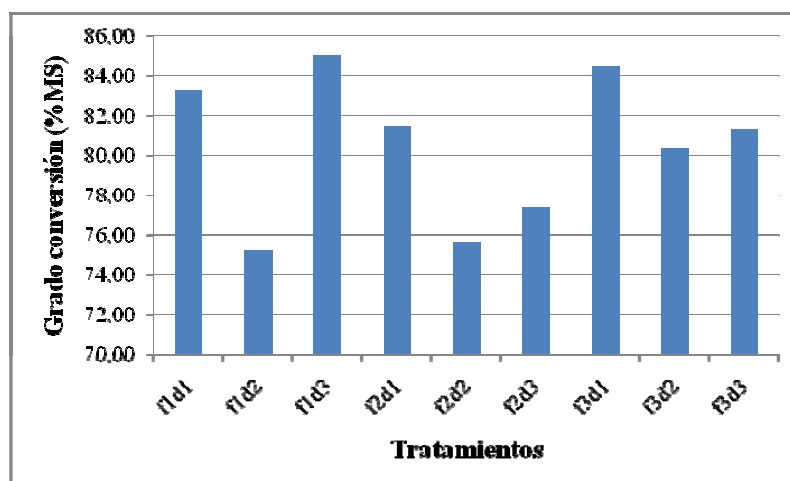
1 Tukey al 5% 2 DMS al 5%



**Gráfico 21.** Grado de conversión promedio para fuentes de microorganismos, en la elaboración de compost a tres dosis. Tabacundo, Pichincha. 2009.



**Gráfico 22.** Grado de conversión promedio para dosis de fuentes de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.



**Gráfico 23.** Grado de conversión promedio para las interacciones en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.



#### 4.6. Nitrógeno

En el Cuadro 21 y Gráfico 24, se observa que el mejor tratamiento es f2d3 (PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 3.24% de Nitrógeno Total, el tratamiento con el menor contenido es f3d3 (Microorganismos Benéficos 270 ml) con 2.77% de Nitrógeno Total, siendo el promedio general para esta variable de 3.03%. Estos resultados concuerdan con Ases (2), quien indica que, cuando se añade estiércol a los materiales vegetales, les aportan Nitrógeno; estimulando el proceso de descomposición, es decir que sólo parte del nitrógeno en el abono está directamente disponible para las plantas; mientras que el resto es liberado en la medida que el estiércol se descompone. El nitrógeno en la orina de los animales está disponible en corto tiempo.

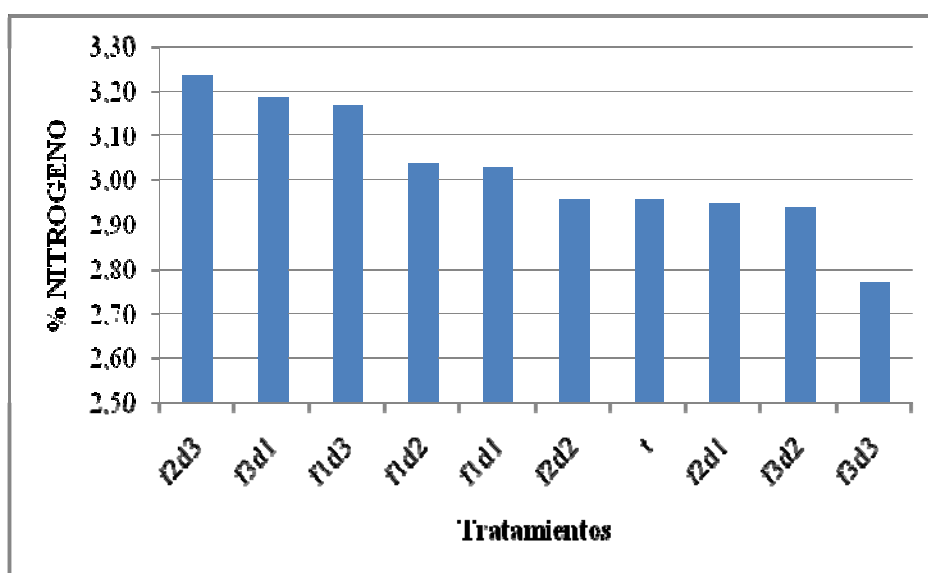
La proporción de nitrógeno en el compost varía en función del grado de madurez, de manera que el compost fresco es pobre en nitrógeno; mientras que, la concentración crece a medida que el compost madura. La forma química mayoritaria de absorción de nitrógeno por parte de las plantas son los nitratos, que abundan en el compost maduro. En el fresco, el nitrógeno predominante es en forma de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), menos tolerable o absorbible por la mayoría de vegetales. En el caso de las leguminosas, silvestres o de cultivo, hay que considerar que pueden asimilar el nitrógeno molecular (N<sub>2</sub>) ya que son capaces de captarlo directamente de la atmósfera. Obviamente, la mayoría de fertilizantes de síntesis contienen altas proporciones de nitrógeno en forma de nitratos (22).

La pérdida de nitrógeno durante el proceso de digestión fue un parámetro importante ya que tratándose de Macronutrientes, la conservación del nitrógeno es la más importante, pues se pueden tener pérdidas de este elemento por lixiviación o a través de escape de amonio y volatilización de gases nitrogenados (20).

El nitrógeno en los compuestos orgánicos de las células se presenta en estado reducido como grupo amino. La gran mayoría de los organismos fotosintéticos asimilan el nitrógeno en estado inorgánico como nitratos que posteriormente son reducidos. Muchos organismos no fotosintéticos como bacterias y hongos también pueden asimilar el nitrógeno como nitrato, otros microorganismos son incapaces de llevar a cabo esta reducción y utilizan como fuente de nitrógeno formas reducidas de este (40).

**Cuadro 21.** Porcentaje de Nitrógeno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Significado	% Nitrógeno
f2d3	PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	3.24
f3d1	Microorganismos Benéficos 90 ml	3.19
f1d3	Compost treet 144 g	3.17
f1d2	Compost treet 96 g	3.04
f1d1	Compost treet 48 g	3.03
f2d2	PE Compost 15 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	2.96
t	Testigo absoluto	2.96
f2d1	PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	2.95
f3d2	Microorganismos Benéficos 180 ml	2.94
f3d3	Microorganismos Benéficos 270 ml	2.77



**Gráfico 24.** Porcentaje de Nitrógeno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

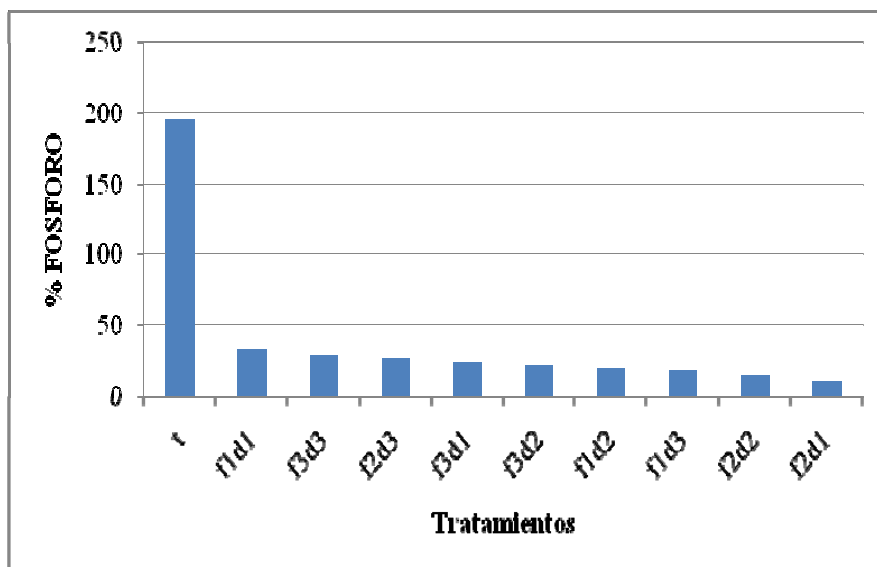
#### 4.7. Fósforo

En el Cuadro 22 y Gráfico 25, se observa que el tratamiento con el más alto contenido de Fósforo es el Testigo con 125.60 ppm; mientras que, el tratamiento con el menor contenido de fósforo es f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 9.40 ppm. El promedio general para esta variable fue de 38.81 ppm. A esto se puede atribuir que los microorganismos de los tratamientos con relación al testigo consumieron mas fósforo.

Según Hassen (20), su proporción en el compost es entre el 0.8 y el 2.5 %, mayoritariamente en forma de óxido de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y varía en función del tipo de restos de las cuales proviene el compost. Las plantas lo absorben en forma de fosfatos. Se puede enriquecer el suelo o el compost con fósforo, si se añade gallinaza, cenizas, huesos molidos o roca fosfatada. Cabe aclarar, que el compost, sin necesidad de enriquecerlo con fósforo, aporta las cantidades suficientes de este elemento para equilibrar los suelos que son deficitarios.

**Cuadro 22.** Contenido de Fósforo de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Significado	Fósforo (ppm)
t	Testigo absoluto	195.60
f1d1	Compost treet 48 g	33.00
f3d3	Microorganismos Benéficos 270 ml	28.80
f2d3	PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	27.00
f3d1	Microorganismos Benéficos 90 ml	23.40
f3d2	Microorganismos Benéficos 180 ml	20.70
f1d2	Compost treet 96 g	18.50
f1d3	Compost treet 144 g	17.50
f2d2	PE Compost 15 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	14.20
f2d1	PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	9.40



**Gráfico 25.** Contenido de Fósforo de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

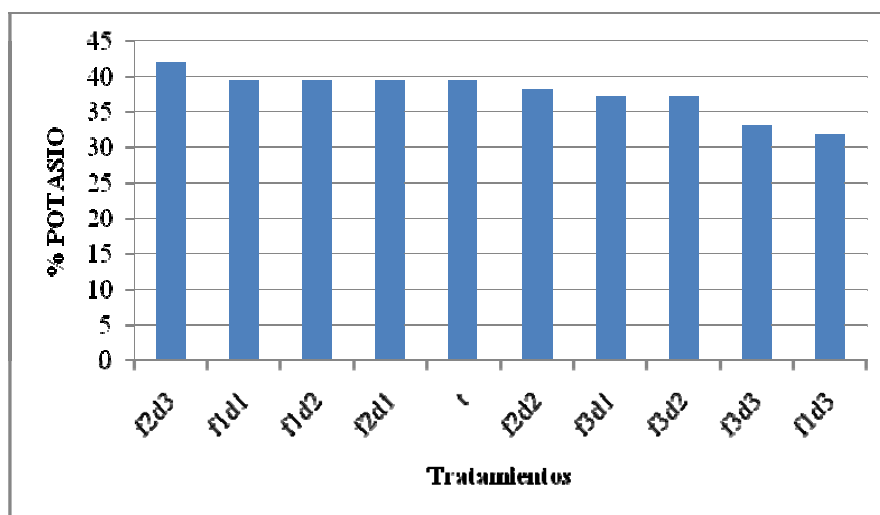
#### 4.8. Potasio

En el Cuadro 23 y Gráfico 26, se observa que el tratamiento con el más alto contenido de Potasio es f2d3 (PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 42.19 ppm; mientras que, el tratamiento con el menor contenido de Potasio es f1d3 (Compost treet 144 g) con 31.96 ppm. El promedio general para esta variable fue de 37.85 ppm. Los resultados concuerdan con lo observado por Llumiquinga (25), quien reporta que los desechos o materiales ricos en potasio; al descomponerse, presentan un alto contenido de este nutriente.

El compost se puede enriquecer en potasio con cenizas, estiércol o restos de plátano. Como en el caso del fósforo, el compost obtenido con restos de cocina aporta el potasio suficiente para corregir los suelos deficitarios en este nutriente (14).

**Cuadro 23.** Contenido de Potasio de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Significado	Potasio (ppm)
f2d3	PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	42.19
f1d1	Compost treet 48 g	39.64
f1d2	Compost treet 96 g	39.64
f2d1	PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	39.64
t	Testigo absoluto	39.64
f2d2	PE Compost 15 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	38.36
f3d1	Microorganismos Benéficos 90 ml	37.10
f3d2	Microorganismos Benéficos 180 ml	37.08
f3d3	Microorganismos Benéficos 270 ml	33.24
f1d3	Compost treet 144 g	31.96



**Gráfico 26.** Contenido de Potasio de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

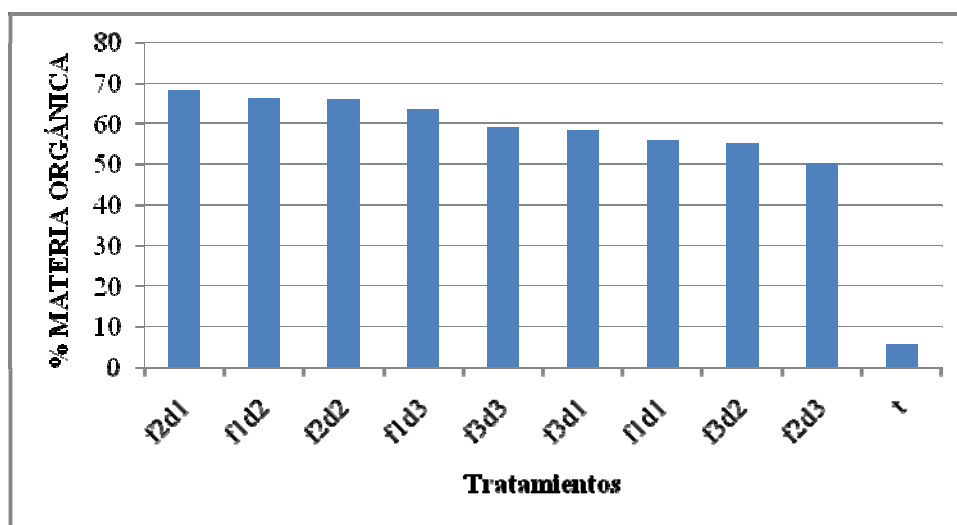
#### 4.9. Materia Orgánica

En el Cuadro 24 y Gráfico 27, se observa que el tratamiento con el más alto porcentaje de Materia Orgánica es f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 68.40 %; mientras que, el tratamiento con el menor porcentaje de Materia Orgánica es el testigo con 5.55 %. El promedio general para esta variable fue de 54.95 %. Estos resultados se puede atribuir a que, el material vegetativo posee una mezcla balanceada de Nitrógeno y Carbono, lo que concuerda con Rueda (33), quien manifiesta que, los materiales finos poseen una mayor superficie y por lo tanto pueden ser digeridos más fácilmente por las bacterias; una longitud ideal es de 2 a 5 cm. Si son más pequeños como en el caso de hierbas, desechos de cocina o cenizas, estos deben ser mezclados con materiales más grandes, para facilitar la aireación.

Si las condiciones son adecuadas la fracción de materia orgánica fácilmente degradable será la primera en ser atacada por los microorganismos, obteniéndose como metabolitos finales de su descomposición CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O y muy frecuentemente NH<sub>3</sub>, que se liberarán principalmente en forma gaseosa. Esta actividad metabólica provoca un rápido autocalentamiento de la masa por la liberación en forma de calor de la energía contenida en los enlaces químicos de las moléculas degradadas (10).

**Cuadro 24.** Porcentaje de Materia Orgánica de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Significado	% Materia Orgánica
f2d1	PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	68.40
f1d2	Compost treet 96 g	66.56
f2d2	PE Compost 15 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	66.17
f1d3	Compost treet 144 g	63.50
f3d3	Microorganismos Benéficos 270 ml	59.03
f3d1	Microorganismos Benéficos 90 ml	58.40
f1d1	Compost treet 48 g	56.08
f3d2	Microorganismos Benéficos 180 ml	55.41
f2d3	PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	50.36
t	Testigo absoluto	5.55



**Gráfico 27.** Porcentaje de Materia Orgánica de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

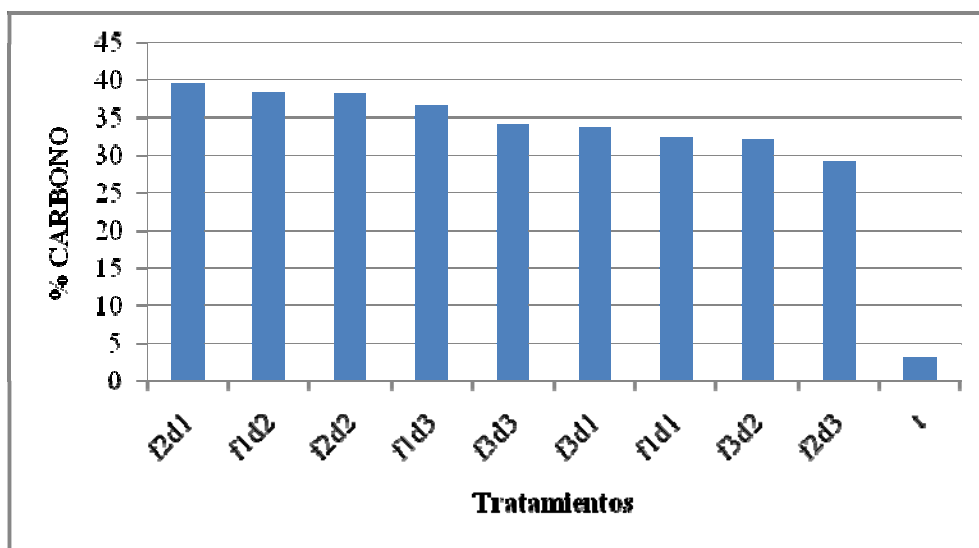
#### 4.10. Carbono

Del Cuadro 25 y Gráfico 28, se observa que el tratamiento con el más alto porcentaje de Carbono fue f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 39.70 %; mientras que, el tratamiento con el menor porcentaje de Materia Orgánica es el testigo con 3.22 %. El promedio general para esta variable fue de 31.87 %. A estos resultados se puede atribuir que, el alto contenido de carbono en los tratamientos es superior a los promedios observados por Terán (42) y Llumiquinga (25), que también elaboraron compost con microorganismos, con porcentajes de 15.9 y 16.5 % respectivamente.

Todos los organismos necesitan de nutrientes para crecer y reproducirse. Las cantidades varían de elemento a elemento, manteniendo una relación constante unos con respecto a otros. En el compostaje, el mantenimiento de esta relación es especialmente importante para el carbono y nitrógeno. Los microorganismos utilizan el carbón de los residuos como fuente de energía. El nitrógeno es el elemento necesario para formar las proteínas con que construir sus cuerpos (32).

**Cuadro 25.** Porcentaje de Carbono de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Significado	% Carbono
f2d1	PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	39.70
f1d2	Compost treet 96 g	38.61
f2d2	PE Compost 15 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	38.38
f1d3	Compost treet 144 g	36.82
f3d3	Microorganismos Benéficos 270 ml	34.24
f3d1	Microorganismos Benéficos 90 ml	33.89
f1d1	Compost treet 48 g	32.53
f3d2	Microorganismos Benéficos 180 ml	32.14
f2d3	PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	29.21
t	Testigo absoluto	3.22



**Gráfico 28.** Porcentaje de Carbono de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.



#### 4.11. Relación C/N

En el Cuadro 26 y Gráfico 29, se observa que el tratamiento con la relación Carbono/Nitrógeno más alta es f1d1 (Compost treet 48 g) con un valor promedio de 12/1; mientras que, el tratamiento con la menor relación Carbono/Nitrógeno es el testigo con un valor promedio de 1/1. El promedio general para esta variable fue de 10/1. Estos resultados corroboran con lo expuesto por Sztern (32), quien señala que, si el material final obtenido tras la fermentación tiene un valor C/N alto, indica que no ha sufrido una descomposición completa y, si el índice es muy bajo, puede ser por una excesiva mineralización, aunque todo ello depende de las características del material de partida.

Los excesos de cualquiera de los dos componentes conllevan a una situación de carencia. Si el residuo de partida es rico en carbono y pobre en nitrógeno, la fermentación será lenta, las temperaturas no serán altas y el carbono se perderá en forma de dióxido de carbono. Para el caso contrario, en altas concentraciones relativas de nitrógeno, éste se transformará en amoníaco, impidiendo la correcta actividad biológica (32).

Llumiquinga (25) y Suquilanda (38), manifiestan que la relación C/N es solo una referencia para predecir la facilidad de descomposición del material orgánico. Es importante destacar que cuanto más elevada es esta relación, más prolongado es el proceso de descomposición, esto ocurre cuando la relación C/N es superior a 33/1. En base a los resultados obtenidos se puede deducir que, la relación C/N es adecuada para el sector agropecuario; sin embargo, el Testigo comparado con las interacciones tiene una baja relación C/N, es por esta razón que el tiempo de descomposición es menos prolongado y la disponibilidad de nutrientes es mayor.

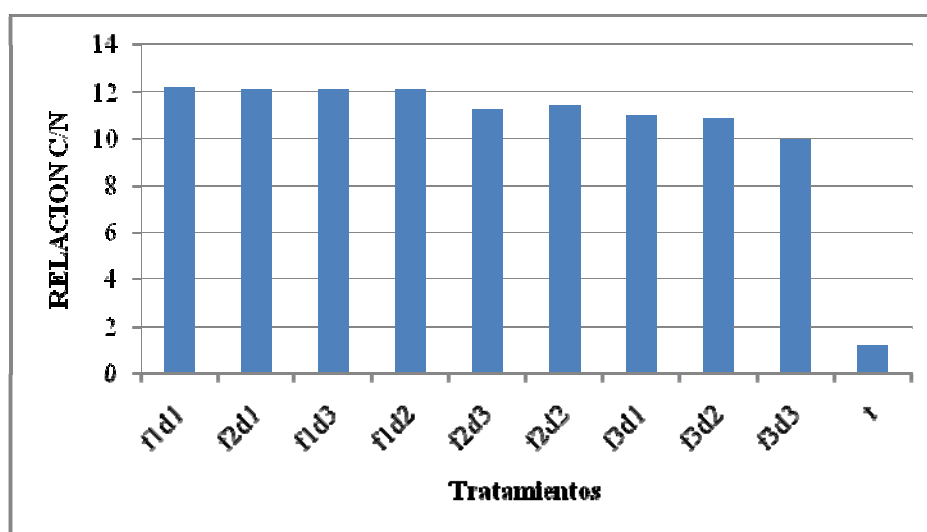
Llumiquinga (25), señala que la relación óptima entre el Carbono y el Nitrógeno, debe ser de 30:1 al inicio del proceso; mientras que, al final del proceso debe llegar a valores de 10:1.

#### 4.12. Análisis Financiero

En el Cuadro 27, para la Relación Beneficio/Costo, se puede determinar que el tratamiento con mayor rentabilidad fue f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con una relación Beneficio/Costo de 1.69; es decir que, por cada dólar invertido, se obtendrá una ganancia de sesenta y nueve centavos y seguido de este se presentó el tratamiento f1d1 con una relación Beneficio/Costo de 1.53. El tratamiento f3d3 (Microorganismos Benéficos 270 ml), posee la menor relación Beneficio/Costo de 0.86. Cabe señalar que a pesar de que el tratamiento testigo presentó una buena relación Beneficio/Costo de 1.40 pero desde el punto de vista químico no es la mejor.

**Cuadro 26.** Relación Carbono/Nitrógeno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Significado	Relación C/N
f1d1	Compost treet 48 g	12/1
f2d1	PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m <sup>2</sup>	12/1
f1d3	Compost treet 144 g	12/1
f1d2	Compost treet 96 g	12/1
f2d3	PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m <sup>2</sup>	11/1
f2d2	PE Compost 15 g en 10 litros de agua x m <sup>2</sup>	11/1
f3d1	Microorganismos Benéficos 90 ml	11/1
f3d2	Microorganismos Benéficos 180 ml	11/1
f3d3	Microorganismos Benéficos 270 ml	10/1
t	Testigo absoluto	1/1



**Gráfico 29.** Relación Carbono/Nitrógeno de los tratamientos en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

**Cuadro 27.** Análisis Financiero de los tratamientos en estudio, en la evaluación de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Significado	Producción (kg)	Precio 1 kg	Beneficio bruto (USD)	Costo total (USD)	Relación B/C
f1d1	Compost treet 48 g	1105.71	0.20	221.14	144.37	1.53
f1d2	Compost treet 96 g	1093.41	0.20	218.68	151.09	1.45
f1d3	Compost treet 144 g	1148.08	0.20	229.62	157.81	1.46
f2d1	PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	1223.64	0.20	244.73	144.65	1.69
f2d2	PE Compost 15 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	1144.05	0.20	228.81	159.65	1.43
f2d3	PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m <sup>3</sup>	1179.09	0.20	235.82	171.65	1.37
f3d1	Microorganismos Benéficos 90 ml	1121.18	0.20	224.24	176.45	1.27
f3d2	Microorganismos Benéficos 180 ml	1184.55	0.20	236.91	228.72	1.04
f3d3	Microorganismos Benéficos 270 ml	1190.91	0.20	238.18	278.25	0.86
t	Testigo Absoluto	907.08	0.20	181.42	129.65	1.40

Fecha de análisis: 19 Abril 2009

#### 4.13. Prueba de Eficacia

Para validar la calidad del compost producido, se realizó la prueba de eficiencia con los tres mejores tratamientos, incluyendo el testigo en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl).

Después del proceso de compostaje se determinó que los tratamientos con las mejores características nutritivas (porcentaje de nutrientes NPK, cantidad de materia orgánica estable, porcentaje de Carbono); fueron los siguientes:

En el Cuadro 28, se presentan los resultados obtenidos para las variables en estudio.

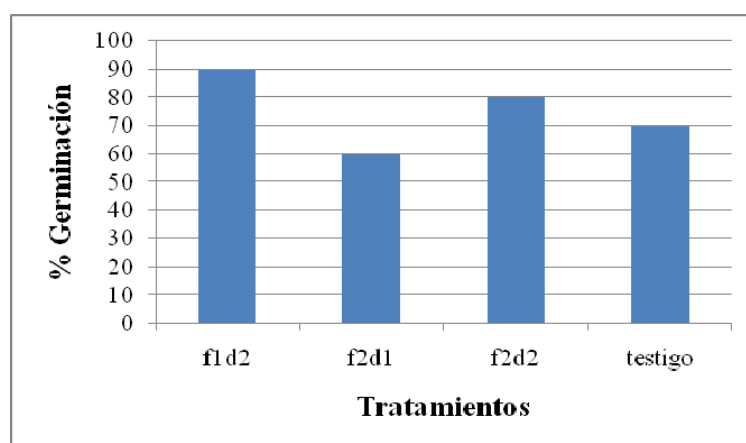
**Cuadro 28.** Variables para la validación de calidad de compost con los mejores tratamientos en el cultivo de Lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl). Tabacundo, Pichincha. 2009.

Tratamiento	Germinación %	Altura cm	Peso radicular		Peso follaje	
			MV g	MS g	MV g	MS g
f1d2	85	9.37	1.97	0.55	11.37	1.00
f2d1	60	9.14	1.27	0.41	9.20	0.67
f2d2	80	8.47	1.57	0.50	8.06	0.99
Testigo	70	8.35	1.50	0.49	7.45	0.61

#### 4.13.1. Porcentaje de Germinación.

En el Cuadro 28 y Gráfico 30, se observa que el mayor porcentaje de germinación posee el tratamiento f1d2 (Compost treet 96 g) con 85%, el menor porcentaje corresponde el tratamiento f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 60% de germinación. Lo que refleja la riqueza nutritiva de los tratamientos.

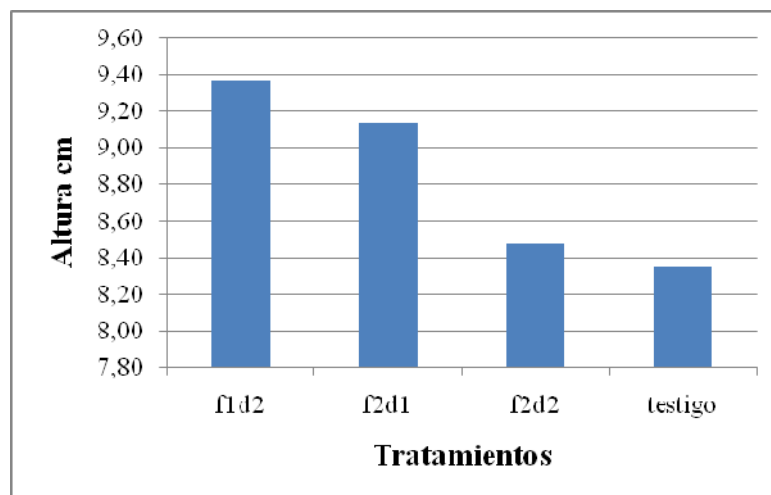
Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Quishpe (31), quien indica que, el compost ejerce una influencia directa sobre la germinación de semillas de lechuga, posiblemente por el aumento de temperatura que existe cuando se adiciona agua ya que todavía existe un proceso de descomposición lento de la materia orgánica que favorece a la germinación de plántulas.



**Gráfico 30.** Porcentaje de Germinación para la validación de calidad de compost en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl). Tabacundo, Pichincha. 2009.

#### 4.13.2. Altura.

En el Cuadro 28 y Gráfico 31, se observa que el tratamiento que presenta la mejor altura para transplante es f1d2 (Compost treet 96 g) con un promedio de 9.37 cm; mientras que, el testigo presenta la menor altura con 8.35 cm.



**Gráfico 31.** Altura al transplante para la validación de calidad de compost en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl). Tabacundo, Pichincha. 2009.

#### 4.12.4. Peso radicular

En el Cuadro 28, se presentan los resultados obtenidos para peso radicular, determinándose que el tratamiento f1d2 (Compost treet 96 g) tiene la mejor respuesta, con un promedio de 1.97 gramos; mientras que, el menor porcentaje corresponde el tratamiento f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con un promedio de 1.27 gramos. La planta obtuvo una mayor asimilación de nutrientes por lo que permitió un mayor desarrollo de la base radicular.

#### 4.12.3. Peso del follaje fresco

En el Cuadro 28, se observa que el mayor peso del follaje fresco corresponde al tratamiento f1d2 (Compost treet 96 g) tiene la mejor respuesta, con un promedio de 11.37 gramos; mientras que, el menor porcentaje corresponde el tratamiento Testigo con un promedio de 7.45 gramos.

En base a estos resultados se determina que los tratamientos de compost inoculados con microorganismos, poseen un mayor porcentaje de materia seca, lo que puede atribuirse a un mayor grado de asimilación de nutrientes provenientes de la materia orgánica compostado en relación al testigo absoluto.

## 5. CONCLUSIONES

**5.1.** La Fuente de Microorganismos que permitió la mejor descomposición de los desechos orgánicos fue f1 (Compost treet), presentando los mejores resultados en las siguientes variables: Temperatura a diferentes semanas: semana 1 (57.16°C), semana 5 (36.33°C), semana 9 (22.66°C); pH (8.51), humedad (68.63%), Tiempo de descomposición (72.33 días) y grado de conversión (81.21% M.S.), así como también presentó los mas altos valores de Macronutrientes y materia orgánica.

**5.2.** La mejor dosis de aplicación de los Microorganismos para la elaboración de compost fue la dosis alta d3 (Más el 50% de la dosis recomendada), pues presentó los mejores resultados en las siguientes variables: Temperatura semana 1 (53.39°C), semana 5 (34.44°C), semana 9 (20.75°C), pH (8.51) y se obtuvo en un tiempo de 71.42 días. En cuanto a los análisis químicos, la d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada) fue la mejor.

**5.3.** La mejor interacción fue f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>), la cual presentó los mejores resultados referentes al proceso, como también presentó los mejores resultados una mayor cantidad de elementos nutrimentales y una mejor relación B/C de 1.69.

**5.4.** En la prueba de eficacia, realizado en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl), se observó que la interacción f1d2 (Compost treet 96 g) presentó el mayor porcentaje de germinación con 85%, además presentó la mejor altura de plántula con 9.37 cm al transplante, el mayor peso radicular con 1.97 gramos y el mayor peso del follaje fresco con 11.37 gramos.

**5.5.** Desde el punto de vista económico la mejor relación Beneficio/Costo, se obtuvo con la interacción f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) que alcanzó una relación B/C de 1.69; es decir que, por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de sesenta y nueve centavos.

## **6. RECOMENDACIONES**

**6.1.** En las condiciones agroecológicas de Tabacundo, Pichincha y sectores con las condiciones agroecológicas similares, implementar el tratamiento f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup> de material a descomponerse), realizando las aplicaciones cada 15 días al momento del volteo de la compostera.

## 7. RESUMEN

Actualmente, se están buscando nuevos productos en la agricultura, que sean totalmente naturales. Existen incluso empresas que están buscando en distintos ecosistemas naturales de todas las partes del mundo, sobre todo tropicales, distintas plantas, extractos de algas, etc., que desarrollan en las diferentes plantas, distintos sistemas que les permiten crecer y protegerse de enfermedades y plagas. La inoculación de la pila de compostaje con microorganismos, tiene el objetivo de disminuir el tiempo de elaboración del abono orgánico, obtener un material microbiológico y nutricionalmente mejorado. El objetivo general de la investigación fue estudiar el efecto de tres fuentes de microorganismos inoculados a tres dosis sobre una mezcla de desechos florícolas y estiércol vacuno para la obtención de compost; en tanto que, los objetivos específicos fueron: Determinar la fuente de microorganismos que permita una mejor descomposición de los desechos orgánicos para la obtención de compost, determinar la dosis más eficiente para la descomposición de desechos orgánicos para la obtención de compost, determinar si hay interacción entre los tratamientos en estudio y realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

Esta investigación se realizó en la Finca “MIFLOR”, ubicada en la provincia de Pichincha, cantón Pedro Moncayo, parroquia Tupigachi a 2900 msnm, con una temperatura promedio anual de 12.0 °C y una precipitación promedio anual de 489.1 mm/ año.

Los factores en estudio fueron Fuentes de microorganismos y Dosis de microorganismos, se implementó un Diseño de Bloques al Azar, con un factorial  $3 \times 3 + 1$  con cuatro repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una compostera de  $1.20 \times 1.20 \times 1.00 \text{ m} = 1.44 \text{ m}^3$ .

Las variables que se evaluaron para la obtención del compost fueron las siguientes: Determinación de temperatura, pH, humedad, tiempo de descomposición, grado de conversión en términos de materia seca, determinación de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Materia Orgánica, Carbono, Relación Carbono/Nitrógeno. Para la prueba de eficiencia en el cultivo de lechuga se evaluaron las siguientes variables: Porcentaje de germinación, Altura de plántula, Porcentaje de Materia seca y Peso radicular.

Previo a la elaboración de las composteras se procedió a delimitar el área del ensayo, limpiando y nivelando la superficie en donde se realizó la investigación. Posteriormente los desechos florícolas fueron transportados al lugar de la investigación, luego se realizó el picado; obteniéndose residuos de alrededor de 2 cm. El estiércol fue recolectado en el establo al sitio de compostaje. Las composteras se elaboraron según el método Indore, repitiendo sucesivamente las capas de materiales hasta completar un metro de altura.



Las composteras fueron volteadas cada 15 días, realizando conjuntamente una reinoculación de las fuentes de microorganismos hasta cuando los materiales se desintegraron totalmente. Las composteras se regaron periódicamente hasta llegar al 50-60% de humedad. La medición de la temperatura se realizó cada día, efectuando las mediciones en el centro de la compostera para una mejor apreciación.

Cuando se completó el proceso de descomposición se tamizó el compost y se procedió a colocarlo dentro de sacos de 45 kg. y se realizaron muestreos de cada tratamiento para la determinación de Macronutrientes y de Humedad, los análisis se realizaron en el laboratorio de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD), con los tres mejores tratamientos y el testigo, se realizó el ensayo en el cultivo de lechuga de la variedad Green Salad Bowl, para lo cual se procedió a sembrar en bandejas. Una vez que se registró el porcentaje de germinación de cada tratamiento, se realizó el raleo de las plántulas, dejando una sola planta por celda. Posteriormente se seleccionaron diez plántulas al azar para realizar la toma de datos de las variables en estudio.

Los principales resultados fueron:

En la variable temperatura en las diferentes semanas se observó:

- Para la **semana 1**, en fuentes de microorganismos, f1 (Compost treet) se ubicó en el primer lugar con un promedio de 57.16°C; en tanto que, f3 (Microorganismos Benéficos) se ubicó en el último lugar con un promedio de 56.68°C. Para Dosis, detecta dos rangos de significación estadística, encabeza el primer rango la d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada), con 60.08°C; mientras que, en el segundo rango se ubicó la d3 (Mas del 50% de la dosis recomendada) con 53.39°C. El promedio general fue de 56.36°C y el coeficiente de variación de 6.01%.
- En la **semana 5**, en fuentes de microorganismos, identifica dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango f1 (Compost treet), con 36.33°C; mientras que, en el segundo rango se ubicó f3 (Microorganismos Benéficos), con 31.17°C. Para Dosis, se ubicó en el primer lugar la d3 (Mas del 50% de la dosis recomendada), con 34.44°C; mientras que, en último lugar se ubicó la d2 (Recomendada) con 32.12°C. El promedio general fue de 32.49°C y el coeficiente de variación de 11.09%.
- En la **semana 9**, en fuentes de microorganismos, se identificó un rango de significación estadística, ubicándose en el primer lugar f1 (Compost treet), con 22.66°C; mientras que, en último lugar se ubicó f2 (PE Compost), con 22.14°C. Para Dosis, detecta dos rangos de significación estadística, encabeza el primer rango la d2 (Recomendada), con 23.32°C; mientras que, en el segundo rango se ubicó la d3 (Mas del 50% de la dosis recomendada) con 20.75°C. El promedio general fue de 22.35°C y el coeficiente de variación de 2.40%.

En la variable potencial hidrógeno (pH) para fuentes de microorganismos, detecta dos rangos de significación estadística, encabeza el primer rango f2 (PE Compost), con un pH de 8.25; mientras que, en el segundo rango se ubicó f3 (Microorganismos Benéficos), con un pH de 8.56. Para Dosis, detecta dos rangos de significación estadística, ubicándose en el primer rango la d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada), con un pH de 8.28; mientras que, en el segundo rango se ubicó la d2 (Recomendada), con un pH de 8.53. El promedio general fue de 8.44 y el coeficiente de variación de 1.25%.

En la variable Humedad para fuentes de microorganismos, detecta dos rangos de significación estadística, encabeza en el primer rango f1 (Compost treet), con 68.63%; mientras que, en el segundo rango se ubicó f3 (Microorganismos Benéficos), con 76.11%. Para Dosis, detecta dos rangos de significación estadística, encabeza el primer rango la d2 (Recomendada), con 67.05%; mientras que, en el segundo rango se ubicó la d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada), con 81.42%. El promedio general fue de 72.00% y el coeficiente de variación de 8.02%.

En la variable Tiempo de descomposición para fuentes de microorganismos, se observa que la mejor respuesta presenta f3 (Microorganismos Benéficos), con 71.92 días; mientras que, en último lugar se ubicó f2 (PE Compost), con 72.67 días. Para Dosis, se observa que la mejor respuesta presenta d3 (Mas del 50% de la dosis recomendada), con 71.42 días; mientras que, en último lugar se ubicó la d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada), con 72.83 días. El promedio general fue de 72.28 días y el coeficiente de variación de 2.89%.

En la variable Grado de conversión para fuentes de microorganismos, detecta dos rangos de significación estadística, encabeza el primer rango f3 (Microorganismos Benéficos), con 82.04%; mientras que, en el segundo rango se ubicó f2 (PE Compost), con 78.20%. Para Dosis, detecta dos rangos de significación estadística, encabeza el primer rango la d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada), con 83.11%; mientras que, en el segundo rango se ubicó la d2 (Recomendada), con 77.08%. El promedio general fue de 80.62% y el coeficiente de variación de 3.02%.

En la variable Nitrógeno Total, se observa que el tratamiento con el mayor porcentaje es f2d3 (PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 3.24%; mientras que, el tratamiento con el menor porcentaje es f3d3 (Microorganismos Benéficos 270 ml) con 2.77%. El promedio general de esta variable fue de 3.03% de Nitrógeno.

En la variable Fósforo, se observa que el tratamiento con el más alto contenido es el testigo con 125.60; mientras que, el tratamiento con el menor contenido es f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 9.40. El promedio general de esta variable fue de 38.81 de Fósforo.

En la variable Potasio, se observa que el tratamiento con el más alto contenido es f2d3 (PE Compost 22.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 42.19; mientras que, el

tratamiento con el menor contenido es f1d3 con 31.96. El promedio general de esta variable fue de 37.85 de Potasio.

En la variable Materia Orgánica, se observa que el tratamiento con el más alto porcentaje es f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 68.40%; mientras que, el tratamiento con el menor porcentaje es el testigo con 5.55%. El promedio general de esta variable fue de 54.95% de Materia Orgánica.

En la variable Carbono, se observa que el tratamiento con el más alto porcentaje es f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con 39.70%; mientras que, el tratamiento con el menor porcentaje es el testigo con 3.22%. El promedio general de esta variable fue de 31.87% de Carbono.

En la variable Relación C/N, se observa que el tratamiento con el más alto porcentaje es f1d1 (Compost treet 48g) con 12:1; mientras que, el tratamiento con el menor porcentaje es el testigo con 1:1. El promedio general de esta variable fue de 10:1.

Para el análisis financiero se determinó la **Relación Beneficio/Costo** para obtener una tonelada métrica de compost. Se observó que los mejores tratamientos son f2d1 y f1d1, destacándose el tratamiento f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) con una relación Beneficio/Costo de 1.55; es decir que por cada dólar invertido, la ganancia es de cincuenta y cinco centavos. La menor relación Beneficio/Costo presentó el tratamiento f3d3 (Microorganismos Benéficos 270 ml), con 0.78.

Al realizar la prueba de eficiencia para validar la calidad del compost obtenido en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl) se determinó que:

- El mayor porcentaje de germinación pertenece al tratamiento f1d2 con 85%, el tratamiento f2d1 obtuvo la menor respuesta, con 60%.
- Para altura de plántula se determinó que la mejor respuesta presentó el tratamiento f1d2, con 9.37 cm al transplante; mientras que, el testigo presentó la menor altura con 8.35 cm.
- Para peso radicular se determinó que el tratamiento f1d2 obtuvo la mejor respuesta, con 1.97 gramos; mientras que, el tratamiento f2d1, presentó el menor peso con 1.27 gramos.
- Para peso del follaje se determinó que el tratamiento f1d2 presentó el mejor promedio con 11.37 gramos; mientras que, el tratamiento testigo obtuvo el menor promedio con 7.45 gramos.

Las principales conclusiones fueron:

- La Fuente de Microorganismos que permitió la mejor descomposición de los desechos orgánicos fue f1 (Compost treet), presentando los siguientes resultados: Temperatura a diferentes semanas: semana 1 (57.16°C), semana 5 (36.33°C), semana 9 (22.66°C); pH (8.51), humedad (68.63%), Tiempo de descomposición (72.33 días) y grado de conversión (81.21% M.S.), así como

también presentó los mas altos valores de Macronutrientes y materia orgánica.

- La mejor dosis de aplicación de los Microorganismos para la elaboración de compost fue la dosis alta d3 (Más el 50% de la dosis recomendada), pues presentó los mejores resultados en las siguientes variables: Temperatura semana 1 (53.39°C), semana 5 (34.44°C), semana 9 (20.75°C), pH (8.51) y se obtuvo en un tiempo de 71.42 días. En cuanto a los análisis químicos, la d1 (Menos del 50% de la dosis recomendada) fue la mejor.
- La mejor interacción fue f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>), la cual presentó los mejores resultados referentes al proceso, como también presentó los mejores resultados una mayor cantidad de elementos nutritivos y una mejor relación B/C de 1.69.
- En la prueba de eficacia, realizado en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. Green Salad Bowl), se observó que la interacción f1d2 (Compost treet 96 g) presentó: mayor porcentaje de germinación con 85%, la mejor altura de plántula con 9.37 cm al transplante, el mayor peso radicular con 1.97 gramos y el mayor peso del follaje fresco con 11.37 gramos.
- Desde el punto de vista económico la mejor relación Beneficio/Costo, se obtuvo con la interacción f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup>) que alcanzó una relación B/C de 1.69.

La recomendación a la que se llegó fue:

En las condiciones agroecológicas de Tabacundo, Pichincha y sectores con las condiciones agroecológicas similares, implementar el tratamiento f2d1 (PE Compost 7.5 g en 10 litros de agua x m<sup>3</sup> de material a descomponerse), realizando las aplicaciones cada 15 días al momento del volteo de la compostera.

Palabras claves: abono, composteras, bacterias, fertilización, estiércol.

## SUMMARY

At the moment, new products are looking for in the agriculture that you/they are completely natural. They even exist mainly companies that are looking for in different natural ecosystems of all the parts of the world, tropical, different plants, extracts of algae, etc. that develop in the different plants, different systems that allow them to grow and to be protected of illnesses and plagues. The inoculation of the compost pile with microorganisms, has the objective of diminishing the time of elaboration of the organic payment, to obtain a material microbiologic and nutritionally improved. The general objective of the investigation was to study the effect of three sources of microorganisms inoculated to three dose on a mixture of waste flowers and bovine manure for the compost obtaining; as long as, the specific objectives were: to Determine the source of microorganisms that allows a better decomposition of the organic waste for the compost obtaining, to determine the most efficient dose for the decomposition of organic waste for the compost obtaining, to determine if there is interaction among the treatments in study and to carry out the economic analysis of the treatments in study.

This investigation was carried out in the Property “MIFLOR”, located in the county of Pichincha, canton Pedro Moncayo, parish Tupigachi to 2900 msnm, with a temperature averages yearly of 12.0 °C and a precipitation I average yearly of 489.1 mm / year.

The factors in study were Sources of microorganisms and Dose of microorganisms, a Design of Blocks was implemented at random, with a factorial  $3 \times 3 + 1$  with four repetitions for treatment. The experimental unit was a compostera of  $1.20 \times 1.20 \times 1.00 \text{ m} = 1.44 \text{ m}^3$ .

The variables that were evaluated for the obtaining of the compost were the following ones: Determination of temperature, pH, humidity, time of decomposition, conversion degree in terms of dry matter, determination of Nitrogen, Match, Potassium, Organic Matter, Carbon, Relationship Carbon/Nitrogen. For the test of efficiency in the lettuce cultivation the following variables were evaluated: germination Percentage, plantlet Height, Percentage of dry Matter, and I Weigh ridiculer.

Previous to the elaboration of the composteras you proceeded to define the area of the rehearsal, cleaning and evening the surface where was carried out the investigation. Later on the waste flowers were transported to the place of the investigation, then he/she was carried out the dive; being obtained residuals of around 2 cm. The manure was gathered in the stable to the compost place. The composteras was elaborated according to the method Indore, repeating the layers of materials successively until completing a meter high.

The composteras was turned every 15 days, carrying out a reinoculación of the sources of microorganisms jointly until when the materials disintegrated totally. The composteras was watered periodically until arriving to 50-60% of humidity. The mensuration of the temperature was carried out every day, making the mensurations in the center of the compostera for a better appreciation.

When the process of decomposition was completed the compost it was sifted and you proceeded to place it inside sacks of 45 kg., and they were carried out samplings of each treatment for the determination of Macronutrientes and of Humidity, the analyses were carried out in the laboratory of the Ecuadorian Agency of Insurance of the Quality of the Agriculture (AGROCALIDAD), with the three better treatments and the witness, he/she was carried out the rehearsal in the cultivation of lettuce of the variety Green you Salt Bowl, for that which you proceeded to sow in trays. Once he/she registered the percentage of germination of each treatment, he/she was carried out the rile of the plant, leaving a single plant for cell. Later on ten plantlets was selected at random to carry out the taking of data of the variables in study.

The main results were:

In the variable temperature in the different weeks was observed:

- For the week 1, in sources of microorganisms, f1 (Compost treet) it was located in the first place with an average of 57.16°C; as long as, f3 (Beneficent Microorganisms) it was located in the last place with an average of 56.68°C. For Dose, it detects two ranges of statistical significance, it heads the first range the d1 (less than 50% of the recommended dose), with 60.08°C; while, in the second range the d3 was located (But of 50% of the recommended dose) with 53.39°C. The general average was of 56.36°C and the coefficient of variation of 6.01%.
- In the week 5, in sources of microorganisms, it identifies two ranges of statistical significance, being located in the first range f1 (Compost treet), with 36.33°C; while, in the second range f3 was located (Beneficent Microorganisms), with 31.17°C. For Dose, it was located in the first place the d3 (But of 50% of the recommended dose), with 34.44°C; while, in I finish place the d2 it was located (Recommended) with 32.12°C. The general average was of 32.49°C and the coefficient of variation of 11.09%.
- In the week 9, in sources of microorganisms, a range of statistical significance was identified, being located in the first place f1 (Compost treet), with 22.66°C; while, in I finish place f2 it was located (PE Compost), with 22.14°C. For Dose, it detects two ranges of statistical significance, it heads the first range the d2 (Recommended), with 23.32°C; while, in the second range the d3 was located (But of 50% of the recommended dose) with 20.75°C. The general average was of 22.35°C and the coefficient of variation of 2.40%.

In the variable potential hydrogen (pH) for sources of microorganisms, it detects two ranges of statistical significance, it heads the first range f2 (PE Compost), with a pH of 8.25; while, in the second range f3 was located (Beneficent Microorganisms), with a pH of 8.56. For Dose, it detects two ranges of statistical significance, being located in the first range the d1 (less than 50% of the recommended dose), with a pH of 8.28; while, in the second range the d2 was located (Recommended), with a pH of 8.53. The general average was of 8.44 and the coefficient of variation of 1.25%.

In the variable Humidity for sources of microorganisms, it detects two ranges of statistical significance, it heads in the first range f1 (Compost treet), with 68.63%; while, in the second range f3 was located (Beneficent Microorganisms), with 76.11%. For Dose, it detects two ranges of statistical significance, it heads the first range the d2 (Recommended), with 67.05%; while, in the second range the d1 was located (less than 50% of the recommended dose), with 81.42%. The general average was of 72.00% and the coefficient of variation of 8.02%.

In the variable Time of decomposition for sources of microorganisms, it is observed that the best answer presents f3 (Beneficent Microorganisms), with 71.92 days; while, in I finish place f2 it was located (PE Compost), with 72.67 days. For Dose, it is observed that the best answer presents d3 (But of 50% of the recommended dose), with 71.42 days; while, in I finish place the d1 it was located (less than 50% of the recommended dose), with 72.83 days. The general average was of 72.28 days and the coefficient of variation of 2.89%.

In the variable conversion Degree for sources of microorganisms, it detects two ranges of statistical significance, it heads the first range f3 (Beneficent Microorganisms), with 82.04%; while, in the second range f2 was located (PE Compost), with 78.20%. For Dose, it detects two ranges of statistical significance, it heads the first range the d1 (less than 50% of the recommended dose), with 83.11%; while, in the second range the d2 was located (Recommended), with 77.08%. The general average was of 80.62% and the coefficient of variation of 3.02%.

In the variable Total Nitrogen, it is observed that the treatment with the biggest percentage is f2d3 (PE Compost 22.5 g in 10 liters of water x m3) with 3.24%, while, the treatment with the smallest percentage is f3d3 (Microorganisms Beneficent 270 ml) with 2.77%. The general average of this variable was of 3.03% of Nitrogen.

In the variable Match, it is observed that the treatment with the highest content is the witness with 125.60, while, the treatment with the smallest content is f2d1 (PE Compost 7.5 g in 10 liters of water x m3) with 9.40. The general average of this variable was of 38.81 of Match.

In the variable Potassium, it is observed that the treatment with the highest content is f2d3 (PE Compost 22.5 g in 10 liters of water x m3) with 42.19, while, the

treatment with the smallest content is f1d3 with 31.96. The general average of this variable was of 37.85 of Potassium.

In the variable Organic Matter, it is observed that the treatment with the highest percentage is f2d1 (PE Compost 7.5 g in 10 liters of water x m<sup>3</sup>) with 68.40%, while, the treatment with the smallest percentage is the witness with 5.55%. The general average of this variable was of 54.95% of Organic Matter.

In the variable Carbon, it is observed that the treatment with the highest percentage is f2d1 (PE Compost 7.5 g in 10 liters of water x m<sup>3</sup>) with 39.70%, while, the treatment with the smallest percentage is the witness with 3.22%. The general average of this variable was of 31.87% of Carbon.

In the variable Relationship C/N, is observed that the treatment with the highest percentage is f1d1 (Compost treet 48g) with 12:1, while, the treatment with the smallest percentage is the witness with 1:1. The general average of this variable was of 10:1.

For the financial analysis the Relationship Benefice/Cost was determined to obtain a metric ton of compost. One observes that the best treatments are f2d1 and f1d1, standing out the treatment f2d1 (PE Compost 7.5 g in 10 liters of water x m<sup>3</sup>) with a relationship Benefice/Cost 1.55; that is to say that for each invested dollar, the gain is of fifty five cents. The smallest relationship Benefice/Cost presented the treatment f3d3 (Microorganisms Beneficent 270 ml), with 0.78.

When carrying out the test of efficiency to validate the quality of the compost obtained in the lettuce cultivation (*Lactuca sativa* var. Green Salts Bowl) it was determined that:

- The biggest germination percentage belongs to the treatment f1d2 with 85%, the treatment f2d1 obtained the smallest answer, with 60%.
- For plantlets height it was determined that the best answer presented the treatment f1d2, with an average of 9.37 cm to the transplante; while, the witness presented the smallest height with 8.35 cm.
- For weight ridiculer it was determined that the treatment f1d2 obtained the best answer, with 1.97 grams; while, the treatment f2d1, presented the smallest weight they with 1.27 grams.
- For weight of the foliage it was determined that the treatment f1d2 presented the best average with 11.37 grams, while, the treatment witness obtained the smallest average with 7.45 grams.

The main conclusions were:

- The Source of Microorganisms that allowed the best decomposition in the organic waste was f1 (Compost treet), presenting the following results: Temperature to different weeks: week 1 (57.16°C), week 5 (36.33°C), week 9 (22.66°C); pH (8.51), humidity (68.63%), Time of decomposition (72.33



days), and conversion degree (81.21% M.S.), as well as it presented those but high values of Macronutrientes and organic matter.

- The best dose in application of the Microorganisms for the compost elaboration was the dose high d3 (More 50% of the recommended dose), because it presented the best results in the following variables: Temperature week 1 (53.39°C), week 5 (34.44°C), week 9 (20.75°C), pH (8.51), and it was obtained at one time of 71.42 days. As for the chemical analyses the d1 (less than 50% of the recommended dose), it was the most predominant.
- The best interaction was f2d1 (PE Compost 7.5 g in 10 liters of water x m3), which presented the best relating results to the process, as well as it presented the best results a bigger quantity of elements nutrimento and a better relationship B/C 1.69.
- In the test of effectiveness, carried out in the lettuce cultivation (*Lactuca sativa* var. Green Salts Bowl), it was observed that the interaction f1d2 (Compost treet 96 g) I present the biggest germination percentage with 85%, it also presented the best plantlet height with an average of 9.37 cm to the transplante, the biggest weight ridiculer with an average 1.97 grams and the biggest weight in the fresh foliage with an average 11.37 grams.
- From the economic point of view the best relationship Benefice/Cost, was obtained with the interaction f2d1 (PE Compost 7.5 g in 10 liters of water x m3) that reached a relationship B/C 1.69.

The recommendation to which you arrived was:

In the conditions agroecological of Tabacundo, Pichincha and sectors with the conditions similar agroecological, to implement the treatment f2d1 (PE Compost 7.5 g in 10 liters of water x material m3 to break down), carrying out the applications every 15 days to the moment of the I turn of the compostera.

Key words: I pay, composteras, bacterias, fertilization, manure.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. ARA (Agricultura Revista Agropecuaria, ES). 1995. El Compost. El fertilizante orgánico del futuro. España, ES. Tirmadrid. v. 64. 768 p.
2. ASES, S. 2008. Evaluación de cuatro mezclas organominerales y tres dosis de microorganismos eficientes en la elaboración de compost. Guachalá, Cayambe, Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 48 – 78.
3. AVENDAÑO, D. 2003. El proceso de Compostaje. Chile, CH. Consultado 16 ene. 2009. Disponible en <http://www.dictionary.com/cgi-bin/dict..term>
4. AYMARA, P. 1998. Evaluación de tres tipos de aboneras y dos tipos de preparación del suelo en la rehabilitación de suelos volcánicos endurecidos, Tumbaco – Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas p. 16 – 25.
5. BEAR, E. 1958. Suelos y fertilizantes. Trad. por Jorge Bazal. Barcelona, ES. Ediciones Omega. p. 211-243.
6. BIOCPOSTAJE DE RESIDUOS AGRÍCOLAS. 2007. Producción de Biocompost a partir de residuos agrícolas. Consultado 10 feb. 2009. Disponible en <http://www.solbio.com/Soluciones.asp?seccion=Biocompostaje%20de%20residuos%20agricolas>
7. BRIONES, N. 1993. Estudio de tres niveles de compost en comparación con el abono de gallina en un policultivo de hortalizas. Tumbaco-Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p.10-31.
8. CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). 2002. Compostificación de residuos de mercado. Consultado 6 mar. 2009. Disponible en <http://www.cepis.org.pe/eswww/fulltext/c...i/compost13.html>.
9. CLARK, P. s.f. Compost: La preparación y uso de abonos orgánicos. Quito, EC. Fundación Natura. p. 1-13.
10. CLAVERO, A. 1989. La fertilización orgánica y el compostaje. Barcelona, ES. Editorial Vida Sana. p. 3-8, 22-35.

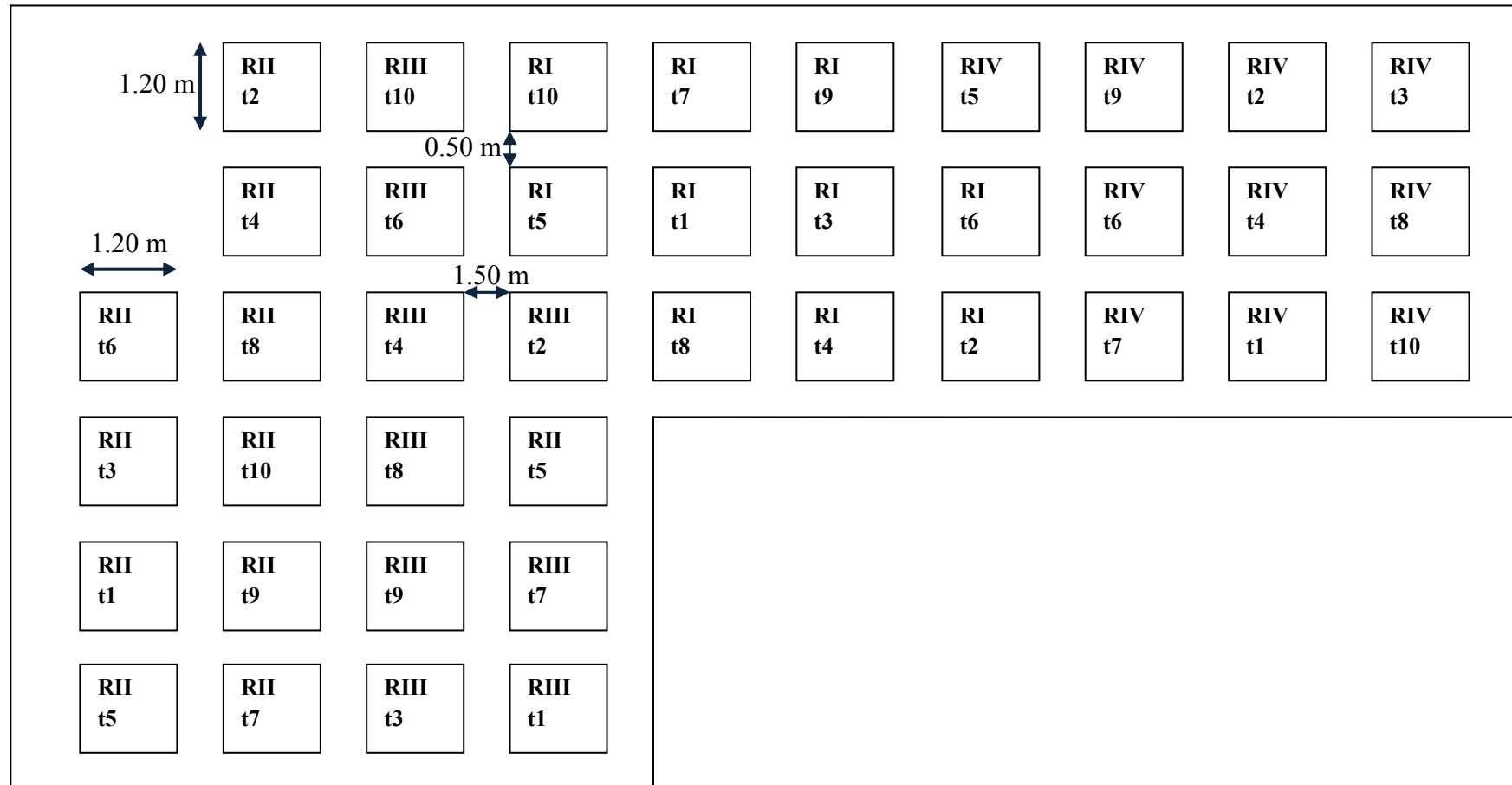
11. COMPOSTAJE DOMÉSTICO. 2002. Abonos. El Compostaje. Consultado 10 feb. 2009. Disponible en <http://www.emison.com/124.htm>.
12. CORREA, M. 2005. Compostaje con Microorganismos Eficaces. Consultado 6 mar. 2009. Disponible en [www.tuobra.unam/public/.html](http://www.tuobra.unam/public/.html).
13. COYNE, M. 2000. Microbiología del suelo: Un enfoque explorativo. Madrid. Editorial Paraninfo. p. 92 – 99; p. 286 – 299; p. 362 – 367.
14. EL AGRÓNOMO. 2007. Agricultura orgánica posible elaboración de abono orgánico tipo compost. Consultado 6 mar. 2009 Disponible en <http://www.blogger.com/>
15. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS. 2006. Índice de madurez. Consultado 10 feb. 2009. Disponible en [http://www.3.uva.es/cc\\_agrof/eq5Comp.4.doc](http://www.3.uva.es/cc_agrof/eq5Comp.4.doc).
16. EXPOFLORES. 2004. La floricultura ecuatoriana pioneros de la floricultura. Consultado 20 junio. 2008. Disponible en [http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/perfiles\\_productos/floricultura.pdf](http://www.sica.gov.ec/agronegocios/biblioteca/ing%20rizzo/perfiles_productos/floricultura.pdf)
17. FUNDASES, 2005. Factores importantes en el proceso de compostaje. Consultado 16 ene. 2009. Disponible en <http://www.fundases.com/p/ft-compostaje03.html>.
18. GALLO, M. 2004. Influencia del tipo de estiércol en el proceso de compostaje. Mulalillo-Cotopaxi. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 64 p.
19. GRANJA INTEGRAL AUTOSUFICIENTE. 1995. Agua, Suelos, Abonos y Lombrices. 3ed. Colombia, CO. Disbloque. p. 172.
20. HASSEN, A.; CARLSON, N.; WARD, B. 2001. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. Estados Unidos, US. Biores. p. 217-225.
21. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2005. Composteras, construcción de una compostera. Consultado 20 abr. 2009. Disponible en [http://www.iica.int.ni/Estudios\\_PDF/Composteras.pdf](http://www.iica.int.ni/Estudios_PDF/Composteras.pdf)
22. INFOAGRO. 2007. El proceso de compostaje. Consultado 6 mar. 2009. Disponible en <http://www.infoagro.com/abonos/compostaje.asp>.
23. INVESTIGACIÓN SOBRE USOS AGRÍCOLAS DE LA LANA. COMPOSTAJE. 2005. Consultado 20 abr. 2009. Disponible en [http://www.cdrtcampos\\_es-lanatural-images-compost1.jpg.htm](http://www.cdrtcampos_es-lanatural-images-compost1.jpg.htm)

24. JIMÉNEZ, A. 2006. Evaluación de dos fuentes de microorganismos en la descomposición de residuos de rosas en el proceso de compostaje. Checa – Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 3 – 14, 20 - 33
25. LLUMIQUINGA, L. 2002. Evaluación de tres niveles de microorganismos y tres mezclas biodegradables para producir compost y su aplicación en semilleros. Mejía-Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 6 – 22,
26. MATHUR, P. 1991. Composting processes. England, IG. Elsevier Science Publishers. p.147 - 183.
27. O.P.S. (Organización Panamericana de la Salud). 1999. Manual para la elaboración de compost: Bases conceptuales y procedimientos. Consultado 20 abr. 2009. Disponible en [www.ops.org.uy/pdf/compost.pdf](http://www.ops.org.uy/pdf/compost.pdf).
28. OPAZO, M. 1991. Manual para tratamiento integral de basuras: Producción de abono orgánico compost a partir de desechos sólidos domésticos. Bogotá, CO. ENDA América Latina. 58 p.
29. PREGUNTAS Y RESPUESTAS SOBRE COMPOSTAJE. 2007. El Compost. Consultado 6 mar. 2009. Disponible en <http://www.emison.com/5115.html>
30. PROCULSA. s.f. Roca fosfórica, fertilizante natural y ecológico de efecto residual prolongado. Machala, EC. INGRAROC. Boletín Divulgativo nº 1. p.3.
31. QUISHPE, D. 2008. Evaluación de tres mezclas de desechos biodegradables inoculadas con tres dosis de microorganismos para la elaboración de compost. Cayambe – Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 38 – 61.
32. RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO. 2000. Relación C/N. Consultado 6 de mar. 2009. Disponible en <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos/verarticulos.asp?IDArticulos=433>
33. RUEDA, P. s.f. Compostaje con EM: Manual Técnico. Colombia, CO. FUNDASES. p. 1 - 9.
34. SÁNCHEZ, J. 1995. ¡No más desiertos verdes! : Una experiencia en agricultura orgánica. San José, CR. CODECE. 40 p.
35. \_\_\_\_\_, C. 2003. Abonos Orgánicos y Lombricultura. Colección Granja y Negocios. Lima – Perú: Edición Ripalme.



36. SEIFERT, A. 1988. Agricultura sin venenos o el nuevo arte de hacer compost. Estados Unidos, US. Bio. Dynamics. p. 149-165.
37. SIMPSON, K. 1986. Abonos y estiércoles. Zaragoza, ES. Editorial Acribia. p.91-119.
38. SUQUILANDA, M. 1995. Fertilización Orgánica. Manual Técnico. Quito, EC. FUNDAGRO. Ediciones UPS. p. 54-64.
39. \_\_\_\_\_, s.f. Elaboración de abonos orgánicos. El compost. Quito, EC. PROMSA. Cartilla Divulgativa n° 7. p. 1-5.
40. SZTERN, D. 1995. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Consultado 16 ene. 2009. Disponible en <http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf>
41. SZTERN, D.; PRAVIA, M. 1999. Manual para la elaboración de compost: bases conceptuales y procedimiento. El Salvador, SV. Organización Panamericana de la Salud. 69 p.
42. TERÁN, D.1998. Evaluación de cuatro niveles de bioestimulantes en tres modelos de composteras, Puéllaro - Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 105 p.
43. USO DE BACTERIAS BENÉFICAS EN COMPOSTAJE. 2007. Bacterias Benéficas en Compostaje. Consultado 20 abr. 2009. Disponible en <http://www.enziclean.com/articulos/usodebacteriasbeneficasencompostaje.html>

## 9. ANEXOS

ANEXO 1. Disposición del experimento en el campo.



**ANEXO 2.** Análisis del compost luego de la descomposición de los materiales. Tabacundo, Pichincha. 2009.

 Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuicultura y Pesca	<b>LABORATORIO DE FERTILIZANTES</b>	 Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro AGROCALIDAD
	<b>INFORME DE ANÁLISIS</b> (Vía Interoceánica Km. 14, Granja del MAG, Tumbaco – Quito Telef. 02-2372-845 Ext: 231)	

Hoja 1 de 2

Informe N° 09044

Fecha del Informe: 27/03/09

Persona o Empresa solicitante: BEATRIZ TITUAÑA

Dirección: Teléfono: 306-0507

Parroquia: Cantón: Quito

Provincia: Pichincha País: Ecuador

Fecha de Ingreso de la muestra: 16/03/09

No. de Factura: 4217 Código (s) de muestra (s): 09218 - 09227

**DATOS DE LA MUESTRA:**

**Descripción:** Se entregó al Laboratorio 10 muestras de Compost húmedas, para análisis de control de calidad de fertilizantes.

Fecha inicio análisis: 18/03/09

Fecha finalización análisis: 26/03/09

**RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CALIDAD DE FERTILIZANTES**

COD MUESTRA	NOMBRE MUESTRA	EXPRESIÓN	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	FORMULACION TEORICA
09218	T1	NT*	3.03	%	Kjedahl	---
09219	T2	NT*	3.04	%	Kjedahl	---
09220	T3	NT*	3.17	%	Kjedahl	---
09221	T4	NT*	2.95	%	Kjedahl	---
09222	T5	NT*	2.96	%	Kjedahl	---
09223	T6	NT*	3.24	%	Kjedahl	---
09224	T7	NT*	3.19	%	Kjedahl	---
09225	T8	NT*	2.94	%	Kjedahl	---
09226	T9	NT*	2.77	%	Kjedahl	---
09227	T10	NT*	2.96	%	Kjedahl	---

\* NT= Nitrógeno Total.

- Los resultados analíticos presentes en el informe corresponden exclusivamente a la muestra citada.
- Este informe puede reproducirse únicamente en su totalidad.

MC 2001-01





**INFORME DE ANALISIS**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS**

Via Interoceánica Km 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfono 2 372-844 Telefax 2 372-845



Agencia Ecuatoriana  
de Aseguramiento  
de la Calidad del Agro  
AGROCALIDAD

PICHINCHA  
PEDRO MONCAYO  
TABACUNDO.

Remitente: Srta. Beatriz Tituaña.

# de informe: 415  
Localización:

Fecha de ingreso al Laboratorio: Tumbaco, Marzo 16 de 2009.

Fecha de Informe: Marzo, 26 de 2009.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
846 1.	T1-Compost.	8.46	56.08	---	33	39.64	7.05	4.3	27.2	46.8	2.5	31.5	Orgánica.
			C%=32.53										
847 2.	Compost Tre-et (D. recmd)	8.7	66.56	---	18.5	39.64	21.75	15.23	14	47	2.2	24.5	"
			C%=38.61										

Análisis realizado por: Ing. Ediltrudis Mendoza, Ing. Ximena Navarrete, Sra. Marcia Eguez, Sra. Mariana Estéves y Sr. Jorge Guzmán

El resultado corresponde únicamente a las muestras entregadas por el cliente

Se prohíbe la reproducción parcial del informe

**INTERPRETACION DE RANGOS DE CONTENIDO (Sierra)**

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
Mat.Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
< 1.0	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	< 1	0.33	0 - 20	0 - 5	0 - 1	0 - 3	Bajo
1.0 - 2.0	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	1.0 - 3.0	0.34 - 0.66	21 - 40	6 - 15	1.1 - 4	3.1 - 6	Medio
> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3.0	> 0.66	> 40	> 15	> 4.1	> 6.1	Alto

Ediltrudis Mendoza





**INFORME DE ANALISIS**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS**

Via Interoceánica Km 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfono 2 372-844 Telefax 2 372-845



Agencia Ecuatoriana  
de Aseguramiento  
de la Calidad del Agro  
**AGROCALIDAD**

PICHINCHA  
PEDRO MONCAYO  
TABACUNDO.

# de informe: 417  
Localización:

Fecha de Informe: Marzo, 26 de 2009.

Remitente: Señorita. Beatriz Tituaña.  
Fecha de ingreso al Laboratorio: Marzo, 16 de 2009.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
848 3	Dosis+50%	8.36	63.5	---	17.5	31.96	20.55	11.53	16	48	3	39	Orgánica.
			C%=36.82										
849 4	Pe Compost (Dosis - 50%)	8.04	68.4	---	9.4	39.64	22.3	13.17	24	59.4	2.8	33.5	"
			C%=39.70										

Análisis realizado por: Ing. Ediltrudis Mendoza, Ing. Ximena Navarrete, Sra. Marcia Eguez, Sra. Mariana Estéves y Sr. Jorge Guzmán

El resultado corresponde únicamente a las muestras entregadas por el cliente  
Se prohíbe la reproducción parcial del informe

**INTERPRETACION DE RANGOS DE CONTENIDO (Sierra)**

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
Mat.Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
< 1.0	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	< 1	< 0.33	0 - 20	0 - 5	0 - 1	0 - 3	Bajo
1.0 - 2.0	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	1.0 - 3.0	0.34 - 0.66	21 - 40	6 - 15	1.1 - 4	3.1 - 6	Medio
> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3.0	> 0.66	> 41	> 16	> 4.1	> 6.1	Alto





**INFORME DE ANALISIS**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS**

Vía Interoceánica Km 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfono 2 372-844 Telefax 2 372-845



Agencia Ecuatoriana  
de Aseguramiento  
de la Calidad del Agro  
**AGROCALIDAD**

PICHINCHA  
PEDRO MONCAYO  
TABACUNDO.

Remitente: Señorita. Beatriz Tituaña.

# de informe: 419  
Localización:

Fecha de ingreso al Laboratorio: Marzo, 16 de 2009.

Fecha de Informe: Marzo, 26 de 2009.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
850	5. Pe Compost (Dosis recomendada)	8.27	66.17 38.38	---	14.2	38.36	22	13.6	16.6	62.5	2.8	36	Orgánica.
851	6. Dosis + 50% C% = 29.21	8.44	50.36	---	27	42.19	24.5	11.11	17.2	51	2.4	25	"

Análisis realizado por: Ing. Ediltrudis Mendoza, Ing. Ximena Navarrete, Sra. Marcia Eiguez, Sra. Mariana Estéves y Sr. Jorge Guzmán

El resultado corresponde únicamente a las muestras entregadas por el cliente

Se prohíbe la reproducción parcial del informe

**INTERPRETACION DE RANGOS DE CONTENIDO (Sierra)**

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
Mat.Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
< 1.0	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	< 1	< 0.33	0 - 20	0 - 5	0 - 1	0 - 3	Bajo
1.0 - 2.0	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	1.0 - 3.0	0.34 - 0.66	21 - 40	6 - 15	1.1 - 4	3.1 - 6	Medio
> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3.0	> 0.66	> 41	> 16	> 4.1	> 6.1	Alto

AGROCALIDAD  
 RECALIDAD





**INFORME DE ANALISIS**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS**

Vía Interoceánica Km 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfono 2 372-844 Telefax 2 372-845



Agencia Ecuatoriana  
de Aseguramiento  
de la Calidad del Agro  
**AGROCALIDAD**

PICHINCHA  
PEDRO MONCAYO  
TABACUNDO.

Remitente: Señorita. Beatriz Tituaña.

# de informe: 421  
Localización:

Fecha de ingreso al Laboratorio: Tumbaco, Marzo 16 de 2009.

Fecha de Informe: Marzo, 27 de 2009.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O. %	N Total %	P PPM	K cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	Fe PPM	Mn PPM	Cu PPM	Zn PPM	Clase Textural
852	7 M.E. (D-50%)	8.34	58.4 C%=33.89	-----	23.4	37.1	39.5	86	17	49	2.7	28	Orgánica.
853	8 D. Recomendada.	8.61	55.41 C%=32.14	----	20.7	37.08	8.35	3.13	16	47	3	39.5	"

Análisis realizado por: Ing. Ediltrudis Mendoza, Ing. Ximena Navarrete, Sra. Marcia Eguez, Sra. Mariana Estéves y Sr. Jorge Guzmán

El resultado corresponde únicamente a las muestras entregadas por el cliente

Se prohíbe la reproducción parcial del informe

**INTERPRETACION DE RANGOS DE CONTENIDO (Sierra)**

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
Mat.Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
< 1.0	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	< 1	< 0.33	0 - 20	0 - 5	0 - 1	0 - 3	Bajo
1.0 - 2.0	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	1.0 - 3.0	0.34 - 0.66	21 - 40	6 - 15	1.1 - 4	3.1 - 6	Medio
> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3.0	> 0.66	> 41	> 16	> 4.1	> 6.1	Alto

Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro



**INFORME DE ANALISIS**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS**

Via Interoceánica Km 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfono 2 372-844 Telefax 2 372-845



Agencia Ecuatoriana  
de Aseguramiento  
de la Calidad del Agro  
**AGROCALIDAD**

PICHINCHA  
PEDRO MONCAYO  
TABACUNDO.

# de informe: 423  
Localización:

Remitente: Señorita. Beatriz Tituaña.

Fecha de ingreso al Laboratorio: Marzo, 16 de 2009.

Fecha de Informe: Marzo, 27 de 2009.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
854	9. Dosis + 50%	8.71	59.03	----	28.8	33.24	22	12.75	16	48	2.2	25	Orgánica.
			C%=34.24										
855	10. Tstg Abslto sin tratmto	8.43	5.55	----	195.6	39.64	142	2.30	15.4	47	2.4	22	

Análisis realizado por: Ing. Ediltrudis Mendoza, Ing. Ximena Navarrete, Sra. Marcia Eguez, Sra. Mariana Estéves y Sr. Jorge Guzmán

El resultado corresponde únicamente a las muestras entregadas por el cliente

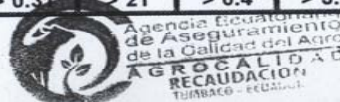
Se prohíbe la reproducción parcial del informe

**INTERPRETACION DE RANGOS DE CONTENIDO (Sierra)**

pH	
Acido	5.5
Ligeramente Acido	5.6-6.4
Practicamente Neutro	6.5-7.5
Ligeramente Alcalino	7.6-8.0
Alcalino	8.1

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
Mat.Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc	
%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
< 1.0	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	< 1	< 0.33	0 - 20	0 - 5	0 - 1	0 - 3	Bajo
1.0 - 2.0	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	1.0 - 3.0	0.34 - 0.66	21 - 40	6 - 15	1.1 - 4	3.1 - 6	Medio
> 2.0	> 0.31	> 21	> 0.4	> 3.0	> 0.66	> 41	> 16	> 4.1	> 6.1	Alto

*Beatriz Tituaña*



**ANEXO 3.** Datos de las variables para el procesamiento experimental.

**Cuadro 29.** Temperatura de la semana 1, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				$\Sigma$ TOTAL	PROMEDIO °C
	E I	E II	E III	E IV		
t 1 (f1d1)	67.70	61.50	60.50	64.50	254.20	63.55
t 2 (f1d2)	60.20	53.60	56.80	53.00	223.60	55.90
t 3 (f1d3)	46.00	55.80	55.30	51.00	208.10	52.03
t 4 (f2d1)	58.00	59.00	57.20	59.50	233.70	58.43
t 5 (f2d2)	55.50	56.00	55.00	55.30	221.80	55.45
t 6 (f2d3)	55.00	56.20	60.00	53.50	224.70	56.18
t 7 (f3d1)	63.00	53.50	63.50	53.00	233.00	58.25
t 8 (f3d2)	64.50	61.00	60.80	57.50	243.80	60.95
t 9 (f3d3)	48.70	54.50	55.70	49.00	207.90	51.98
t 10 (adicional)	56.00	50.80	53.00	44.00	203.80	50.95
<b><math>\Sigma</math> REPETICIONES</b>	<b>574.60</b>	<b>561.90</b>	<b>577.80</b>	<b>540.30</b>	<b>2254.60</b>	<b>56.36</b>

**Cuadro 30.** Temperatura de la semana 5, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				$\Sigma$ TOTAL	PROMEDIO °C
	E I	E II	E III	E IV		
t 1 (f1d1)	35.70	30.20	37.70	44.30	147.90	36.98
t 2 (f1d2)	37.50	23.20	36.80	47.70	145.20	36.30
t 3 (f1d3)	38.20	28.70	30.80	45.20	142.90	35.73
t 4 (f2d1)	38.70	22.50	26.70	43.00	130.90	32.73
t 5 (f2d2)	34.00	22.50	27.80	34.80	119.10	29.78
t 6 (f2d3)	32.00	28.00	31.00	47.70	138.70	34.68
t 7 (f3d1)	33.00	21.20	21.80	45.20	121.20	30.30
t 8 (f3d2)	25.30	23.70	30.30	41.80	121.10	30.28
t 9 (f3d3)	33.30	25.70	29.20	43.50	131.70	32.93
t 10 (adicional)	23.50	23.70	22.80	30.80	100.80	25.20
<b><math>\Sigma</math> REPETICIONES</b>	<b>331.20</b>	<b>249.40</b>	<b>294.90</b>	<b>424.00</b>	<b>1299.50</b>	<b>32.49</b>

**Cuadro 31.** Temperatura de la semana 9, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				$\Sigma$ TOTAL	PROMEDIO °C
	E I	E II	E III	E IV		
t 1 (f1d1)	22.20	21.60	21.50	22.30	87.60	21.90
t 2 (f1d2)	24.20	24.50	23.30	24.70	96.70	24.18
t 3 (f1d3)	22.80	20.50	21.50	22.80	87.60	21.90
t 4 (f2d1)	23.20	23.30	23.80	24.30	94.60	23.65
t 5 (f2d2)	21.80	22.70	21.70	22.20	88.40	22.10
t 6 (f2d3)	20.80	21.00	20.70	20.20	82.70	20.68
t 7 (f3d1)	23.20	22.80	22.70	23.80	92.50	23.13
t 8 (f3d2)	23.70	23.50	23.00	24.50	94.70	23.68
t 9 (f3d3)	19.00	19.20	20.20	20.30	78.70	19.68
t 10 (adicional)	23.20	22.30	22.20	22.80	90.50	22.63
<b><math>\Sigma</math> REPETICIONES</b>	<b>224.10</b>	<b>221.40</b>	<b>220.60</b>	<b>227.90</b>	<b>894.00</b>	<b>22.35</b>

**Cuadro 32.** Potencial Hidrógeno, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				$\Sigma$ TOTAL	PROMEDIO pH
	E I	E II	E III	E IV		
t 1 (f1d1)	8.74	8.37	8.54	8.21	33.86	8.47
t 2 (f1d2)	8.60	8.75	8.82	8.64	34.81	8.70
t 3 (f1d3)	8.42	8.50	8.23	8.30	33.45	8.36
t 4 (f2d1)	8.08	8.10	8.05	7.95	32.18	8.05
t 5 (f2d2)	8.21	8.29	8.27	8.32	33.09	8.27
t 6 (f2d3)	8.35	8.51	8.56	8.36	33.78	8.45
t 7 (f3d1)	8.44	8.27	8.32	8.34	33.37	8.34
t 8 (f3d2)	8.52	8.74	8.62	8.57	34.45	8.61
t 9 (f3d3)	8.80	8.65	8.69	8.71	34.85	8.71
t 10 (adicional)	8.42	8.45	8.39	8.47	33.73	8.43
<b><math>\Sigma</math> REPETICIONES</b>	<b>84.58</b>	<b>84.63</b>	<b>84.49</b>	<b>83.87</b>	<b>337.57</b>	<b>8.44</b>

**Cuadro 33.** Humedad, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				$\Sigma$ TOTAL	PROMEDIO %
	E I	E II	E III	E IV		
t 1 (f1d1)	62.60	73.69	59.24	65.02	260.55	65.14
t 2 (f1d2)	51.00	57.36	63.26	62.40	234.02	58.51
t 3 (f1d3)	84.08	81.90	74.37	88.59	328.94	82.24
t 4 (f2d1)	85.53	76.99	92.49	91.30	346.31	86.58
t 5 (f2d2)	80.83	81.24	85.53	92.22	339.82	84.96
t 6 (f2d3)	56.56	57.85	54.98	57.79	227.18	56.80
t 7 (f3d1)	95.31	99.90	86.65	88.32	370.18	92.55
t 8 (f3d2)	67.01	58.29	48.92	56.56	230.78	57.70
t 9 (f3d3)	68.14	66.94	74.67	62.14	271.89	67.97
t 10 (adicional)	66.32	70.50	63.06	70.43	270.31	67.58
<b><math>\Sigma</math> REPETICIONES</b>	<b>717.38</b>	<b>724.66</b>	<b>703.17</b>	<b>734.77</b>	<b>2879.98</b>	<b>72.00</b>

**Cuadro 34.** Tiempo de descomposición, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				$\Sigma$ TOTAL	PROMEDIO días
	E I	E II	E III	E IV		
t 1 (f1d1)	74	66	72	74	286	71.50
t 2 (f1d2)	75	73	77	77	302	75.50
t 3 (f1d3)	73	65	68	74	280	70.00
t 4 (f2d1)	76	72	77	76	301	75.25
t 5 (f2d2)	71	66	73	72	282	70.50
t 6 (f2d3)	75	65	75	74	289	72.25
t 7 (f3d1)	75	67	72	73	287	71.75
t 8 (f3d2)	73	72	69	74	288	72.00
t 9 (f3d3)	76	69	68	75	288	72.00
t 10 (adicional)	72	69	74	73	288	72.00
<b><math>\Sigma</math> REPETICIONES</b>	<b>740</b>	<b>684</b>	<b>725</b>	<b>742</b>	<b>2891</b>	<b>72.28</b>

**Cuadro 35.** Grado de conversión, en la evaluación de microorganismos inoculados en la elaboración de compost. Tabacundo, Pichincha. 2009.

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				$\Sigma$ TOTAL	PROMEDIO %
	E I	E II	E III	E IV		
t 1 (f1d1)	82.27	80.26	84.44	86.41	333.38	83.35
t 2 (f1d2)	75.16	74.60	74.46	76.59	300.81	75.20
t 3 (f1d3)	81.72	86.09	89.37	83.14	340.32	85.08
t 4 (f2d1)	81.92	79.41	81.59	83.04	325.96	81.49
t 5 (f2d2)	76.11	69.90	78.13	78.59	302.73	75.68
t 6 (f2d3)	77.34	73.98	78.95	79.41	309.68	77.42
t 7 (f3d1)	84.39	81.55	90.58	81.43	337.95	84.49
t 8 (f3d2)	80.08	82.35	79.75	79.20	321.38	80.35
t 9 (f3d3)	84.09	79.21	78.51	83.40	325.21	81.30
t 10 (adicional)	80.23	80.06	83.62	83.51	327.42	81.86
<b><math>\Sigma</math> REPETICIONES</b>	<b>803.31</b>	<b>787.41</b>	<b>819.40</b>	<b>814.72</b>	<b>3224.84</b>	<b>80.62</b>



**ANEXO 4. Fotografías del procesamiento experimental.**



**Fotografía 1:** Preparación del sitio experimental.



**Fotografía 2:** Recepción del material.



**Fotografía 3:** Picado del material



**Fotografía 4:** Formación de las composteras



**Fotografía 5 y 6:** Volteo de las composteras.



**Fotografía 7:** Disposición de los tratamientos.



**Fotografía 8:** Disposición de los tratamientos.



**Fotografía 9:** Cosecha del compost



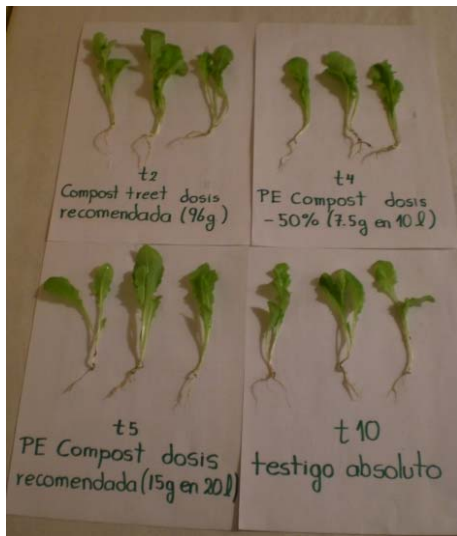
**Fotografía 10:** Cosecha del compost.



**Fotografía 11:** Peso final del compost.



**Fotografía 12:** Prueba de eficacia.



**Fotografía 13:** Prueba de eficacia.



**Fotografía 14:** Prueba de eficacia.