

# UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

## **“OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE ACTIVADORES BIOLÓGICOS”**

**Tesis previa a la obtención  
del título de Ingeniero  
Ambiental**

**AUTORES:** JANETH NOEMÍ GUASCO PINGUIL &  
MÓNICA ELIZABETH JARAMILLO AGUILAR

**DIRECTOR:** ING. AGR. MARCO TULIO RAMÍREZ MATAMOROS MSc.

CUENCA-ECUADOR  
2015



## RESUMEN

Ésta investigación se fundamenta en la obtención del compost, mediante la aplicación de activadores biológicos EMAs, EM y Surfixx-R & Best-Ultra-F con el fin de acelerar la descomposición de la materia orgánica. Se realizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) de cuatro ensayos con tres repeticiones; en un tiempo de 13 semanas. Al iniciar el proceso el color de los residuos era propio de las cortezas de frutas y vegetales, con el transcurrir del tiempo se observó que los residuos presentan una tonalidad similar al color café-suelo.

La temperatura promedio en la fase mesofílica de los activadores biológicos y testigo fue 18.42°C. Transcurrido 5 días del inicio del compostaje se dio la fase termofílica con una temperatura promedio de 53.8°C; los EMAs alcanzaron la mayor temperatura con 56.9°C y S-B la más baja con 50.6°C. En la fase de maduración la temperatura promedio de los tratamientos fue 30.7°C, teniendo el valor más alto los EMAs, con 32.6°C y el más bajo el testigo con 28.9°C.

La humedad está relacionada con la temperatura debido a que si no existe una buena humedad la temperatura baja drásticamente. La aireación es importante en este trabajo porque si no se realiza un volteo frecuente disminuye el O<sub>2</sub> generándose una descomposición anaerobia. Los valores de temperatura y humedad del testigo fueron mínimos ya que no se utilizaron activadores biológicos en comparación con los tratamientos. Los valores de los nutrientes NT, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, carbono orgánico, y MO no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

**Palabras claves:** activadores biológicos/ compost/ microorganismos efectivos autóctonos/ degradación



## ABSTRACT

This research is based on obtaining compost by applying biological activators EMAs, EM y Surfxxx-R and Best Ultra-F to accelerate decomposition of organic matter. Was performed randomized complete block design (RCBD) with four trials with three replications; in a time of 13 weeks. When start the process the color of the waste was typical of the bark of fruit and vegetables, with the passage of time was observed from wastes similar to brown-ground hue.

The average temperature in the mesophilic stage of biological activators and control was 18.42°C. After five days of composting start a thermophilic phase occurred with an average temperature of 53.8°C; EMAs highest temperature reached 56.9°C and the lowest S-B 50.6°C. In the maturation phase treatments the average temperature was 30.7°C, getting the highest value EMAs with 32.6°C and the lowest control 28.9°C.

Moisture is related to temperature because if there is no good low temperature drastically. Aeration is important in this job because if frequent turning is not performed decreases the O<sub>2</sub> generating an anaerobic decomposition. The values of temperature and humidity control were minimal as no biological activators is used compared to the treatments. The values of nutrients: NT, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MO not had differences between treatments.

**Keywords:** biological activators / compost / native effective microorganisms / degradation



## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>CAPÍTULO I</b> .....	17
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	17
1.1. Antecedentes .....	17
1.2. Planteamiento del Problema .....	18
1.3. Justificación .....	19
1.4. Objetivos .....	20
1.4.1. Objetivo General .....	20
1.4.2. Objetivos Específicos .....	20
<b>CAPÍTULO II</b> .....	21
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	21
2.1. Compost.....	21
2.2. Compostaje.....	21
2.2.1. Factores que influyen en el proceso de compostaje.....	21
2.2.1.1. Temperatura.....	22
2.2.1.2. Humedad.....	22
2.2.1.3. pH .....	23
2.2.1.4. Tamaño de partícula.....	23
2.2.1.5. Aireación .....	24
2.2.1.6. Relación carbono nitrógeno.....	24
2.3. Microorganismos.....	25
2.4. Microorganismos de compostaje.....	25
2.5. Microorganismos que participan en el proceso de compostaje:.....	26
2.5.1. Bacterias .....	26
2.5.2. Hongos .....	26
2.5.3. Actinomycetes.....	26
2.5.4. Protozoos.....	27
2.6. Microorganismos eficientes autóctonos (EMAs) .....	27
2.7. Microorganismos eficaces (EM) .....	28
<b>CAPITULO III</b> .....	29



<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	29
3.1. Ubicación geográfica.....	29
3.2. Materiales .....	30
3.2.1. De campo .....	30
3.2.2. Materias primas e insumos .....	32
3.3. Metodología de los activadores biológicos usados en la investigación.....	35
3.3.1. Metodología para obtener microorganismos eficientes autóctonos .....	35
3.3.2. Metodología para utilizar los microorganismos eficaces.....	41
3.3.3. Metodología para utilizar Surfxxx-R & Best ultra-F.....	43
3.4. Diseño experimental .....	44
3.5. Preparación del compostaje.....	45
3.6. Manejo del compostaje .....	46
3.7. Análisis del olor y color durante el proceso de compostaje .....	49
3.7.1. Olor.....	49
3.7.2. Color .....	49
3.8. Análisis físico-químico.....	51
3.9. Interpretación de los factores físicos durante proceso de compostaje.....	52
3.10. Análisis estadístico .....	52
3.11. Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa .....	53
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	55
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	55
4.1. Temperatura .....	55
4.2. Humedad .....	58
4.3. pH.....	60
4.4. Análisis de varianza ANOVA de los tratamientos .....	62
4.5. Análisis Estadístico de factores Físicos.....	62
4.5.1. Prueba de Normalidad de los factores Físicos .....	62
4.5.2. Análisis de varianza de la Temperatura .....	63
4.5.2.1. Fase Mesofílica .....	64
4.5.2.2. Fase Termofílica.....	65
4.5.2.3. Fase de Maduración.....	66
4.5.3. Análisis de varianza de la Humedad .....	68
4.5.3.1. Fase Mesofílica .....	69



4.5.3.2. Fase Termofílica.....	70
4.5.3.3. Fase de Maduración.....	71
4.5.4. Análisis de varianza del pH.....	73
4.5.4.1. Fase Mesofílica .....	74
4.5.4.2. Fase Termofílica.....	75
4.5.4.3. Fase de Maduración.....	77
4.6. Análisis estadístico de los parámetros químicos .....	78
4.6.1. Prueba de normalidad de parámetros químico.....	79
4.6.1.1. Análisis de varianza del Nitrógeno Total (%) .....	79
4.6.1.2. Análisis de varianza del P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) .....	80
4.6.1.3. Análisis de varianza del K <sub>2</sub> O (%) .....	82
4.6.1.4. Análisis de varianza de la materia orgánica MO (%).....	83
4.6.1.5. Análisis de varianza del Carbono orgánico (%) .....	85
4.6.1.6. Análisis de varianza relación carbono/nitrógeno (C/N).....	86
4.7. Análisis de pesos del compost .....	88
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>89</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
5.1. Conclusiones .....	89
5.2. Recomendaciones .....	92
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>94</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Peso de la materia orgánica de los cantones El Tambo y Cañar .....	32
<b>Tabla 2.</b> Composición de la Harina de pescado.....	33
<b>Tabla 3.</b> Composición de Best Ultra-F .....	34
<b>Tabla 4.</b> Dosificación para activar EM .....	42
<b>Tabla 5.</b> Dosificación de Surfixx-R & Best ultra-F .....	43
<b>Tabla 6.</b> Parámetros analizados, métodos utilizados y unidades reportadas. ....	51
<b>Tabla 7.</b> Esquema del ANOVA .....	53
<b>Tabla 8.</b> Promedio de temperatura °C .....	55
<b>Tabla 9.</b> Humedad promedio de los tratamientos .....	58
<b>Tabla 10.</b> pH promedio de los tratamientos .....	60
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza (ANOVA) .....	62
<b>Tabla 12.</b> Test Shapiro Wilk de los factores físicos.....	62
<b>Tabla 13.</b> Registro de temperatura obtenida en campo .....	63
<b>Tabla 14.</b> Promedio de la temperatura °C por fases .....	63
<b>Tabla 15.</b> Cálculo de ANOVA de la temperatura en la fase Mesofílica .....	64
<b>Tabla 16.</b> Prueba Tukey 5% de la temperatura en la fase Mesofílica .....	64
<b>Tabla 17.</b> Cálculo de ANOVA de la temperatura en la fase Termofílica .....	65
<b>Tabla 18.</b> Prueba Tukey 5% de la temperatura en la fase Termofílica .....	66
<b>Tabla 19.</b> Cálculo de ANOVA de la temperatura en la fase de Maduración .....	67
<b>Tabla 20.</b> Prueba Tukey 5% de la temperatura en la fase de Maduración .....	67
<b>Tabla 21.</b> Registro de la humedad obtenida en campo.....	68
<b>Tabla 22.</b> Promedio de la humedad % por fases .....	68
<b>Tabla 23.</b> Cálculo de ANOVA de la humedad fase Mesofílica .....	69
<b>Tabla 24.</b> Prueba Tukey 5% de la humedad en la fase Mesofílica.....	69
<b>Tabla 25.</b> Cálculo de ANOVA de la humedad en la fase Termofílica .....	70
<b>Tabla 26.</b> Prueba Tukey 5% de la humedad en la fase Termofílica .....	71
<b>Tabla 27.</b> Cálculo de ANOVA de la humedad en la fase de Maduración .....	72
<b>Tabla 28.</b> Prueba Tukey 5% de la humedad en la fase de Maduración .....	72
<b>Tabla 29.</b> Registro del pH obtenido en campo .....	73
<b>Tabla 30.</b> Promedio del pH por fases .....	74
<b>Tabla 31.</b> Cálculo de ANOVA del pH en la fase Mesofílica .....	74
<b>Tabla 32.</b> Prueba Tukey 5% del pH en la fase Mesofílica .....	75
<b>Tabla 33.</b> Cálculo de ANOVA del pH en la fase Termofílica .....	76
<b>Tabla 34.</b> Prueba Tukey 5% del pH en la fase Termofílica .....	76
<b>Tabla 35.</b> Cálculo de ANOVA del pH en la fase de Maduración .....	77
<b>Tabla 36.</b> Prueba Tukey 5% del pH en la fase de Maduración .....	77
<b>Tabla 37.</b> Resultados de los parámetros químicos .....	78
<b>Tabla 38.</b> Test Shapiro Wilk de los parámetros químicos .....	79
<b>Tabla 39.</b> Cálculo del ANOVA del Nitrógeno Total.....	79
<b>Tabla 40.</b> Prueba Tukey 5% del Nitrógeno Total .....	80
<b>Tabla 41.</b> Cálculo del ANOVA del P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	81
<b>Tabla 42.</b> Prueba Tukey 5% del P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	81
<b>Tabla 43.</b> Cálculo del ANOVA del K <sub>2</sub> O .....	82



<b>Tabla 44.</b> Prueba Tukey 5% del K <sub>2</sub> O .....	83
<b>Tabla 45.</b> Cálculo del ANOVA de MO .....	84
<b>Tabla 46.</b> Prueba Tukey 5% de MO .....	84
<b>Tabla 47.</b> Cálculo del ANOVA de Carbono Orgánico .....	85
<b>Tabla 48.</b> Prueba Tukey 5% de Carbono Orgánico .....	85
<b>Tabla 49.</b> Cálculo del ANOVA C/N .....	86
<b>Tabla 50.</b> Prueba Tukey 5% de C/N .....	87
<b>Tabla 51.</b> Pesos del compost de cada tratamiento .....	88

### ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfica 1.</b> Ubicación del relleno .....	29
<b>Gráfica 2.</b> Orden de los tratamientos y repeticiones .....	44
<b>Gráfica 3.</b> Área total de la distribución de parcelas .....	44
<b>Gráfica 4.</b> Comparación de la temperatura en función al tiempo .....	57
<b>Gráfica 5.</b> Comparación de la humedad en función del tiempo .....	59
<b>Gráfica 6.</b> Comparación del pH en función del tiempo.....	61
<b>Gráfica 7.</b> Promedio de temperatura de la fase Mesofílica .....	65
<b>Gráfica 8.</b> Promedio de temperatura de la fase Termofílica.....	66
<b>Gráfica 9.</b> Promedio de temperatura de la fase de Maduración.....	67
<b>Gráfica 10.</b> Promedio de la humedad en la fase Mesofílica .....	70
<b>Gráfica 11.</b> Promedio de la humedad en la fase Termofílica .....	71
<b>Gráfica 12.</b> Promedio de la humedad en la fase de Maduración. ....	73
<b>Gráfica 13.</b> Promedio del pH en la fase Mesofílica .....	75
<b>Gráfica 14.</b> Promedio del pH en la fase Termofílica .....	76
<b>Gráfica 15.</b> Promedio del pH en la fase de Maduración .....	78
<b>Gráfica 16.</b> Promedio de NT% .....	80
<b>Gráfica 17.</b> Promedio de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	82
<b>Gráfica 18.</b> Promedio de K <sub>2</sub> O %.....	83
<b>Gráfica 19.</b> Promedio de MO% .....	84
<b>Gráfica 20.</b> Promedio de Carbono Orgánico % .....	86
<b>Gráfica 21.</b> Promedio de la relación C/N % .....	87

### ÍNDICE DE FOTOS

<b>Foto 1.</b> Bosque donde se sembró los microorganismos eficientes autóctonos .....	36
<b>Foto 2.</b> Colocación de la mezcla en las tarrinas .....	37
<b>Foto 3.</b> Sustitución de la tapa de la tarrina estriada por media nylon.....	37
<b>Foto 4.</b> Aperturas de los orificios .....	38
<b>Foto 5.</b> Siembra de los microorganismos eficientes autóctonos .....	38
<b>Foto 6.</b> Colores de microorganismos.....	39
<b>Foto 7.</b> Mezcla de los microorganismos con melaza, harina de pescado y agua.....	40
<b>Foto 8.</b> Solución Madre de los microorganismos eficientes autóctonos .....	40
<b>Foto 9.</b> Microorganismos Eficaces EM .....	41





<b>Foto 10.</b> Surfifix-R & Best ultra-F.....	43
<b>Foto 11.</b> Elaboración de ensayos .....	45
<b>Foto 12.</b> Pila de compostaje .....	46
<b>Foto 13.</b> Medición de Temperatura.....	47
<b>Foto 14.</b> Medición de pH .....	47
<b>Foto 15.</b> Volteo de los ensayos .....	48
<b>Foto 16.</b> Color de la materia orgánica al inicio del compostaje .....	49
<b>Foto 17.</b> Color de la materia orgánica después de un mes del compostaje .....	50
<b>Foto 18.</b> Color de la materia orgánica después de dos meses del compostaje .....	50
<b>Foto 19.</b> Color de la materia orgánica al final del compostaje.....	50



Universidad de Cuenca  
Cláusula de derechos de autor

---

*JANETH NOEMÍ GUASCO PINGUIL* autora de la tesis “OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE ACTIVADORES BIOLÓGICOS”, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, 28 de abril de 2015

Janeth Noemí Guasco Pinguil  
C.I: 030250023-6



Universidad de Cuenca  
Cláusula de derechos de autor

---

*MÓNICA ELIZABETH JARAMILLO AGUILAR*, autora de la tesis "OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE ACTIVADORES BIOLÓGICOS", reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de Ingeniero Ambiental. El uso que la Universidad de Cuenca hiciera de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autora

Cuenca, 28 de abril de 2015

Firma manuscrita en tinta azul de Mónica Elizabeth Jaramillo Aguilar.

Mónica Elizabeth Jaramillo Aguilar  
C.I: 070459422-5



Universidad de Cuenca  
Cláusula de propiedad intelectual

---

*MÓNICA ELIZABETH JARAMILLO AGUILAR*, autora de la tesis "OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE ACTIVADORES BIOLÓGICOS", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 28 de abril de 2015

Mónica Elizabeth Jaramillo Aguilar  
C.I: 070459422-5



Universidad de Cuenca  
Cláusula de propiedad intelectual

---

*JANETH NOEMÍ GUASCO PINGUIL*, autora de la tesis "OBTENCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE ACTIVADORES BIOLÓGICOS", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 28 de abril de 2015

---

Janeth Noemí Guasco Pinguil  
C.I: 030250023-6



## DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios y la Virgen por ayudarme y permitirme culminar con éxitos este proyecto.

A mis padres: Enrique y Estrellita por ser el pilar fundamental en mi vida, y brindarme coraje, valentía y perseverancia, para lograr mis metas.

A mis hermanas; Mayra y Gabriela por su apoyo, incondicional, y por ser mis mejores amigas y madres.

A mis sobrinas y sobrino: Betsabeth, Paula, Gabriela, Valentina y Julián que con su inocencia y ternura me llenan de amor y me impulsan a cumplir mis objetivos y ser su ejemplo.

A mis abuelitos Enrique, Amalia, y Amada que a pesar de no tenerlos presentes siempre los recordaré por las buenas enseñanzas.

A Santiago por apoyarme constantemente con su amor para finalizar con éxitos este proyecto.

Mónica Elizabeth Jaramillo Aguilar.



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis de manera muy especial a mi DIOS, quien me ha dado salud y vida para culminar mis estudios exitosamente.

A mis padres Manuel y Juliana que siempre me han brindado un apoyo incondicional en mi vida con sus consejos, siendo ellos la base fundamental para hoy culminar mi carrera.

A mis hermanos Verónica y Manuel que me apoyaron todo el tiempo

A José Luís por brindarme su cariño y estar a mi lado en los buenos y malos momentos apoyándome constantemente

Noemí Guasco



## AGRADECIMIENTOS

Damos gracias a Dios por ser nuestro guía para salir adelante.

A mi padre Enrique por su apoyo incondicional durante toda mi vida

A nuestro amigo, y Director de Tesis Ing. Marco Ramírez MSc. por apoyarnos y guiarnos con su conocimiento profesional y personal.

A quienes conformar y trabajan para La Empresa Municipal Mancomunada de Aseo Integral del pueblo Cañarí (EMMAIPC-EP) en especial al Ing. Ramiro Padilla, por abrirnos las puertas y permitirnos realizar nuestra tesis en su entidad.

Además queremos agradecer al gerente técnico de la empresa GLOBAL ORGANIC S.A. Ing. Servio González quien donó el producto para descomponer la materia orgánica.

Así mismo queremos agradecer al Sr. Manuel Montero Naula por donarnos el estiércol de su vacuno.





## ABREVIATURAS

**%:** Porcentaje

**\*\*:** Altamente significativo

**\*:** Significativo

**Agrocalidad:** Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro

**ANOVA:** Análisis de varianza

**BPL** Buenas prácticas de laboratorio

**C/N:** Relación Carbono Nitrógeno

**CM:** cuadrados medios

**DBCA:** Diseño de Bloques Completamente al Azar

**EM:** microorganismos eficaces

**EMAs:** Microorganismos eficientes autóctonos

**EMMAIPC-EP:** Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del pueblo Cañari

**F.V:** Factor de variación

**F:** Fisher calculado

**gl:** Grados de libertad

**H1:** Hipótesis alternativa

**Ho:** Hipótesis nula

**Hp:** Caballos de fuerza

**kg/sem:** kilogramos por semana

**lts:** litros

**m:** metros

**NS:** No hay Significancia

**OIE:** Organización mundial de sanidad ambiental

**pH:** Potencial de hidrógeno

**Pr:** Probabilidad

**PVC:** Policloruro de vinilo

**S-B:** Surfix- Best Ultra F

**SC:** Suma de cuadrados

**T:** testigo



## CAPÍTULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1. Antecedentes

El proceso de compostaje, es una técnica que se utiliza para reducir fracciones biodegradables de residuos sólidos; consiste en el apilamiento de residuos orgánicos provenientes de casas, mercados, jardines, excrementos de animales, restos de cosecha, etc. para descomponerlos por medio de la acción biológica de los microorganismos transformándolos en un producto llamado compost; el cual es manejable y aprovechable, por el suelo; mejorando su estructura, aireación, capacidad de retención de agua y proporcionándole nutrientes. Además es utilizado como fertilizante.

La obtención de compost era un proceso lento y no siempre garantizaba al máximo la calidad del producto. (Soliva, López, & Huerta, 2008) Por esta razón en la actualidad para lograr un buen compost en menor tiempo, se genera mayor cantidad de microorganismos para acelerar el compostaje.

El tamaño de la partícula del material biodegradable es indispensable en el proceso de descomposición, debe mantenerse en un rango de 2cm a 5cm.

Si es menor a este rango, la partícula se vuelve muy fina, generando poros pequeños que se llenan de agua y facilitan la compactación, disminuyendo el ingreso de aire, produciendo descomposición anaerobia, mientras que; si la partícula es muy grande crea canales de aireación reduciendo la temperatura y desacelerando el proceso. (Román, Martínez, & Pantoja, 2013)



Durante el procedimiento se controla factores físicos: temperatura, pH, humedad, aireación, para evitar que la degradación de la materia orgánica se vuelva lenta, además es importante conocer los parámetros químicos del compost para brindarle al suelo los nutrientes necesarios y evitar el exceso de elementos requeridos por la planta.

La generación de compost a partir de residuos sólidos municipales, en los últimos años se usa por su bajo costo (Zepeda, 1995). El incremento de la población con lleva al aumento de desechos sólidos municipales, por esta razón se realizan técnicas para reducir la generación de basura y evitar que se produzca contaminación ambiental.

## 1.2. Planteamiento del Problema

La presente investigación se desarrolló en la provincia Cañar, cantón Cañar, sector Yuracasha en el relleno sanitario Yuracasha.

El lugar donde se depositan los residuos orgánicos es un galpón que tiene un área de 600 m<sup>2</sup>, y a su alrededor posee canaletas para conducir los líquidos que se generan por la degradación de la materia orgánica hacia los tanques de lixiviados.

El problema actual que atraviesa el relleno sanitario, es el manejo inadecuado de los residuos orgánicos, debido a que no se da un control y técnica para tratarlos, es decir no realizan volteos, generan gran cantidad de lixiviados, malos olores, presencia de moscos y el tiempo de descomposición de la materia orgánica no es el óptimo, provocando acumulación y falta de espacio para los nuevos desechos orgánicos que ingresan al galpón.



### 1.3. Justificación

La empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del pueblo Cañari, EMMAIPC-EP es la encargada del barrido, recolección, limpieza, tratamiento, transporte y disposición final de desechos de los cantones el Tambo y Cañar tiene la obligación de encontrar una técnica adecuada para mejorar el proceso de descomposición, evitando la acumulación y falta de espacio para los nuevos residuos orgánicos.

Este estudio justifica y motiva la realización de esta investigación para dar un manejo adecuado a los desechos orgánicos, con el propósito de reducir la presencia de moscos, lixiviados, malos olores y acumulación de materia prima, en el galpón del relleno

Una vez que la empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del pueblo Cañari, aplique las recomendaciones sugeridas de esta investigación se podrán contrarrestar la contaminación del aire, agua y suelo debido a que los desechos serán tratados de manera adecuada, generando una buena imagen al sector contribuyendo con el medio ambiente.



## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. Objetivo General

Estudiar la obtención de compost en el relleno sanitario Yuracasha utilizando diferentes activadores biológicos (Surfixx-R & Best Ultra-F, EM y EMAs) mediante la técnica aerobia.

### 1.4.2. Objetivos Específicos

- Cuantificar la cantidad de desecho orgánico que llega al relleno de Yuracasha
- Determinar y caracterizar los diferentes activadores biológicos (Surfixx-R & Best Ultra F, EM y EMAs), en el proceso de descomposición orgánica.
- Estudiar los factores físicos que intervienen en la descomposición de los residuos orgánicos (temperatura, humedad y pH).
- Analizar los principales parámetros químicos (Nitrógeno total,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , materia orgánica, carbono orgánico y relación carbono-nitrógeno) en los diferentes tratamientos al finalizar el proceso de compostaje.
- Comparar la calidad y cantidad del compost con los diferentes ensayos realizados.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Compost

El compost se define como el resultado de un proceso de humificación de la materia orgánica bajo condiciones controladas, posee un importante contenido de nutrientes, los cuales pueden ser aprovechados como abono orgánico o como sustrato (Varela & Basil, 2011).

#### 2.2. Compostaje

El compostaje es un proceso aeróbico, donde la materia orgánica es biológicamente degradada por microorganismos, hongos, bacterias, protozoarios, entre otros; los cuales se encargan de digerir los compuestos orgánicos transformándolos en otros más simples (Puerta, 2012).

Además el proceso de compostaje reduce el volumen de masa y destruye microorganismos patógenos (Varma & Kalamdhad, 2014).

##### 2.2.1. Factores que influyen en el proceso de compostaje

Factores tales como: temperatura, humedad, pH, tamaño de partícula, aireación, y relación carbono nitrógeno afectan el proceso de compostaje y en última instancia el producto final, además estos parámetros están fuertemente conectados (Partanen, Hultman, Paulin, Auvinen, & Romantschuk, 2010)



### 2.2.1.1. Temperatura

La temperatura durante el proceso de compostaje varía dependiendo de la actividad metabólica de los organismos, consta de tres fases (mesófila, termófila, y maduración (Neugebauer , Sołowiej, & Piechocki, 2014).

**Fase mesofílica.** En esta etapa predominan las bacterias, los microorganismos consumen azúcares y proteínas, por lo que se produce una liberación de energía, incrementando la temperatura hasta 45°C (Cuevas, 2006).

**Fase termofílica.** En esta fase predominan los hongos termófilos y Actinomycetos, sube la temperatura desde los 45°C hasta 70°C, predominan bacterias que forman esporas y se eliminan los hongos (Xeljuantzi, y otros, 2013). Se produce descomposición de polímeros celulosa, lignina (Céspedes, 2004). Se mueren los microorganismos patógenos, debido a que hay una desinfección natural.

**Fase de maduración** La temperatura desciende, desde los 45°C hasta temperatura ambiente, los microorganismos mesofílicos se reactivan, las bacterias y los hongos consumen la lignina y disminuye la población de microorganismos (Uicab & Sandoval, 2003).

### 2.2.1.2. Humedad

Los niveles óptimos para darse una descomposición aeróbica están entre 30%-70%. En caso de que el contenido de humedad sea superior a este rango, el agua ocupará todos los poros, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una degradación anaerobia. Si el contenido de humedad es inferior a este rango, dificulta la actividad biológica (Chávez & Gordillo, 2010). La humedad depende mucho de las materias primas que se utilice, es decir si se tiene materiales fibrosos o de residuos forestales secos la humedad máxima permisible es del 75-



85%, por lo que para el material vegetal fresco oscila entre 50-60% (Varela & Basil, 2011).

### **2.2.1.3. pH**

El pH es un parámetro que indica el buen desarrollo del proceso y la actividad microbiana. El pH inicial de materiales digeribles, basuras, estiércol, varía generalmente de 4,5 a 6 (fase mesofílica); éste empieza a incrementarse debido a la pérdida de ácidos orgánicos, a través de la volatilización (fase termofílica), a la descomposición microbiana y a la liberación de energía (Barrena, 2006).

Después el pH se ajusta a la neutralidad (fase de maduración), en un rango entre 6.5 – 7.5 indica la estabilización del compost y por tanto un producto apto para el uso agrícola (Céspedes, 2004).

### **2.2.1.4. Tamaño de partícula**

Para el compostaje de desechos orgánicos es recomendable desmenuzar, triturar o moler, para evitar que el proceso de degradación sea lento. El tamaño apropiado es de 2 a 5 centímetros, esto se hace con el objetivo de facilitar que los microorganismos ataquen la materia orgánica y aumente la velocidad del proceso de compostaje (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

Si el tamaño de los residuos es demasiado grande la degradación disminuye, porque crea canales de aireación donde reduce la temperatura y si es demasiado pequeña los poros se llenan de agua y se compactan creando una descomposición anaerobia (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).





### 2.2.1.5. Aireación

Es un factor importante en el compostaje y, por tanto un parámetro a controlar. Es un proceso aerobio, por lo que se necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos. La aireación tiene un doble objetivo, aportar por una parte el oxígeno suficiente a los microorganismos y permitir al máximo la evacuación de dióxido de carbono producido. La aireación debe mantenerse en niveles adecuados del 5 a 15% teniendo en cuenta que las necesidades del oxígeno varía a lo largo del proceso (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).

### 2.2.1.6. Relación carbono nitrógeno

La relación Carbono Nitrógeno es un factor importante que influye en la velocidad del proceso de compostaje; el rango ideal durante el proceso es de 15:1 a 35:1 si la relación C/N es mayor a 35 la actividad biológica disminuye y los microorganismos deben oxidar el exceso de carbono provocando que el proceso se vuelva lento, debido a la deficiente disponibilidad de nitrógeno para la síntesis proteica de los microorganismos. Si la relación C/N es menor a 15:1 el compostaje es más rápido pero el exceso de nitrógeno se desprende en forma amoniacal, produciéndose una autorregulación de la relación C/N (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

La relación C/N ideal para un compost totalmente maduro o estable es entre 10 a 20 (Bueno, Díaz, & Cabrera, 2008).



### 2.3. Microorganismos

Se define como microorganismos aquellos organismos con un tamaño inferior a 1mm, que únicamente puede ser apreciado a través de un microscopio (Yazán , 2013).

La función que cumplen los microorganismos es importante en el funcionamiento de los ecosistemas y los ciclos biogeoquímicos, entre ellos tenemos el ciclo de la transformación de la materia y energía, donde se encarga de degradar todo los restos de animales y vegetales convirtiéndoles en nutrientes indispensables para su propio metabolismo; además generan sustancias y minerales que servirán como fuente de energía para otras especies dentro de otros ciclos presentes.

### 2.4. Microorganismos de compostaje

Durante el proceso de compostaje existe una compleja sucesión de poblaciones de diversos microorganismos que rompen la materia orgánica; dando como resultado de la fracción CO<sub>2</sub>, agua, humus, producto estable y calor. Los distintos microorganismos van apareciendo en cada etapa que se van presentado durante la descomposición (Casco & Bernat, 2008).

- **Mesofílica:** es la etapa inicial donde los microorganismos presentes son los mesofílicos que rompen rápidamente los compuestos solubles que son fáciles de degradar.
- **Termofílica:** se encuentran en temperaturas altas, por lo que los microorganismos pueden degradar moléculas más complejas como las proteínas, los ácidos grasos y polisacáridos como la celulosa y hemicelulosa
- **Maduración o enfriamiento:** vuelven a colonizar los microorganismos mesofílicos y son encargados de la maduración de la materia orgánica.



## **2.5. Microorganismos que participan en el proceso de compostaje:**

### **2.5.1. Bacterias**

Son organismos unicelulares más pequeños y numerosos. Están presentes en un 80 a 90 % de los microorganismos existentes en el compost, son los primeros en comenzar el trabajo de descomposición. Juegan un papel muy importante en el proceso de descomposición; ya que son capaces de degradar químicamente una gran variedad de compuestos orgánicos; debido a que son un grupo de gran diversidad metabólica (Laich, 2014).

### **2.5.2. Hongos**

Los hongos filamentosos y levaduras presentes, son saprofitos, se encargan de descomponer polímeros vegetales complejos, demasiados secos, ácidos o bajos en nitrógeno para que estos sean descompuestos por bacterias. La mayoría están presentes en la parte superior del compost cuanto la temperatura es elevada, crecen en forma de filamento y forman colonias blancas o grises de textura aterciopelada en la superficie de la pila (Rey, 2014).

### **2.5.3. Actinomycetes**

Dan un olor similar a tierra y son importantes en la formación del humus, son bacterias filamentosas, no poseen núcleo como las bacterias, pero tienen filamentos multicelulares como los hongos que los hacen muy parecidos. Poseen enzimas que ayudan a fraccionar químicamente restos ricos en celulosa, lignina, quitina y proteínas.



Son un grupo de microorganismos tolerantes a temperaturas altas que alcanza el compost durante el proceso de degradación. (Laich, 2014)

Los Actinomycetes producen antibióticos y otros compuestos que inhibe el crecimiento bacteriano. Tiene forma alargada con filamentos que se extiende en forma de tela araña grises, comúnmente se observa en el final del proceso de descomposición en los primeros 10-15 centímetros de la superficie de la pila (Rey, 2014).

#### **2.5.4. Protozoos**

Son animales unicelulares, que se encuentran en las gotas de agua presentes en los residuos a compostar, su importancia en la descomposición es muy baja, se alimentan de la materia orgánica; pueden actuar también como consumidores secundarios de hongos y bacterias (Rey, 2014).

#### **2.6. Microorganismos eficientes autóctonos (EMAs)**

Son cultivos microbianos mixtos que se obtiene en los ecosistemas locales, por ellos su nombre microorganismos autóctonos que ha sido atribuido por productores agrícolas a la combinación de microorganismos capturados de una determinada zona de manera artesanal y sencilla. El microorganismo autóctono es efectivo, debido a que pertenece al mismo lugar donde se realizó la siembra y el cultivo por lo que no necesita ser activada (Arias & Jimenez, 2009).



## 2.7. Microorganismos eficaces (EM)

Los E.M, microorganismos eficaces, es un inoculado constituido por la mezcla de varios microorganismos benéficos que son mutuamente compatibles entre sí y coexisten en un medio líquido (Santillán, Recalde, & Echeverría, 2008).

EM, contiene especies seleccionadas de microorganismos que son bacterias fotosintéticas o fototrófica (*Rhodospseudoonas sp.*), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus sp.*); levaduras (*Saccharomyces sp.*), en concentraciones mayores a 100.000 unidades formadoras de colonias por mililitro de solución que se encuentra en estado de latencia (Higa & Parr, 1994)

## CAPITULO III

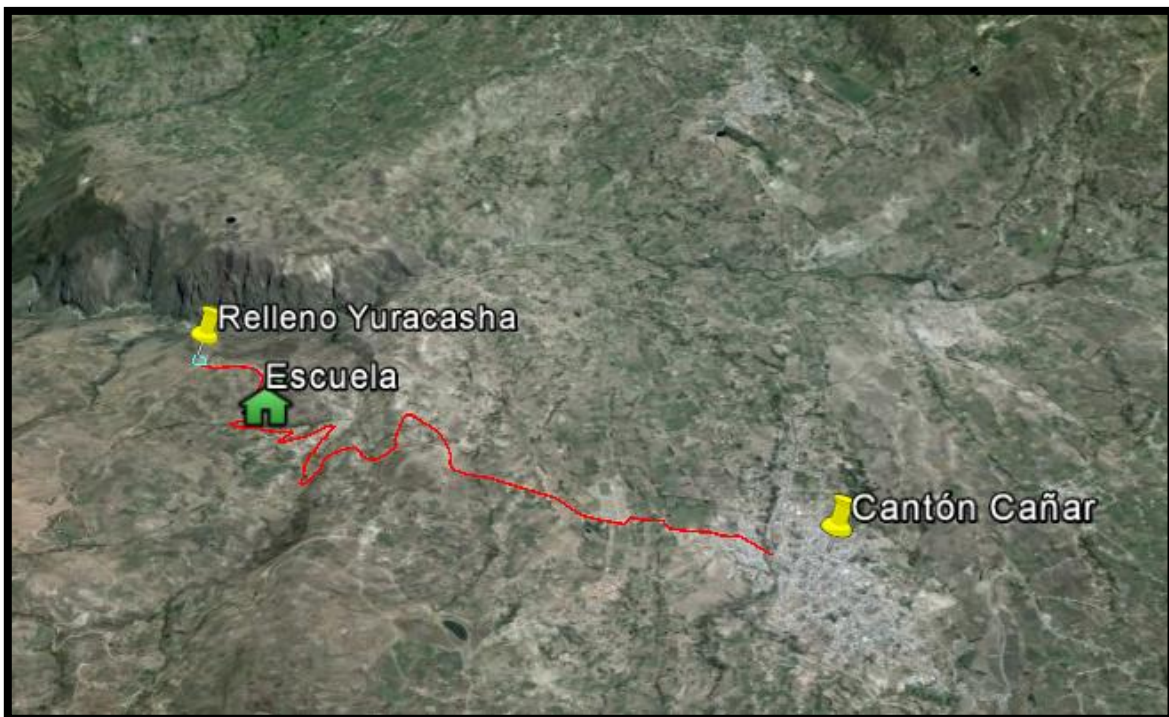
### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica

El relleno sanitario Yuracasha se encuentra ubicado en la Provincia Cañar, Cantón Cañar, Parroquia Cañar, comunidad Yuracasha. A un kilómetro de la escuela San José de Guantug Loma.

La ubicación geográfica del relleno son las siguientes coordenadas: longitud este (X) 725670 y latitud norte (Y) 9720213 UTM, WGS84. Cubre un área de 2.34ha y se encuentra a una altura aproximada de 3160msnm.

**Gráfica 1.** Ubicación del relleno



**Fuente:** Google earth, 2015  
**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



### 3.2. Materiales

Los materiales que se utilizaron para realizar esta investigación son de fácil adquisición y se detalla a continuación:

#### 3.2.1. De campo

Los materiales que se describen a continuación se utilizaron para: ingresar al relleno, elaborar los ensayos, controlar el procedimiento, generar y activar microorganismos y recoger las muestras del producto final para llevar al laboratorio.

**Los equipos de protección personal** fueron donados por la Empresa Municipal Mancomunada del Aseo Integral del pueblo Cañari EMMAIPC-EP, se utilizaron para ingresar al relleno, y estar en contacto con los desechos sin provocar algún daño físico o enfermedad.

- ✚ Guantes hycron para manipular los desechos.
- ✚ Mascarilla desechable C/50, para disminuir olores
- ✚ Chaleco reflectivo.
- ✚ Botas de caucho.

**Los materiales descritos a continuación fueron adquiridos para activar los microorganismos eficaces (EM)**

- ✚ 1 Balde hermético de polietileno de alta densidad, capacidad 20 litros, para colocar la mezcla de la melaza, agua y EM.
- ✚ Olla de aluminio con capacidad mayor a 25 litros.
- ✚ Cocina para calentar y facilitar la mezcla de melaza con agua.
- ✚ Medidor de PH digital Probador Agua LCD Monitor, utilizado para medir el pH de la solución de EM activado.



**A continuación se detalla los materiales que se utilizaron para la generación de microorganismos eficientes autóctonos (EMAs)**

- ✚ Tarrinas estriadas plomas de 1 lt. para colocar la mezcla del arroz, harina de pescado y melaza.
- ✚ Medias nylon recortadas para sustituir por la tapa de la tarrina.
- ✚ Ligas de hule para asegurar el recorte de la media nylon con la tarrina.
- ✚ Balanza con resorte romana, para pesar la harina de pescado.
- ✚ Jarro plástico de 1lt. para medir la melaza.
- ✚ Licuadora oster de 1.25 lts. para triturar la cosecha de microorganismos y homogenizar la mezcla con harina de pescado y melaza.
- ✚ 1 tambor plástico hermético, de polietileno de alta densidad con capacidad de 100 lts. para colocar la solución madre.
- ✚ 50 cm. de manguera plástica PVC transparente de ½ pulgada; para salida de gases.

**Materiales para la dosificación de Surfixx-R y Best ultra- F**

- ✚ Probeta de plástico para cuantificar los productos.

**Materiales para elaborar los ensayos, colocar los activadores biológicos y controlar el proceso de degradación.**

- ✚ Flexómetro marca Stanley. Wincha métrica de 5 mts. para realizar las parcelas de misma medida.
- ✚ Machete campesino marca águila para cortar los desechos orgánicos.
- ✚ Carretillas marca bellota, capacidad 25 kg. para trasportar los desechos orgánicos hacia cada ensayo.
- ✚ Bomba de fumigar a motor marca STIHL capacidad 20 lts. para rociar los activadores biológicos.





- ✚ Palas y picos marca bellota para realizar el volteo.
- ✚ 2 Termómetros Taylor de acero inoxidable, rango -10 °C a +150 °C para medir la temperatura.
- ✚ Medidor digital pH acidez / alcalinidad de suelo Rapitest para medir el pH.
- ✚ Cuaderno norma para anotar los datos reportados de temperatura, pH y humedad.

**Materiales para recoger la muestra de compost para enviar al laboratorio**

- ✚ Zaranda artesanal de 1.5 mts. de largo y 0.8 mts. de ancho, para cernir el producto.
- ✚ Fundas ziploc para colocar las muestras de compost.

**3.2.2. Materias primas e insumos**

- ✚ Materia orgánica (restos de comida, frutas, hortalizas, legumbres, tubérculos, verduras, cascaras de huevos; provenientes de casas y mercados de los cantones (El Tambo y Cañar).

La materia orgánica recolectada, que aproximadamente llega por semana al relleno sanitario Yuracasha de los cantones antes mencionados se describe en la tabla N° 1.

**Tabla 1.** Peso de la materia orgánica de los cantones El Tambo y Cañar

Cañar	El Tambo	Total
5,371.80 kg/sem	5,331.80kg/sem	10,703.60Kg/sem

Fuente: EMMAIPC-EP 2014

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

- ✚ Agua sin cloro del mismo lugar
- ✚ Melaza de caña proveniente del ingenio San Carlos Guayaquil



- ✚ Harina de pescado proveniente de Productos Pesqueros S.A. Manta. Se describe en la tabla N°2 la composición del producto que se utilizó para generar los microorganismos eficientes autóctonos

**Tabla 2.** Composición de la Harina de pescado

Proteína	65%
Grasa máxima	10%
Humedad máxima	7-10%,
ceniza máxima	20 %,

**Fuente:** Productos Pesqueros S.A. 2014  
**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

- ✚ Arroz pilado el conejo
- ✚ Estiércol vacuno de ejemplares adaptados del cantón El Tambo comunidad Absul.
- ✚ Microorganismos descomponedores
  - **Los microorganismos eficientes autóctonos EMAs** se caracterizan por generarse en el lugar donde se los van a utilizar.
  - **Los microorganismos eficaces EM** provienen de la empresa Ecuatoriana Agerth, es un producto 100% natural, atóxico, no es corrosivo ni volátil y no necesita cuarentena (Agearth, 2009). Los E.M. son utilizados en la producción avícola, ganadera, porcina y acuícola, cultivos, mejora de suelos, manejo de desechos sólidos orgánicos, eliminación de malos olores y tratamiento de aguas servidas.
  - **SURFIXX-R & BEST ULTRA-F** proceden de la empresa Ecuatoriana Global Organics; la unión de estos dos productos ayudan a que la degradación de la materia orgánica sea más rápida, a continuación se detallan:



SURFIXX-R incrementa los espacios porosos, facilitando el intercambio gaseoso y promoviendo la formación de compuestos orgánicos. Contiene 40% de agentes tensoactivos y surfactantes; 60% de extractos de origen vegetal (GlobalOrganics, 2014).

BEST ULTRA-F El producto está formulado a partir de bacterias antagonistas y productoras de antibióticos, fósforo, potasio, bicarbonato de potasio, acondicionadores y diluyentes (véase tabla 3) que ayudan a la descomposición de materia orgánica.

Además fungicida para la prevención y control de hongos que afectan las hojas, tallos, flores y frutos y como descomponedor de materia orgánica.

**Tabla 3.** Composición de Best Ultra-F

Complejo microbiano estimulante vegetal (1 x 10 <sup>6</sup> ufc/ml )	75%
Aminosacáridos	1%
Fósforo	2.6%
Potasio	2.4%
Bicarbonato de potasio	5%
Acondicionadores y diluyentes	14%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>

**Fuente:** Global Organics, 2014

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



### **3.3. Metodología de los activadores biológicos usados en la investigación**

La presente investigación estuvo enfocada a generar microorganismos eficientes autóctonos, activar microorganismos eficaces, y dosificar Surfifix-R & Best ultra-F.

#### **3.3.1. Metodología para obtener microorganismos eficientes autóctonos**

Para generar los microorganismos eficientes autóctonos que se utilizaron en la descomposición de la materia orgánica se siguió la literatura de (Suquilanda, 2013). La que consiste en:

##### **1. Selección del bosque**

Para la captura de los microorganismos autóctonos se seleccionó un bosque de eucalipto y pasto natural, (véase, foto 1); que se encontraba a 20 m. hacia el sur con respecto al lugar donde se realizó el compostaje. El sitio tenía una pendiente muy pronunciada por lo que no había sembríos característicos de la zona (maíz, frejol, cebada, etc.)

**Foto 1.** Bosque donde se sembró los microorganismos eficientes autóctonos



**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

## **2. Siembra de los microorganismos eficientes autóctonos**

Una vez seleccionado el lugar se cocinó 1kg de arroz sin sal, se lo mezcló con 1 lt. de melaza, 1kg de harina de pescado y se colocó en tarrinas plásticas estriadas (véase, foto 2) y se sustituyó la tapa de la tarrina por media nylon asegurándolo con ligas hule.(véase, foto 3)(20/06/2014).





**Foto 2.** Colocación de la mezcla en las tarrinas

**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

**Foto 3.** Sustitución de la tapa de la tarrina estriada por media nylon



**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Con ayuda de los trabajadores de la empresa se realizaron los orificios en el suelo (véase, foto 4) con una profundidad de 20cm, se enterró las tarrinas en los huecos y se tapó con restos de hojarasca (véase, foto 5)

**Foto 4.** Aperturas de los orificios



**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

**Foto 5.** Siembra de los microorganismos eficientes autóctonos





Foto: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 3. Cosecha de los microorganismos eficientes autóctonos

Después de tres semanas se acudió al lugar donde se enterró las tarrinas, se retiró el nylon; y se observó que los microorganismos tenían diversos colores, característica que nos indicó que se haga la cosecha (véase, foto 6) (12/07/2014)

**Foto 6.** Colores de microorganismos

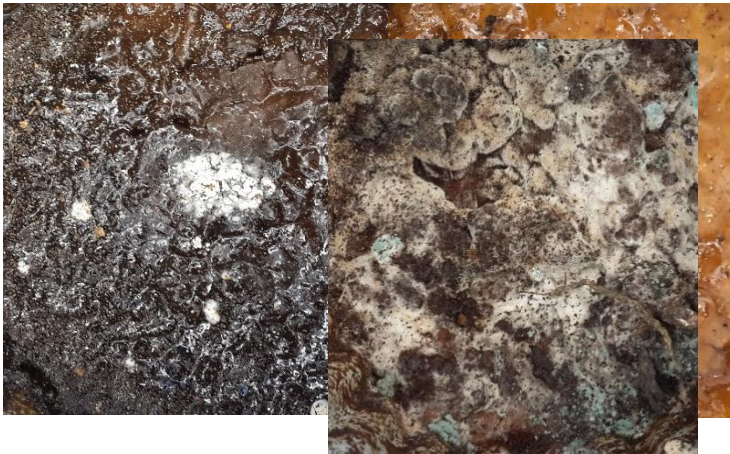


Foto: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 4. Generación de la solución madre

Una vez capturados los microorganismos se procedió a colocarlos en un balde, se los mezcló con: melaza, 5lts. harina de pescado 5kg. y agua 15 lts. (véase, foto 7). Ésta composición se la licuó, para homogenizarla, y se la conoce como solución madre. Posteriormente se la colocó en un tarro hermético, en el cual se hizo un orificio en la tapa, para ponerle una manguera y así facilitar la salida de los gases (véase, foto 8) (12/07/2014)



**Foto 7.** Mezcla de los microorganismos con melaza, harina de pescado y agua



**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

**Foto 8.** Solución Madre de los microorganismos eficientes autóctonos



**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 3.3.2. Metodología para utilizar los microorganismos eficaces

Los microorganismos eficaces EM, se los puede adquirir en la Empresa Ecuatoriana Agerth, mediante galones y canecas (véase, foto 9) este producto se caracteriza por ser utilizado en Ecuador y en otros países de América latina. Su misión es ayudar a construir una sociedad sostenible, basada en la coexistencia y en la coprosperidad en la información de calidad, en la seguridad, en la conveniencia, en el bajo costo y en la alta calidad, siempre comprometida con el medio ambiente y las futuras generaciones. (Agerth, 2009)

La empresa Agerth brinda indicaciones del manejo y uso del producto por lo que se siguió la literatura de ésta. Mediante la siguiente fuente: (Agerth, 2009).

**Foto 9.** Microorganismos Eficaces EM



**Foto:** Agerth-Ecuador

#### 1. Activación de los microorganismos eficaces EM

El producto EM es un “concentrado” de microorganismos en estado de latencia que necesita ser activado.

La activación de los microorganismos eficaces consiste en darles energía, para que incrementen su intensidad y rapidez en la descomposición de la materia orgánica.



Lo primero que se hizo para activar los microorganismos, fue calcular la cantidad en litros de agua, melaza, y EM con relación al porcentaje de elementos que nos indicó Agearth, (véase, tabla 4) conociendo que el 100% equivale a 20lts de mezcla.

**Tabla 4.** Dosificación para activar EM

Elemento	%	Cantidad (lts.)
EM	5	1
Melaza	5	1
Agua	90	18

**Fuente:** Agearth-Ecuador 2014

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

## 2. Preparación de la solución

Una vez que se obtuvo las cantidades de cada elemento se colocó en una olla de acero inoxidable y calentó 1lt. de melaza con 18lts. de agua durante 20 minutos, a una temperatura entre 60°C - 80°C; y por último se colocó 1 lt de EM. Esta solución se puso en un recipiente hermético durante cuatro días a baño maría teniendo en cuenta que la temperatura no sobrepase los 25°C.

Transcurridos los cuatro días se abrió el recipiente para la salida de los gases, y se midió el pH 3.5, esto se hizo para comprobar que se encontraba dentro de un rango menor a 3.8 como lo indicaba la literatura de Agearth y así se supo que la solución ya estaba activada y lista para ser utilizada en el experimento.

### 3.3.3. Metodología para utilizar Surfixx-R & Best ultra-F

Surfixx-R & Best ultra-F son productos de 1lt. que los distribuye la empresa Ecuatoriana Global Organics CIA. LTDA. (Véase, foto 10). Esta compañía es especializada en la importación y comercialización de productos orgánicos y convencionales de origen Mexicano de última tecnología con certificaciones nacionales e internacionales reconocidas mundialmente.

Global Organics se enfatiza en la comercialización de productos orgánicos y convencionales de alta tecnología con soluciones integrales en las diferentes áreas de producción agrícola tanto a nivel nacional como internacional, velando siempre por el desarrollo sostenible del medio ambiente, además Sus proveedores están equipados con laboratorios y fábricas de la mejor calidad y tecnología en el mercado (GlobalOrganics, 2014).



**Foto 10.** Surfixx-R & Best ultra-F

**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Global Organics se encarga de brindar el producto y la dosificación de los mismos, por ende en la tabla N° 5 se indica la cantidad de Surfixx-R & Best ultra-F que se colocó en 20 litros de agua para rociar en los ensayos.

**Tabla 5.** Dosificación de Surfixx-R & Best ultra-F

Elementos	Dosis
Surfixx-R	8cc
Best Ultra-F	4cc
Agua	20 litros



Fuente: Global Organics 2014  
 Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 3.4. Diseño experimental

El diseño de experimento que se utilizó fue de Bloques Completamente al Azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones.

Éste diseño se origina por la asignación aleatoria de los tratamientos a un conjunto de unidades experimentales previamente determinado; su aplicación tiene mayor utilidad donde no hay fuentes de variación identificables, dado que todo el material experimental es homogéneo y la única fuente de varianza son los efectos atribuidos a los tratamientos. (Rubio, Lemus, & Carmona, 2002).

El orden de los ensayos se determinó por medio de sorteo, el cual consistió en colocar en un papel el nombre de los tratamientos con sus respectivas repeticiones (véase, gráfica 2).

Cada parcela tuvo un volumen total de  $1\text{m}^3$  con un espacio entre ellas de 0.5 m, las cuales se ubicaron en un área total de  $17.5\text{ m}^2$  (véase, gráfica 3)



**Gráfica 2.** Orden de los tratamientos y repeticiones

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

**Gráfica 3.** Área total de la distribución de parcelas



17.5 metros

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



### 3.5. Preparación del compostaje

Se siguió la literatura de (Xeljuantzi, y otros, 2013), el profesionalismo de nuestro director de tesis y lo aprendido académicamente por nosotras; se realizó los siguientes pasos para elaborar:

1. Se clasificó la materia orgánica
2. Después, se trituró el material con un machete para acelerar la descomposición de los tratamientos y del testigo.
3. Posteriormente se colocó en un metro cuadrado; una capa de 20 cm. de materia orgánica, 2 cm. de estiércol vacuno, seguidamente otra capa de 20 cm. de materia orgánica y 2 cm. de estiércol vacuno (véase, foto 11).
4. A continuación con la ayuda de una bomba a motor, se regó los activadores biológicos en los tratamientos, excepto en el testigo.
5. Luego se colocó materia orgánica hasta completar una pila con una altura de 1m. (véase, foto 12).
6. Finalmente se volvió a rociar solo a los tratamientos el respectivo activador biológico.

**Foto 11.** Elaboración de ensayos



**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Foto 12. Pila de compostaje



Foto: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 3.6. Manejo del compostaje

Durante el proceso de compostaje, los factores físicos, se controlaron, dos veces a la semana durante un periodo de 13 semanas consecutivas, hasta obtener el compost.

Para medir la temperatura, pH y humedad, se hizo un orificio en el centro de la pila, se colocó el equipo, se lo dejó estabilizar, se anotó el valor y, se cubrió el montón con el mismo material que se desplazó.

A continuación se detalla cómo se obtuvo el valor de los elementos.

**Temperatura** Se tomó con un termómetro de acero inoxidable, rango  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . El instrumento era introducido en la materia orgánica en descomposición, se lo dejaba estabilizar y se escribía en un libro de apuntes el valor (véase foto 13).

Foto 13. Medición de Temperatura



Foto: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

**pH** Se midió con un pH-metro digital, tenía su punta de acero inoxidable, se la introducía, e igualmente que la temperatura se lo dejaba estabilizar y se anotaba el valor (véase foto 14).

Foto 14. Medición de pH



Foto: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



**Humedad** Se determinó con el método del puño.

El método del puño consiste en sacar del centro del ensayo un puño de material y se exprime; si se forma una masa compacta salen gotas en pequeña cantidad y humedece el guante, entonces la humedad es la adecuada. Si chorrea agua, significa que tiene demasiada humedad y si no sale nada de agua es debido a que no existe la humedad requerida. (Barrena, 2006).

**Volteo** con ayuda de pala y pico se volteo cada ensayo una vez por semana (véase foto 15), durante todo el proceso de compostaje, y se humedeció los experimentos la segunda, cuarta y octava semana.

**Foto 15.** Volteo de los ensayos



**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 3.7. Análisis del olor y color durante el proceso de compostaje

#### 3.7.1. Olor

Al inicio del proceso de la degradación de los residuos orgánicos, se percibió a frutas y vegetales podridos, pero con la aplicación de los activadores biológicos y el volteo que se realizó periódicamente, éste fue desapareciendo desde la primera rotación. Al terminar el proceso de compostaje, se identificó el compost con un olor a suelo.

Los montones del testigo con sus repeticiones, a pesar de que se realizó el volteo frecuente, si generó un olor, desde el inicio hasta el final del proceso más desagradable en comparación a los ensayos que contenían los activadores.

#### 3.7.2. Color

El color se analizó desde el inicio del proceso hasta la obtención del compost, donde en todos los ensayos con sus respectivos tratamientos, se observaron similares cambios que a continuación se detalla.



**Foto 16.** Color de la materia orgánica al inicio del compostaje

Ésta fotografía se capturó el día que se realizaron los ensayos con sus respectivos activadores biológicos.

Se pueden observar en la foto 16, diferentes colores, los cuales son: restos de cortezas, frutas, vegetales,

etc. (Julio del 2014).

**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



**Foto 17.** Color de la materia orgánica después de un mes del compostaje

Después de un mes del inicio del proceso, se observó que los residuos orgánicos cambiaron su color a una tonalidad oscura (véase, foto 17). (Agosto del 2014).

**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



**Foto 18.** Color de la materia orgánica después de dos meses del compostaje

Transcurridos, dos meses, se observó que los ensayos tenían un color cada vez más oscuro semejante al color negro (véase, foto 18). (Septiembre del

2014).

**Foto:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



**Foto 19.** Color de la materia orgánica al final del compostaje

Finalmente el compost que se obtuvo de cada tratamiento, tuvo un color entre negro y marrón oscuro, característica

que nos indicó que el proceso de compostaje llegó a su etapa final (véase, foto 19) (Octubre del 2014).



Foto: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 3.8. Análisis físico-químico

Los análisis físicos-químicos del producto final del proceso de degradación de la materia orgánica, compost, se realizaron en el laboratorio de la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro- AGROCALIDAD.

Los Servicios del laboratorio de Agrocalidad constituyen un sólido respaldo a las actividades institucionales y de servicio a todo el sector agropecuario en los ámbitos de la Sanidad Animal, la Sanidad Vegetal y La Inocuidad Agroalimentaria. Para lo cual se dispone de modernas tecnologías e instalaciones y personal altamente especializado en el análisis y diagnóstico de plagas, enfermedades, evaluación de calidad y residuos de insumos agropecuarios (Agrocalidad, 2014).

Las actividades de la Dirección de Servicios de laboratorio se realizan en el marco de normativas de calidad y seguridad nacionales e internacionales (BPL, ISO 17025, ISO 9001, Codex Alimentarius, OIE, NIMF, etc.) (Agrocalidad, 2014).

En la tabla N° 6 se detalla los parámetros que se analizaron, el método que el laboratorio utilizó y la unidad en la que los reportaron.

**Tabla 6.** Parámetros analizados, métodos utilizados y unidades reportadas.

Parámetros	Métodos	Unidades
NT	Kjeldahl	%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Colorimétrico	%
K <sub>2</sub> O	AA (llama)	%
MO	Gravimétrico	%

Fuente: Agrocalidad 2014

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Para determinar el valor del carbono orgánico, se dividió la materia orgánica (%) para el valor de 1.724. y Para calcular la relación Carbono-Nitrógeno (C/N) se dividió el porcentaje (%) de Carbono por el porcentaje (%) de Nitrógeno (INIAP, 2008).



### **3.9. Interpretación de los factores físicos durante proceso de compostaje**

Para analizar los datos registrados durante el proceso de compostaje se consideró el valor inicial como la fase mesofílica. Para la fase termofílica y maduración; se calculó mediante promedios, debido a que se realizó la toma de datos 2 veces por semana. Considerándose como la fase termofílica desde la primera hasta la tercera semana, y las 10 semanas siguientes se consideró como la fase de maduración. El mismo procedimiento se realizó para la humedad y pH. Los resultados de los cálculos se detallan en el capítulo IV.

### **3.10. Análisis estadístico**

El análisis estadístico de los factores físicos en el proceso de compostaje y los resultados de los parámetros químicos reportados por Agrocalidad; se trabajó en el programa R 1.13.1 (R Development Core Team, 2011) debido a que es un lenguaje de programación estadístico bien desarrollado, simple, efectivo y de fácil manejo.

La prueba de normalidad para los factores físicos y parámetros químicos; se calculó a través del test de normalidad de Shapiro-wilk ( $n < 30$ ) (Razali & Wah, 2011).

Además se debe verificar si, los tratamientos siguen o no una distribución normal; cuando la probabilidad ( $p > 0.05$ ) la hipótesis es nula, por ende siguen una distribución; y se aplica el análisis estadístico ANOVA.

Caso contrario si la probabilidad ( $p < 0.05$ ) la hipótesis es alternativa, por lo tanto los datos no siguen una distribución y se debe aplicar otro análisis estadístico (Razali & Wah, 2011).





## UNIVERSIDAD DE CUENCA

ANOVA es un método que consiste en comparar las medias de las variables; en el cual podemos aceptar o rechazar la hipótesis nula o alternativa planteada. Se debe calcular los grados de libertad (véase, tabla 7).

**Tabla 7.** Esquema del ANOVA

Fuentes de Variación	Grados de libertad
Total	n-1
Tratamientos	t-1
Tratamientos error experimental	(n-1)-(t-1)

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Donde n: número total de observaciones; t es el número de tratamientos incluyendo el testigo.

La suma de cuadrados, suma de los tratamientos, suma de los cuadrados de bloques, suma de cuadrado del error, cuadrados medios y el valor de Fisher que es importante debido a que se acepta o se rechaza la hipótesis planteadas, se realiza luego de analizar el esquema del mismo (Walde, 2014). Si los valores obtenidos no tienen una distribución normal se debe seguir otro método estadístico.

Y para finalizar se realiza la prueba de significancia; existe varios métodos para ello. La prueba tukey 5% es una de las técnicas de significancia que se caracteriza por realizar comparaciones múltiples y rangos. Se utiliza para comparar las medias entre los diferentes tratamientos y verificar si existe o no diferencias entre las mismas. Los cálculos estadísticos se detallan en el capítulo IV.

### 3.11. Hipótesis Nula e Hipótesis Alternativa

**Hipótesis nula Ho:** “Mediante la aplicación de los diferentes activadores biológicos en el proceso de compostaje, no presentan diferencias significativas en la obtención del compost a partir de los residuos orgánicos”

$$H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$$



**Hipótesis Alternativa H1:** “Mediante la aplicación de los diferentes activadores biológicos en el proceso de compostaje, presentan diferencias significativas en la obtención del compost a partir de los residuos orgánicos”

$$H1: \mu T \neq \mu EMAS \neq \mu S-B \neq \mu EM$$

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Temperatura

Los resultados de las temperaturas que se registró durante el proceso de degradación (véase, tabla 8).

**Tabla 8.** Promedio de temperatura °C

Tratamientos/ Semanas	Temperatura °C													
	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T	18.3	55.8	51.3	46.2	22.8	29.5	24.2	25.7	34.3	40.2	23.3	25.5	31.2	32.3
EMAS	18.6	61.2	52.0	57.7	16.2	37.5	32.3	39.5	29.5	47.8	30.8	29.7	29.2	33.7
S-B	18.4	56.3	53.0	46.8	21.7	25.7	23.5	29.5	34.7	39.3	27.7	28.7	31.0	37.3
EM	18.6	63.0	53.5	53.2	29.3	31.8	31.8	28.7	33.7	39.8	31.2	26.8	28.5	35.3

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se puede observar que los valores de las temperaturas iniciales son similares en los tratamientos (fase mesofílica); con el transcurrir de los días el valor incrementó hasta la primera semana, la temperatura comenzó a descender pero no bajan de los 45°C, por lo que se procedió a dar el primer riego a los tratamientos, Las curvas de los EMAs y EM comienzan a ascender hasta 60°C aproximadamente; mientras que el testigo y S-B descienden hasta los 45°C (fase termofílica), Desde la tercera semana se observa que curva de las temperaturas comenzó a ser menores a los 45°C, se piensa que es debido a los factores ambientales del lugar, se registró en la cuarta semana valor relativamente bajos; en especial de los EMAs, por lo que se realizó nuevamente el riego y la curva comenzó ascender nuevamente pero no superó los 45°C, En la octava semana se realizó el ultimo riego a los ensayos; se observa que las curvas de los S-B, EM y testigo el incrementó de la temperatura es mínimo en comparación con la EMAs que supera los 45°C, Desde la novena hasta la onceava semana se observa que la curva de las temperaturas de los tratamientos suben y bajan, y finalmente a mediados de la

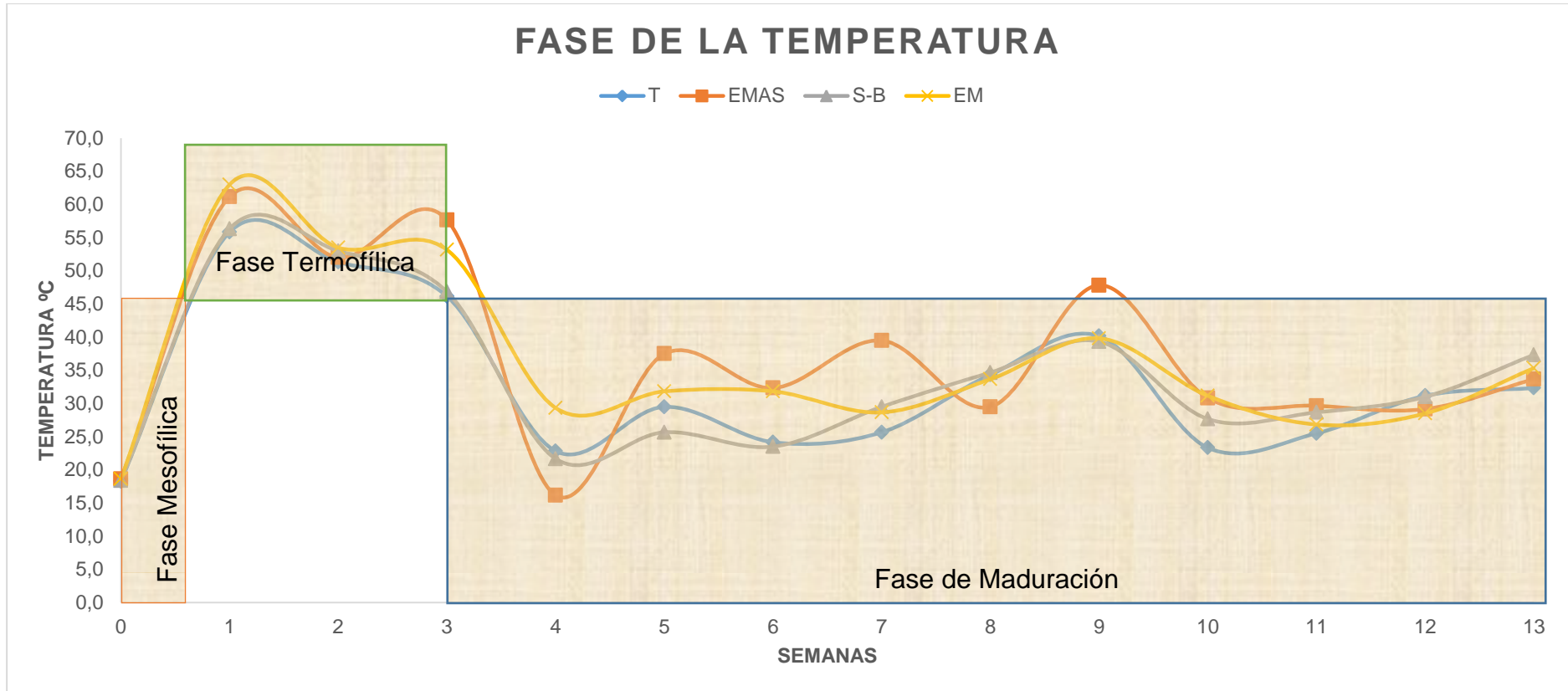




onceava semana la temperatura comienza a estabilizarse dando fin al procesos en la treceava semana (véase, gráfica 4).



Gráfica 4. Comparación de la temperatura en función al tiempo



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



## 4.2. Humedad

Los resultados de la humedad que se registró durante el proceso de degradación (véase, tabla 9).

**Tabla 9.** Humedad promedio de los tratamientos

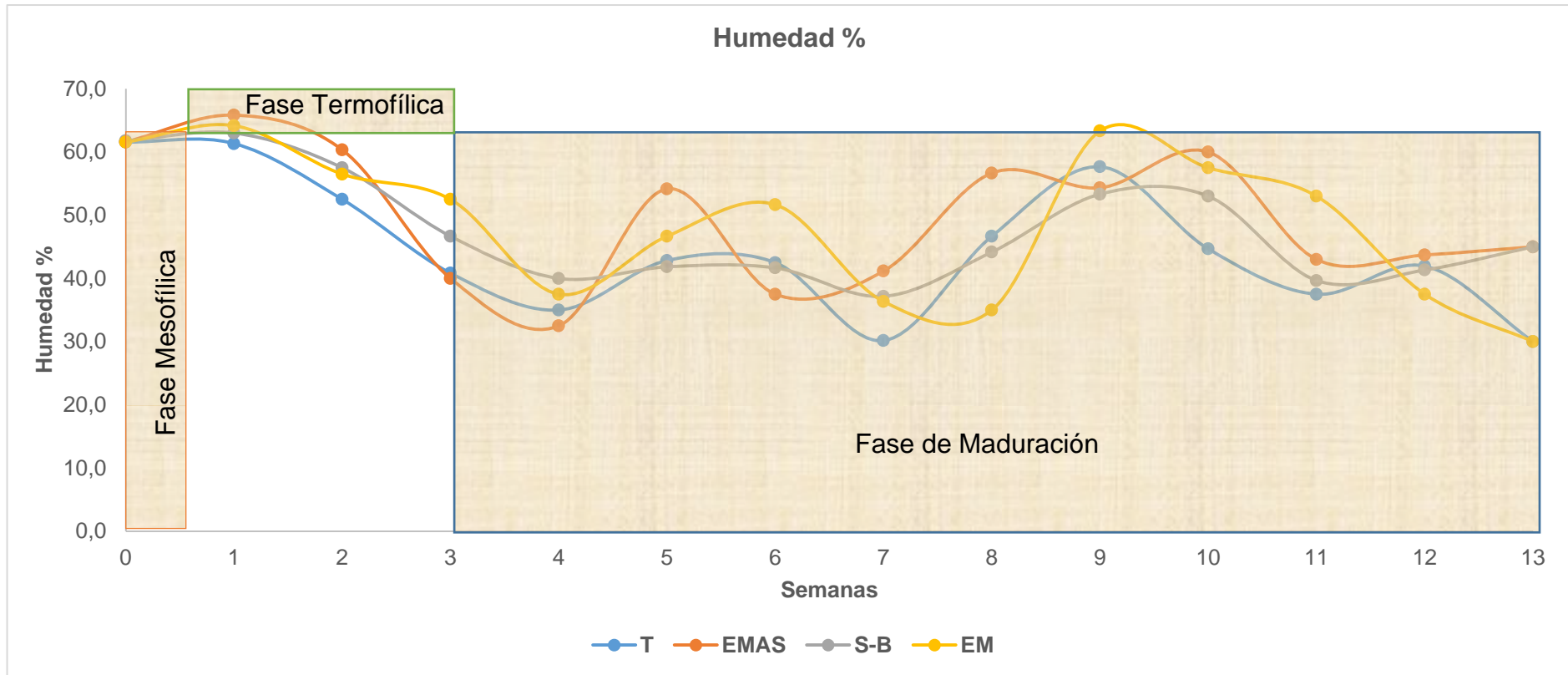
Tratamientos/semanas	Humedad %													
	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T	61.6	61.3	52.5	40.8	35.0	42.8	42.5	30.2	46.7	57.7	44.7	37.5	42.0	30.0
EMAS	61.6	65.8	60.3	40.0	32.5	54.2	37.5	41.2	56.7	54.3	60.0	43.0	43.7	45.0
S-B	61.8	63.0	57.5	46.7	40.0	41.8	41.7	37.2	44.2	53.3	53.0	39.7	41.3	45.0
EM	61.6	64.2	56.5	52.5	37.5	46.7	51.7	36.3	35.0	63.3	57.5	53.0	37.5	30.0

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observó que los valores iniciales de la humedad son similares en los tratamientos (fase mesofílica); con el transcurrir de los días la curva tiene un ligero incremento, pero a partir de la primera semana hubo un descenso de la humedad, por lo que la semana siguiente se realiza el primer riego, la humedad siguió bajando hasta la cuarta semana con un promedio aproximado 40% se realizó el segundo riego, se observó que la curva comienza a ascender y descender, en la séptima semana los valores de la humedad vuelven a descender y se procedió a realizar el último riego en la octava semana de igual manera la curva comenzó a subir luego del riego; a mediados de la décima se observó que la temperatura comenzó a descender hasta finalizar el proceso (Véase, gráfica 5).



Gráfica 5. Comparación de la humedad en función del tiempo



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 4.3. pH

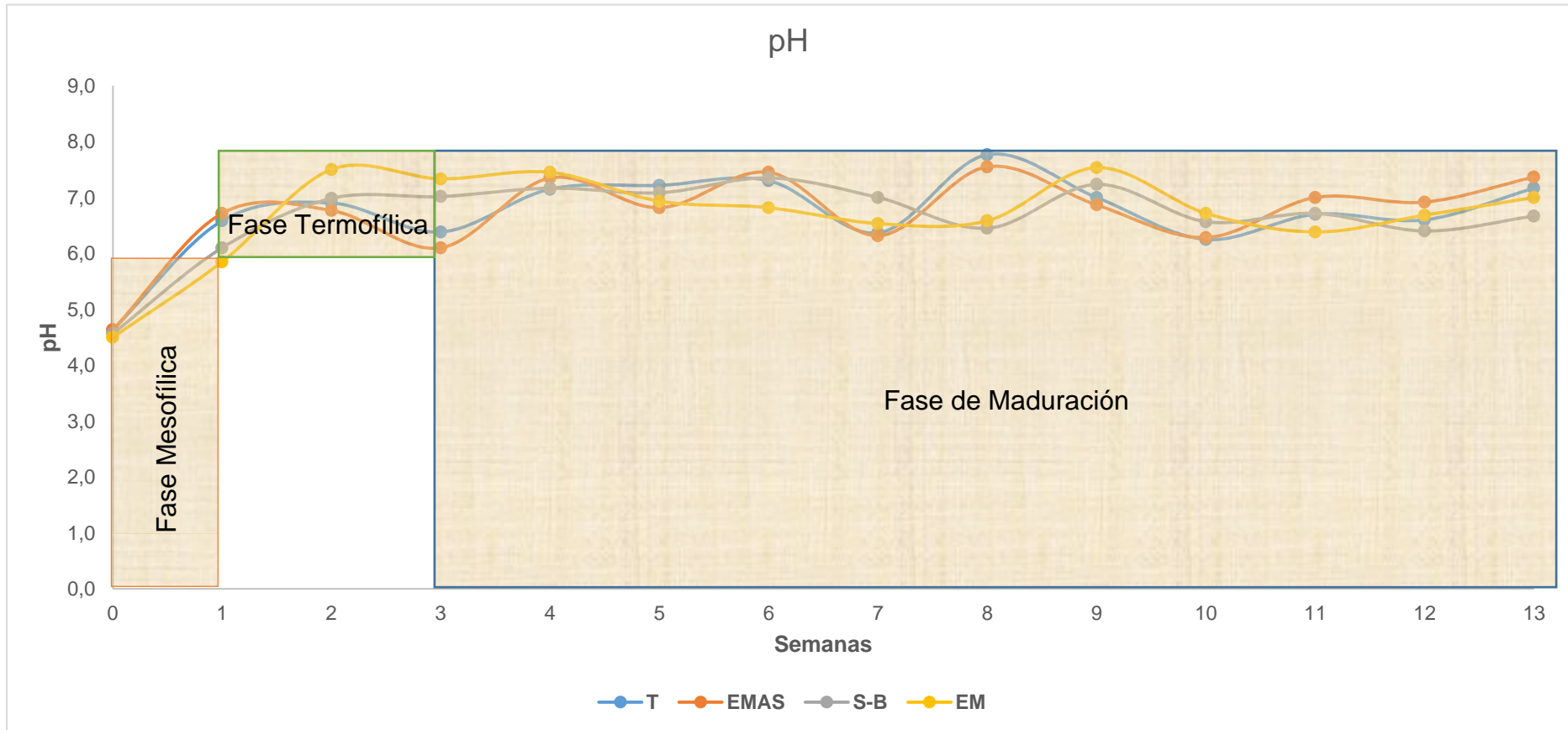
Los resultados del pH que se registró durante el proceso de degradación (véase, tabla 10).

**Tabla 10.** pH promedio de los tratamientos

Tratamientos/semanas	pH													
	Inicial	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T	4.6	6.6	6.9	6.4	7.2	7.2	7.3	6.4	7.8	7.0	6.3	6.7	6.6	7.2
EMAS	4.6	6.7	6.8	6.1	7.4	6.8	7.5	6.3	7.6	6.9	6.3	7.0	6.9	7.4
S-B	4.6	6.1	7.0	7.0	7.2	7.1	7.4	7.0	6.5	7.2	6.6	6.7	6.4	6.7
EM	4.5	5.9	7.5	7.3	7.5	6.9	6.8	6.5	6.6	7.5	6.7	6.4	6.7	7.0

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Los valores del pH de los tratamientos al inicio del proceso son ácidos, con el transcurrir de las semanas se observa que la curva de los ensayos han ascendiendo hasta la neutralidad y manteniéndose hasta finalizar el proceso de compostaje (véase, gráfica 6).



Gráfica 6. Comparación del pH en función del tiempo

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.4. Análisis de varianza ANOVA de los tratamientos

Los valores que se obtuvo del cálculo de los grados de libertad del experimento (véase, tabla 12).

**Tabla 11.** Análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación(FV)	Grados de libertad (GL)	Resultado (GL)
Total	12-1	11
Tratamientos	4-1	3
Error	11-3	8

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.5. Análisis Estadístico de factores Físicos

##### 4.5.1. Prueba de Normalidad de los factores Físicos

Los resultados que se obtuvo en el test de Shapiro Wilk, para los factores físicos temperatura, humedad y pH; son mayores a la condición ( $p < 0.05$ ) es decir los valores estaban dentro de la distribución normal (véase, tabla 11), por lo tanto se realizó el análisis de media ANOVA.

**Tabla 12.** Test Shapiro Wilk de los factores físicos

Fases/Factores	Temperatura	Humedad	pH
Fase Mesofílica	0.3	0.8	0.2
Fase Termofílica	0.1	0.9	0.1
Fase de Maduración	0.4	0.1	0.2

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.5.2. Análisis de varianza de la Temperatura

Los valores de la temperatura de los tratamientos que se registró desde el inicio hasta el final del proceso de compostaje (véase, tabla 13)

**Tabla 13.** Registro de temperatura obtenida en campo

Tratamientos/Semanas	Temperatura °C													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T1	18.0	57.5	50.0	40.0	15.5	24.0	19.0	30.0	36.0	41.5	25.0	22.5	31.5	35.0
T2	18.5	55.0	52.0	50.0	25.0	31.0	25.5	22.0	33.5	39.0	22.5	26.5	31.5	32.0
T3	18.4	55.0	52.0	48.5	28.0	33.5	28.0	25.0	33.5	40.0	22.5	27.5	30.5	30.0
EMAS1	18.6	62.0	55.0	54.0	13.5	29.0	20.5	40.0	28.5	46.0	32.5	26.5	31.5	38.0
EMAS2	18.5	61.5	52.0	59.0	16.0	35.5	40.0	46.0	35.0	47.5	32.5	30.0	26.5	33.0
EMAS3	18.8	60.0	49.0	60.0	19.0	48.0	36.5	32.5	25.0	50.0	27.5	32.5	29.5	30.0
S-B1	18.0	56.0	48.5	50.0	22.0	27.5	19.5	30.0	30.0	40.0	22.5	35.0	35.0	38.0
S-B2	18.4	57.5	49.0	50.5	18.0	25.0	17.0	31.5	30.5	38.5	25.0	30.0	35.0	37.0
S-B3	18.3	49.5	54.5	40.0	23.0	28.5	27.5	30.0	35.5	36.0	27.5	27.0	30.0	36.0
EM1	18.5	62.0	55.5	50.0	24.0	23.5	26.0	27.0	38.0	43.5	30.5	29.0	28.0	39.0
EM2	18.9	63.5	54.0	54.5	29.5	31.0	30.5	33.0	31.5	36.5	32.5	24.0	27.5	34.0
EM3	18.5	63.5	51.0	55.0	34.5	41.0	39.0	26.0	31.5	39.5	30.5	27.5	30.0	33.0

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Los promedios de temperatura que se calculó para cada fase, se describen a continuación (véase, tabla 14)

**Tabla 14.** Promedio de la temperatura °C por fases

Tratamientos	Fase mesofílica	fase termofílica	fase de maduración
T1	18.00	49.17	28.00
T2	18.50	52.33	28.85
T3	18.40	51.83	29.85
EMAs1	18.60	57.00	30.60
EMA2	18.50	57.50	34.20
EMAs3	18.80	56.33	33.05
S-B1	18.00	51.50	29.95
S-B2	18.40	52.33	28.75
S-B3	18.30	48.00	30.10
EM1	18.50	55.83	30.85
EM2	18.90	57.33	31.00
EM3	18.50	56.50	33.25

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



Calculado los promedios de cada fase en la temperatura, se realizó el análisis estadístico ANOVA en el programa R con el fin de aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en el Capítulo III

#### 4.5.2.1. Fase Mesofílica

En la fase mesofílica se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 15).

**Tabla 15.** Cálculo de ANOVA de la temperatura en la fase Mesofílica

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	0.4	0.1	2.9	0.1	NS
Error	0.4	0.1			
Total	0.8				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5%, para la fase mesofílica, se puede observar, que hay un solo rangos (A) para los cuatro tratamientos; es decir las medias de los valores de la temperatura son similares (véase, tabla 16).

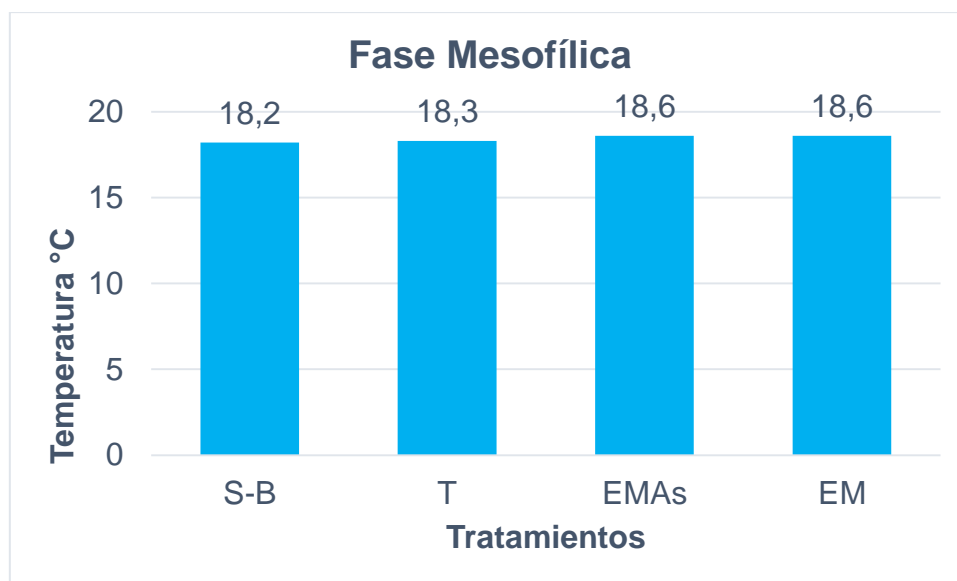
**Tabla 16.** Prueba Tukey 5% de la temperatura en la fase Mesofílica

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
S-B	18.2	A
T	18.3	A
EMAs	18.6	A
EM	18.6	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que la mínima temperatura, es del tratamiento S-B con un valor de 18.2°C, la máxima es de 18.6°C de los EMAs y EM y por último el testigo con 18.3°C (véase, gráfica 7)

**Gráfica 7.** Promedio de temperatura de la fase Mesofílica



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.5.2.2. Fase Termofílica

En la fase termofílica, se aceptó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$  y rechazó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$ , con el 99 % de CERTEZA y 1 % de ERROR, debido a que existió diferencias altamente significativas (\*\*) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 17).

**Tabla 17.** Cálculo de ANOVA de la temperatura en la fase Termofílica

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	104.6	34.9	15.8	0.001	**
Error	18.2	2.3			
Total	122.8				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5%, para la fase termofílica, se puede observar, que hay dos rangos (A, B); siendo la temperatura más alta el de los EMAs, seguida de los EM, testigo y por último el S-B (véase, tabla 18).

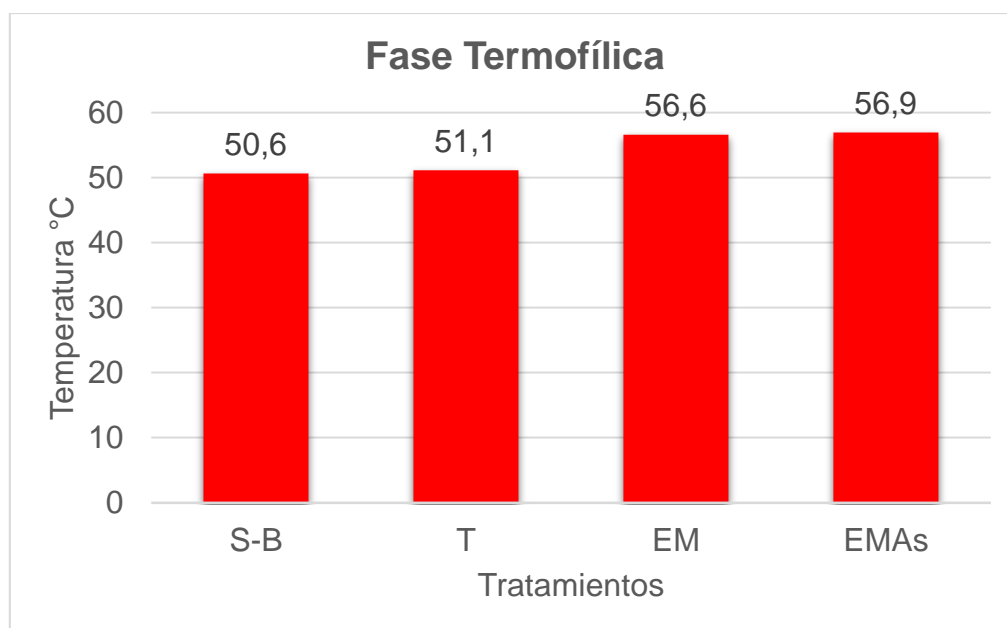
**Tabla 18.** Prueba Tukey 5% de la temperatura en la fase Termofílica

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
<b>S-B</b>	50.6	A
<b>T</b>	51.1	A
<b>EM</b>	56.6	B
<b>EMAs</b>	56.9	B

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que la mínima temperatura en la fase termofílica, es del tratamiento S-B con un valor de 50.6°C, la máxima es de 56.9°C de los EMAs (véase, gráfica 8).

**Gráfica 8.** Promedio de temperatura de la fase Termofílica



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.5.2.3. Fase de Maduración

En la fase de maduración se aceptó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$  y rechazó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que existió diferencias significativas (\*) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 19).



**Tabla 19.** Cálculo de ANOVA de la temperatura en la fase de Maduración

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	27.4	9.1	5.5	0.02	*
Error	13.2	1.7			
Total	40.6				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5%, para la fase de maduración, se puede observar, que hay dos rangos (A, B); manteniendo la temperatura alta el EMAs y el testigo presenta el valor bajo (véase, tabla 20).

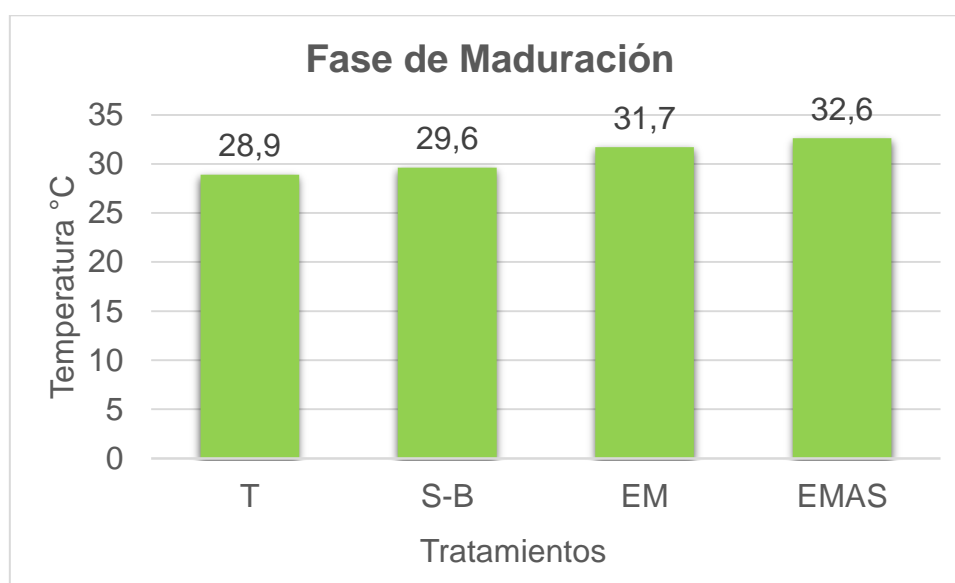
**Tabla 20.** Prueba Tukey 5% de la temperatura en la fase de Maduración

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
T	28.9	A
S-B	29.6	A B
EM	31.7	A B
EMAs	32.6	B

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que la mínima temperatura en la fase de maduración, es el testigo con un valor de 28.9°C, la máxima es de 32.6°C de los EMAs (véase, gráfica 9).

**Gráfica 9.** Promedio de temperatura de la fase de Maduración



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

### 4.5.3. Análisis de varianza de la Humedad

Datos de los valores de la humedad que se registró desde el inicio hasta el final del proceso de compostaje en los tratamientos (véase, tabla 21).

**Tabla 21.** Registro de la humedad obtenida en campo

Tratamientos/semanas	Humedad %													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T1	62.1	62.5	52.5	37.5	32.5	35.0	42.5	27.5	60.0	58.0	45.0	38.5	41.0	30.0
T2	61.5	57.5	52.5	45.0	37.5	51.0	42.5	32.5	40.0	55.0	42.5	36.5	41.8	30.0
T3	61.1	64.0	52.5	40.0	35.0	42.5	42.5	30.5	40.0	60.0	46.5	37.5	43.0	30.0
EMAs1	62.7	66.5	62.0	42.5	32.5	52.5	35.0	37.5	60.0	56.0	60.0	42.5	44.2	45.0
EMAs2	61.2	65.5	61.5	40.0	32.5	55.5	37.5	43.5	60.0	54.5	60.0	42.0	43.8	45.0
EMAs3	60.9	65.5	57.5	37.5	32.5	54.5	40.0	42.5	50.0	52.5	60.0	44.5	43.2	45.0
S-B1	62.0	66.5	57.5	45.0	35.0	37.5	40.0	27.5	37.5	50.0	49.0	34.0	42.5	45.0
S-B2	60.2	62.5	55.0	41.5	40.0	43.5	40.0	44.0	45.0	52.5	55.0	42.5	41.5	45.0
S-B3	63.1	60.0	60.0	53.5	45.0	44.5	45.0	40.0	50.0	57.5	55.0	42.5	40.0	45.0
EM1	62.6	66.5	57.5	56.5	35.0	42.5	47.5	30.0	35.0	63.5	57.5	52.5	37.5	30.0
EM2	60.8	64.5	57.5	52.0	35.0	42.5	52.5	33.0	35.0	64.0	57.5	51.5	37.5	30.0
EM3	61.3	61.5	54.5	49.0	42.5	55.0	55.0	46.0	35.0	62.5	57.5	55.0	37.5	30.0

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Los promedios de la humedad calculado para cada fase (véase, tabla 22).

**Tabla 22.** Promedio de la humedad % por fases

Tratamientos	Fase mesofílica	fase termofílica	fase de maduración
T1	62.1	50.8	41.0
T2	61.5	51.7	40.9
T3	61.1	52.2	40.8
EMAs1	62.7	57.0	46.5
EMAs2	61.2	55.7	47.4
EMAs3	60.9	53.5	46.5
S-B1	62.0	56.3	39.8
S-B2	60.2	53.0	44.9
S-B3	63.1	57.8	46.5
EM1	62.6	60.2	43.1
EM2	60.8	58.0	43.9
EM3	61.3	55.0	47.6

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



Calculado los promedios de cada fase de la humedad, se realizó el análisis estadístico ANOVA en el programa R con el fin de aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en el capítulo III

#### 4.5.3.1. Fase Mesofílica

En la fase mesofílica se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 23).

**Tabla 23.** Cálculo de ANOVA de la humedad fase Mesofílica

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	0.08	0.03	0.03	0.1	NS
Error	8.4	1.05			
Total	8.5				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5%, para la fase mesofílica, se puede observar, que hay un solo rangos (A) para los cuatro tratamientos; es decir las medias de los valores de la humedad son similares (véase, tabla 24).

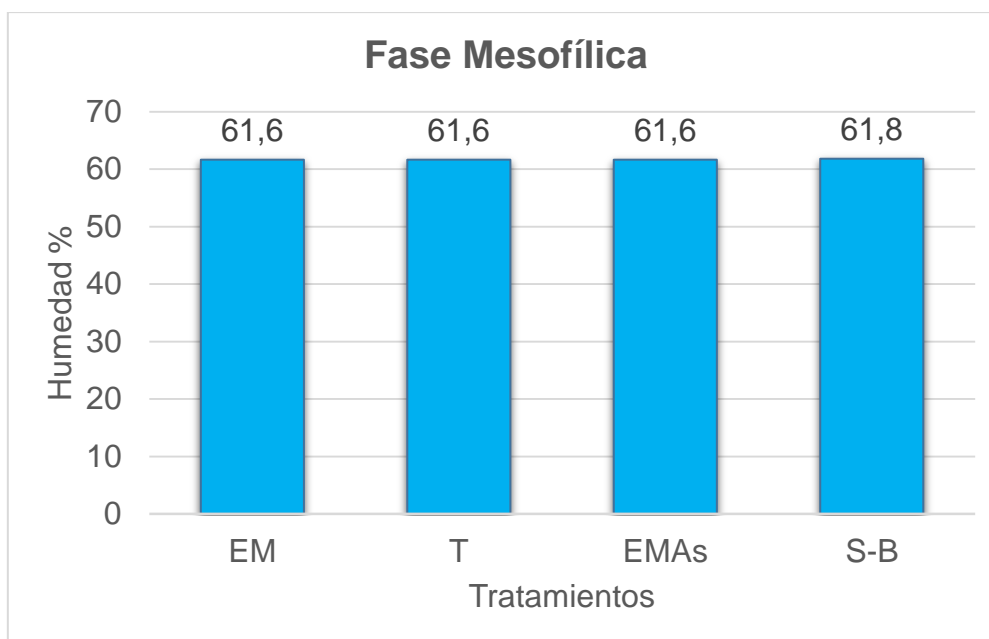
**Tabla 24.** Prueba Tukey 5% de la humedad en la fase Mesofílica

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
EM	61.6	A
T	61.6	A
EMAs	61.6	A
S-B	61.8	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que los valores de la humedad son similares en todos los tratamientos (Véase, gráfica 10).

**Gráfica 10.** Promedio de la humedad en la fase Mesofílica



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

**4.5.3.2. Fase Termofílica.**

En la fase termofílica se aceptó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$  y rechazó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que existió diferencias significativas (\*) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 25).

**Tabla 25.** Cálculo de ANOVA de la humedad en la fase Termofílica

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	59.6	19.9	4.8	0.0334	*
Error	32.1	4.1			
Total	92.7				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5%, para la fase termofílica, se puede observar, que hay dos rangos (A, B); el valor de la humedad más alto es de los EM, seguido de los EMAS, S-B y testigo (véase, tabla 26).

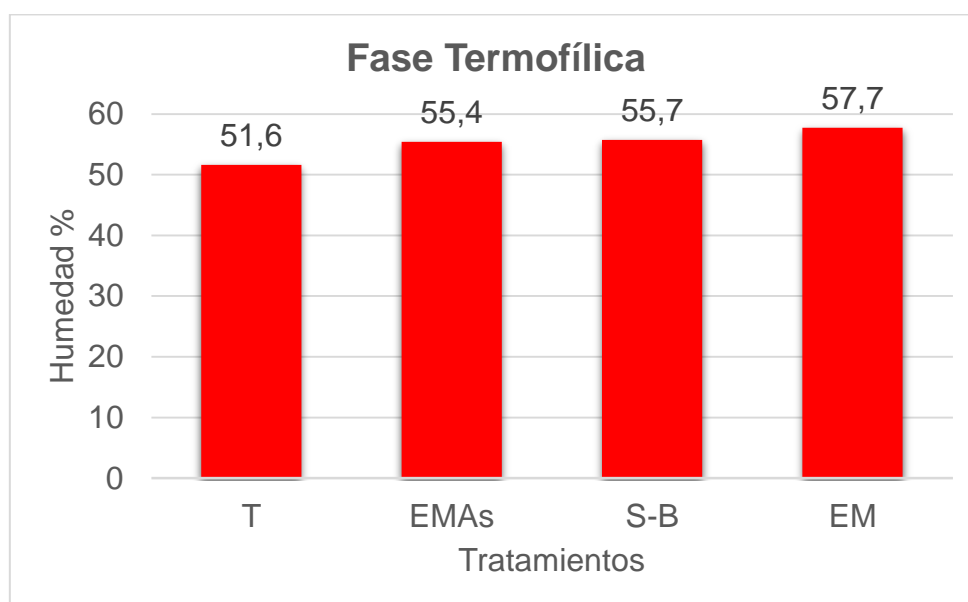
**Tabla 26.** Prueba Tukey 5% de la humedad en la fase Termofílica

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
T	51.6	A
EMAs	55.4	A B
S-B	55.7	A B
EM	57.7	B

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que el valor mínimo de la humedad en la fase termofílica, es el testigo 51.6% y el valor máximo es de los EM 57.7% (véase, gráfica 11).

**Gráfica 11.** Promedio de la humedad en la fase Termofílica



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.5.3.3. Fase de Maduración

En la fase de maduración se aceptó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$  y rechazó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que existió diferencias significativas (\*) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 27).



**Tabla 27.** Cálculo de ANOVA de la humedad en la fase de Maduración

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	54.8	18.3	4.0	0.05	*
Error	36.8	4.8			
Total	91.3				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5%, para la fase de maduración, se puede observar, que hay dos rangos (A, B); por lo tanto diferencia entre los tratamientos. Los valores de la humedad en los EMAS es el más alto que el resto (véase, tabla 28).

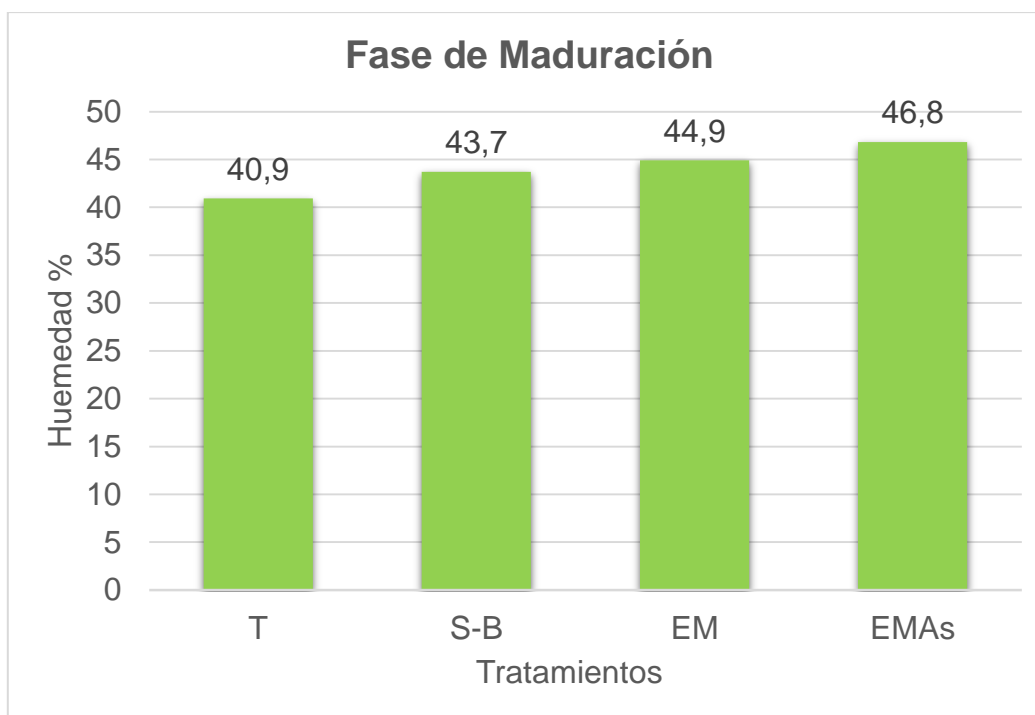
**Tabla 28.** Prueba Tukey 5% de la humedad en la fase de Maduración

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
T	40.9	A
S-B	43.7	A B
EM	44.9	A B
EMAs	46.8	B

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que el ensayos de los EMAS, presenta un valor de humedad 46,8% que el resto de tratamientos, es decir conserva mejor la humedad durante esta fase, mientras que el valor de la humedad del testigo es 40,9% es más baja en relación EM, S-B (véase, gráfica 12).

**Gráfica 12.** Promedio de la humedad en la fase de Maduración.



**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.5.4. Análisis de varianza del pH

Datos de los valores del pH que se registró desde el inicio hasta el final del proceso de compostaje en los tratamientos (véase, tabla 29).

**Tabla 29.** Registro del pH obtenido en campo

Tratamientos/Semanas	pH													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
T	4.6	6.6	6.9	6.4	7.2	7.2	7.3	6.4	7.8	7.0	6.3	6.7	6.6	7.2
EMAS	4.6	6.7	6.8	6.1	7.4	6.8	7.5	6.3	7.6	6.9	6.3	7.0	6.9	7.4
S-B	4.6	6.1	7.0	7.0	7.2	7.1	7.4	7.0	6.5	7.2	6.6	6.7	6.4	6.7
EM	4.5	5.9	7.5	7.3	7.5	6.9	6.8	6.5	6.6	7.5	6.7	6.4	6.7	7.0

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Los promedios del pH calculado para cada fase (véase, tabla 30).

**Tabla 30.** Promedio del pH por fases

Tratamientos	Fase mesofílica	fase termofílica	fase de maduración
T1	4.6	6.8	7.1
T2	4.7	6.7	7.0
T3	4.6	6.4	6.7
EMAs1	4.8	6.4	6.9
EMAs2	4.5	6.9	7.0
EMAs3	4.6	6.4	7.1
S-B1	4.5	6.8	6.8
S-B2	4.4	6.7	6.8
S-B3	4.8	6.6	7.0
EM1	4.6	7.3	7.1
EM2	4.5	6.7	6.7
EM3	4.4	6.7	6.8

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Calculado los promedios de cada fase del pH, se realizó el análisis estadístico ANOVA en el programa R con el fin de aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en el capítulo III

#### 4.5.4.1. Fase Mesofílica

En la fase mesofílica se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 31).

**Tabla 31.** Cálculo de ANOVA del pH en la fase Mesofílica

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	0.04	0.01	0.6	0.6	NS
Error	0.2	0.02			
Total	0.2				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

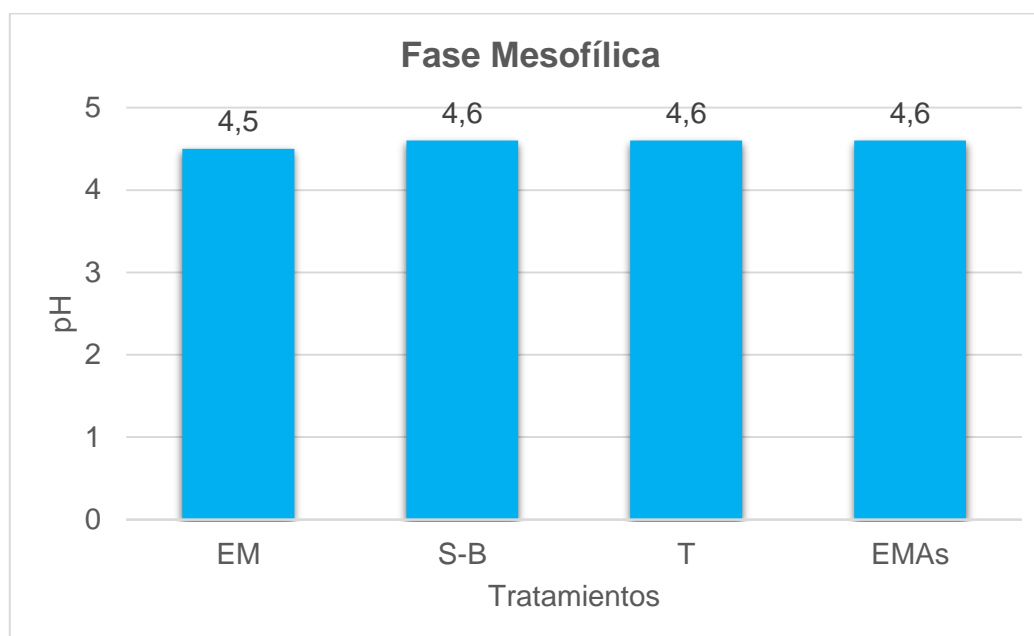
La prueba Tukey 5%, para la fase mesofílica, se puede observar, que hay un solo rangos (A) para los cuatro tratamientos; es decir las medias de los valores del pH son similares, los valor del pH son ácidos (véase, tabla 32).

**Tabla 32.** Prueba Tukey 5% del pH en la fase Mesofílica

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
EM	4.5	A
S-B	4.6	A
T	4.6	A
EMAs	4.6	A

**Elaboración:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que los valores del pH son similares en todo los tratamientos (véase, gráfica 13).

**Gráfica 13.** Promedio del pH en la fase Mesofílica

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.5.4.2. Fase Termofílica

En la fase termofílica se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 33).

**Tabla 33.** Cálculo de ANOVA del pH en la fase Termofílica

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	0.2	0.06	1.0	0.5	NS
Error	0.5	0.06			
Total	0.7				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

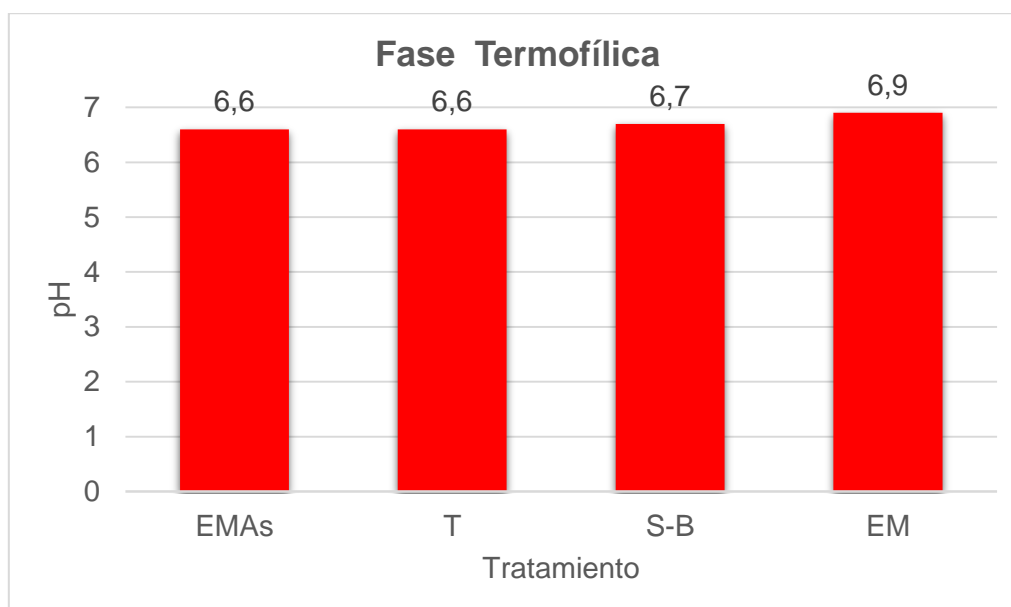
La prueba Tukey 5%, para la fase termofílica, se puede observar, que hay un solo rangos (A) para los cuatro tratamientos; es decir las medias de los valores del pH son similares se va acercando a la neutralidad (véase, tabla 34).

**Tabla 34.** Prueba Tukey 5% del pH en la fase Termofílica

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
EMAs	6.6	A
T	6.6	A
S-B	6.7	A
EM	6.9	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que los valores del pH son similares en todos los tratamientos (Véase, gráfica 14).

**Gráfica 14.** Promedio del pH en la fase Termofílica

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.5.4.3. Fase de Maduración

En la fase de maduración se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 35).

**Tabla 35.** Cálculo de ANOVA del pH en la fase de Maduración

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	0.04	0.01	0.4	0.7	NS
Error	0.2	0.03			
Total	0.3				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

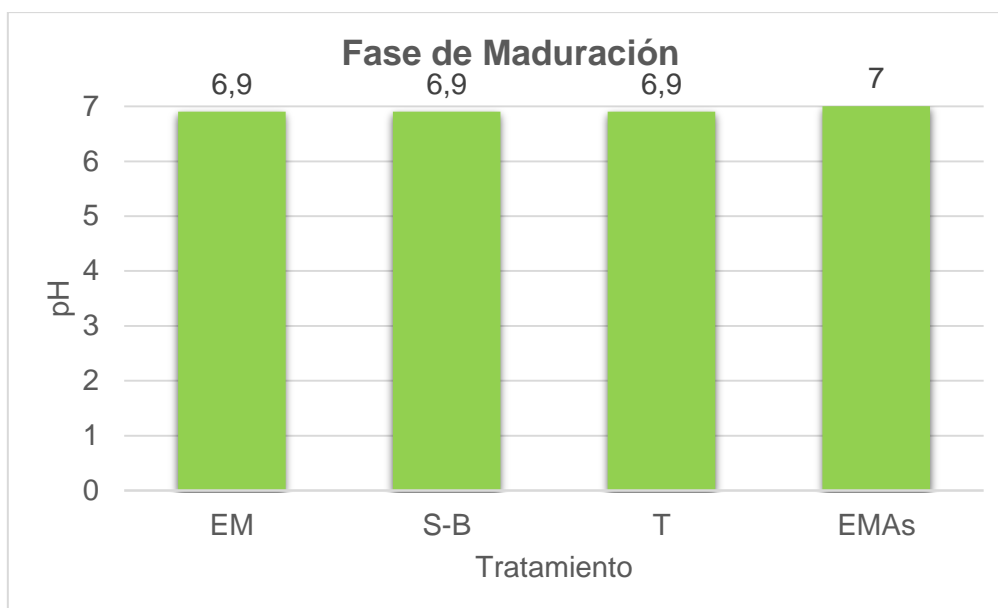
La prueba Tukey 5%, para la fase de maduración, se puede observar, que hay un solo rangos (A) para los cuatro tratamientos; es decir las medias de los valores del pH son similares se va acercando a la neutralidad (véase, tabla 36).

**Tabla 36.** Prueba Tukey 5% del pH en la fase de Maduración

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
EM	6.9	A
S-B	6.9	A
T	6.9	A
EMAs	7.0	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que los valores del pH son similares en todos los tratamientos (véase, gráfica 15).

**Gráfica 15.** Promedio del pH en la fase de Maduración

Elaborado por: Noemí Guasco &amp; Mónica Jaramillo

#### 4.6. Análisis estadístico de los parámetros químicos

Los resultados obtenidos del análisis de los parámetros químicos de las muestras de compost que realizó Agrocalidad (véase, tabla 37).

**Tabla 37.** Resultados de los parámetros químicos

TRATAMIENTO	NT %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	K <sub>2</sub> O %	MO %	CARBONOORGÁNICO%	C/N %
T1	1.91	1.35	1.94	53.09	30.79	16.12
T2	1.86	1.25	2.63	35.43	20.55	11.05
T3	1.37	1.14	1.28	43.92	25.48	18.60
EMAs1	1.62	1.29	1.71	34.60	20.07	12.39
EMAs2	1.81	1.52	2.42	38.56	22.37	12.36
EMA3	1.88	1.40	3.33	34.99	20.30	10.80
S-B1	1.67	1.22	4.18	47.09	27.31	16.36
S-B2	1.73	1.55	2.61	47.48	27.54	15.92
S-B3	1.84	1.51	3.27	48.58	28.18	15.31
EM1	1.71	1.32	2.27	45.48	26.38	15.43
EM2	2.03	1.48	2.63	36.62	21.24	10.46
EM3	1.78	1.20	2.33	46.86	27.18	15.27

Elaborado por: Noemí Guasco &amp; Mónica Jaramillo



#### 4.6.1. Prueba de normalidad de parámetros químico

Los resultados que se obtuvo en el test de Shapiro Wilk, para los parámetros químicos de Nitrógeno total,  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , materia orgánica, carbono orgánico y relación carbono-nitrógeno, son mayores a la condición ( $p < 0.05$ ) es decir los valores estaban dentro de la distribución normal (véase, tabla 38), por lo tanto se realizó el análisis de medias ANOVA.

**Tabla 38.** Test Shapiro Wilk de los parámetros químicos

Test Shapiro Wilk					
NT	$P_2O_5$	$K_2O$	MO	C/N	C. Orgánico
0.5	0.5	0.8	0.1	0.2	0.1

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

##### 4.6.1.1. Análisis de varianza del Nitrógeno Total (%)

En el nitrógeno total se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 39).

**Tabla 39.** Cálculo del ANOVA del Nitrógeno Total

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
TRATAMIENTO	0.03	0.01	0.2	0.9	NS
Error	0.3	0.04			
Total	0.3				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

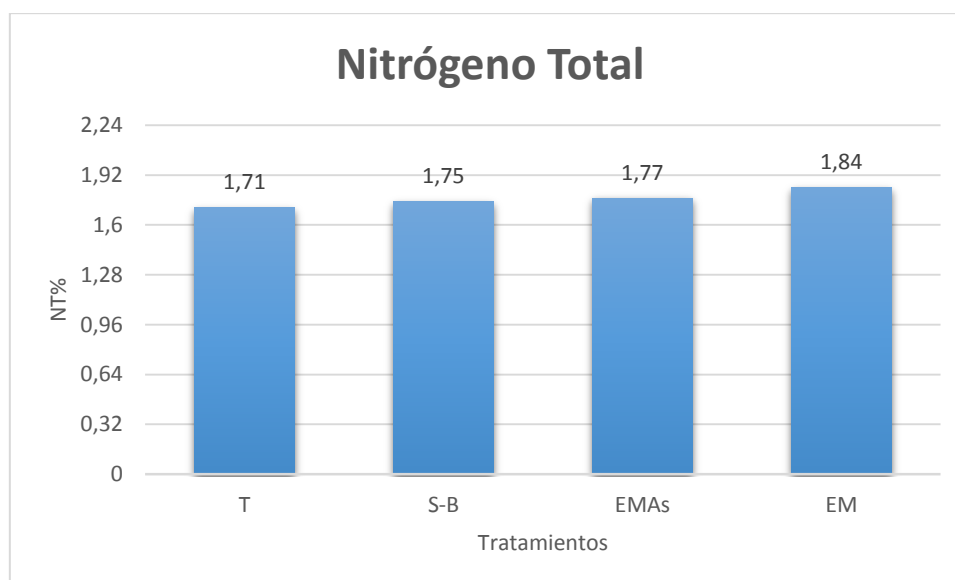
La prueba Tukey 5%, para el nitrógeno total, se puede observar, que hay un solo rango (A) para los tratamientos (véase, tabla 40); es decir las medias de los valores son similares (véase, gráfica 16)

**Tabla 40.** Prueba Tukey 5% del Nitrógeno Total

Tratamiento	Medias	Tukey 5%
T	1.71	A
S-B	1.75	A
EMAs	1.77	A
EM	1.84	A

Elaborado por: Noemí Guasco &amp; Mónica Jaramillo

El nitrógeno total del testigo presentó valores bajos en comparación con los tratamientos (véase, gráfica 16).

**Gráfica 16.** Promedio de NT%

Elaborado por: Noemí Guasco &amp; Mónica Jaramillo

#### 4.6.1.2. Análisis de varianza del P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (%)

El P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> se aceptó H<sub>0</sub>:  $\mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó H<sub>1</sub>:  $\mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 41).

**Tabla 41.** Cálculo del ANOVA del  $P_2O_5$ 

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	0.06	0.02	1.03	0.43	NS
Error	0.15	0.02			
Total	0.21				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5% del  $P_2O_5$ , se puede observar, que hay un solo rango (A) para los tratamientos, es decir las medias de los valores son similares (véase, tabla 42).

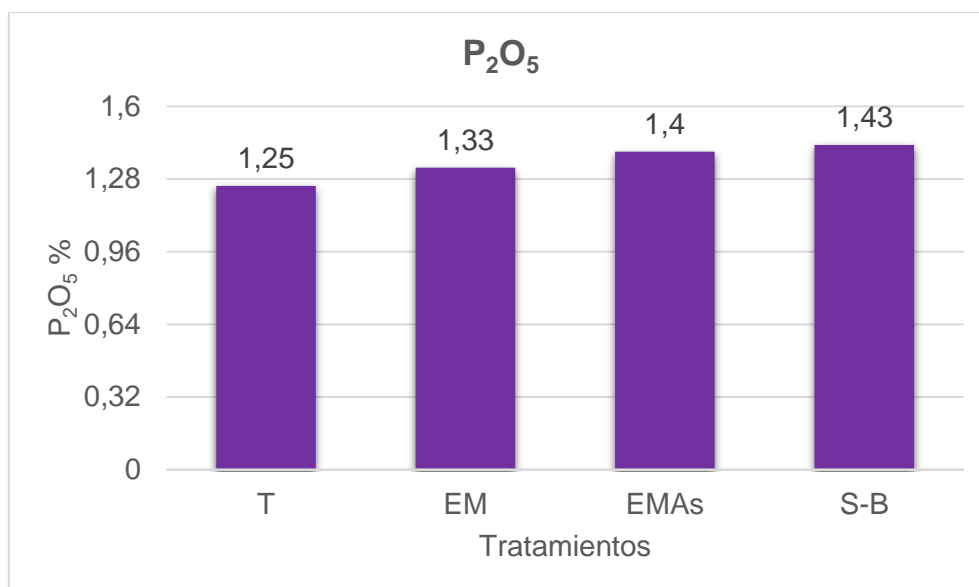
**Tabla 42.** Prueba Tukey 5% del  $P_2O_5$ 

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
T	1.25	A
EM	1.33	A
EMAs	1.40	A
S-B	1.43	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

El  $P_2O_5$  del testigo presentó valores bajos en comparación con los tratamientos (véase, gráfica 17).

**Gráfica 17. Promedio de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>**



**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.6.1.3. Análisis de varianza del K<sub>2</sub>O (%)

Para el K<sub>2</sub>O se aceptó Ho:  $\mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó H1:  $\mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 43).

**Tabla 43. Cálculo del ANOVA del K<sub>2</sub>O**

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	3.09	1.03	2.32	0.15	NS
Error	3.55	0.44			
Total	6.63				

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

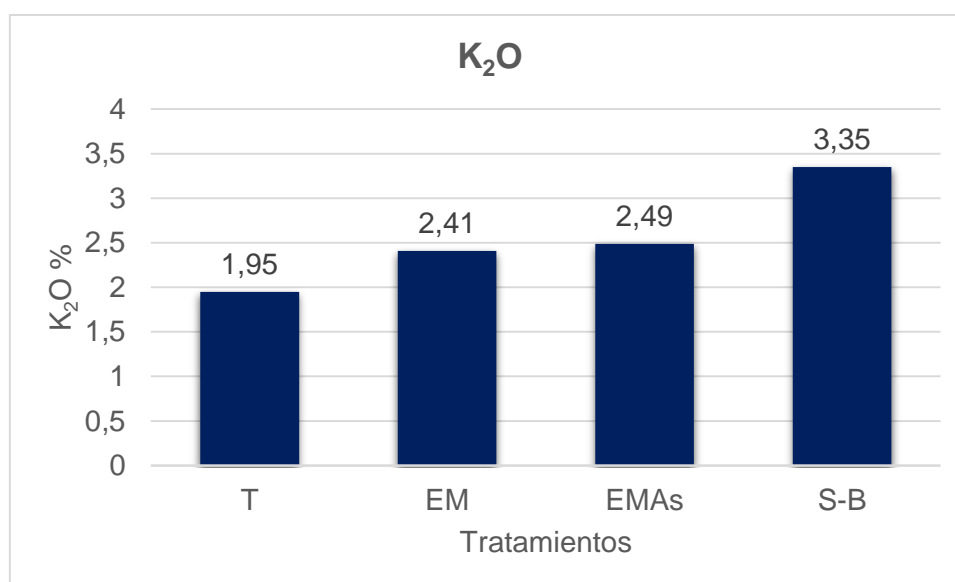
La prueba Tukey 5% del K<sub>2</sub>O, se puede observar, que hay un solo rango (A) para los tratamientos; es decir las medias de los valores son similares (véase, tabla 44).

**Tabla 44.** Prueba Tukey 5% del K<sub>2</sub>O

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
T	1.95	A
EM	2.41	A
EMAs	2.49	A
S-B	3.35	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

El K<sub>2</sub>O del testigo presentó valores bajos en comparación con los tratamientos, y S-B tienen valores relativamente altos (véase, gráfica 18).

**Gráfica 18.** Promedio de K<sub>2</sub>O %

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.6.1.4. Análisis de varianza de la materia orgánica MO (%)

Para la materia orgánica se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 45).

**Tabla 45.** Cálculo del ANOVA de MO

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	214.69	71.56	2.51	0.13	NS
Error	228.49	28.56			
Total	443.17				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

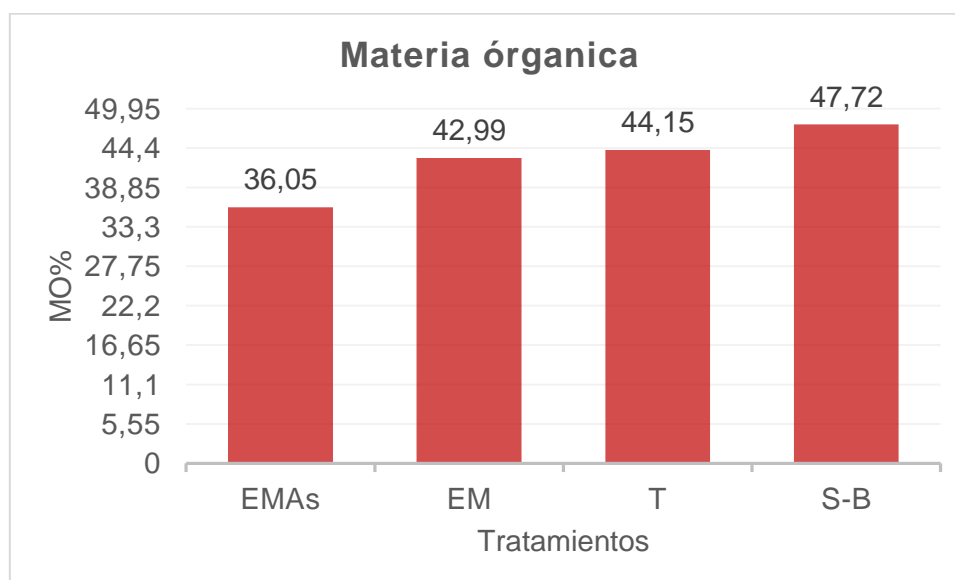
La prueba Tukey 5% de la materia orgánica, se puede observar, que hay un solo rango (A) para los tratamientos (véase, tabla 46).

**Tabla 46.** Prueba Tukey 5% de MO

Tratamientos	Medias	Tukey 5%
EMAs	36.05	A
EM	42.99	A
T	44.15	A
S-B	47.72	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

En las medias se puede ver una diferencia entre los tratamientos. S-B tiene un valor alto con respecto a los demás tratamientos y las EMAs tienen un bajo contenido de materia orgánica (véase, gráfica 19).

**Gráfica 19.** Promedio de MO%

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.6.1.5. Análisis de varianza del Carbono orgánico (%)

Para el carbono orgánico se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 47).

**Tabla 47.** Cálculo del ANOVA de Carbono Orgánico

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
Tratamientos	72.15	24.05	2.50	0.13	NS
Error	76.85	9.61			
Total	149.00				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5% realizado al carbono orgánico, se puede observar, que hay un solo rango (A) para los tratamientos; es decir las medias de los valores son similares (véase, tabla 48).

**Tabla 48.** Prueba Tukey 5% de Carbono Orgánico

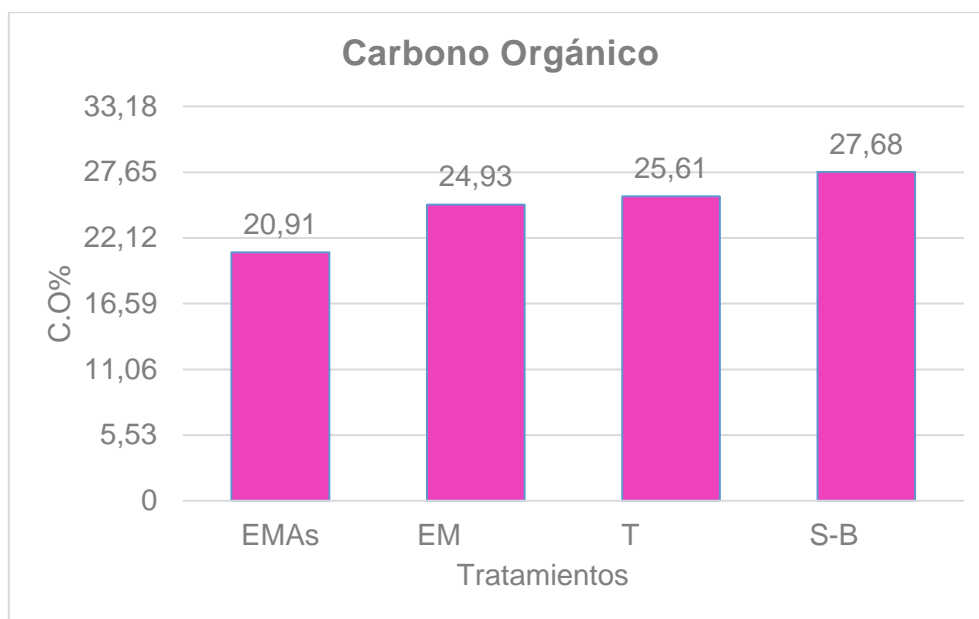
Tratamientos	Medias	Tukey 5%
EMAs	20.91	A
EM	24.93	A
T	25.61	A
S-B	27.68	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

S-B tiene un valor alto con respecto a los demás tratamientos y las EMAs tienen un bajo contenido de carbono orgánico (véase, gráfica 20).



**Gráfica 20.** Promedio de Carbono Orgánico %



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

#### 4.6.1.6. Análisis de varianza relación carbono/nitrógeno (C/N)

Para la relación carbono nitrógeno se aceptó  $H_0: \mu_T = \mu_{EMAS} = \mu_{S-B} = \mu_{EM}$  y rechazó  $H_1: \mu_T \neq \mu_{EMAS} \neq \mu_{S-B} \neq \mu_{EM}$ , con el 95 % de CERTEZA y 5 % de ERROR, debido a que no existió diferencias significativas (NS) entre las medias de los tratamientos (véase, tabla 49).

**Tabla 49.** Cálculo del ANOVA C/N

F.V.	SC	CM	F	Pr(>F)	Sig
TRATAMIENTO	28.9	9.63	1.61	0.2615	NS
Error	47.78	5.97			
Total	76.68				

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

La prueba Tukey 5% realizado a la relación C/N, se puede observar, que hay un solo rango (A) para los tratamientos es no hay diferencias entre ella (véase, tabla 50).



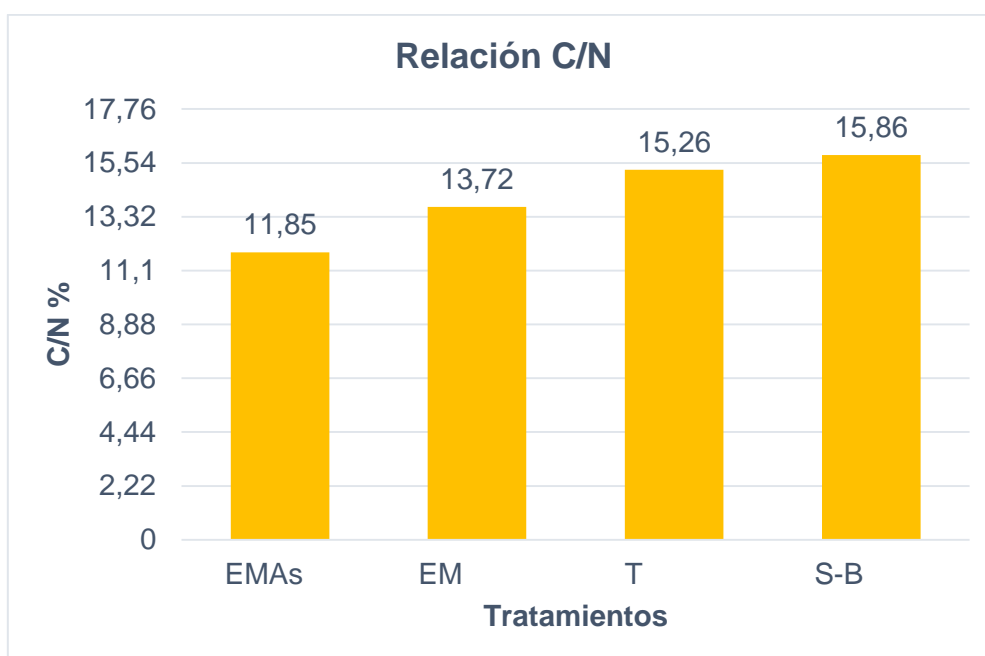
**Tabla 50.** Prueba Tukey 5% de C/N

TRATAMIENTO	Medias	Tukey 5%
EMAs	11.85	A
EM	13.72	A
T	15.26	A
S-B	15.86	A

Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo

Se observa que el valor más alto del tratamiento es el S-B y el valor más bajo es de los EMAs (véase, gráfica 21).

**Gráfica 21.** Promedio de la relación C/N %



Elaborado por: Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



#### 4.7. Análisis de pesos del compost

Después de finalizar el proceso de degradación de la materia orgánica que llegó al relleno de Yuracasha, se analizó los pesos de cada tratamiento del compost (véase, tabla 51), siendo así los microorganismos eficientes autóctonos los que mayor peso obtuvieron y el testigo el menor peso.

**Tabla 51.** Pesos del compost de cada tratamiento

<b>Tratamientos</b>	<b>Peso final del compost (kg)</b>
Testigo	34.36
EMAs	45.45
S-B	35.45
EM	36.36

**Elaborado por:** Noemí Guasco & Mónica Jaramillo



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- ❖ La temperatura es un factor muy importante en el proceso de descomposición de la materia orgánica; con la utilización de los activadores biológicos se observó que hay un incremento de temperatura, durante las primeras semanas en todos los tratamientos, esto es beneficioso debido a que se destruye la mayoría de microorganismos patógenos, huevos y quistes presentes en la materia orgánica favoreciendo que el compost sea libre de patógenos y también ayuda a que el proceso de degradación sea más rápido.
- ❖ Fase mesofílica: Las medias de la temperatura, presentaron rangos similares, esto indicó que en esta etapa trabajaron al mismo ritmo los tratamientos y el testigo.
- ❖ Fase termofílica: en esta etapa sobresalen los microorganismos eficientes autóctonos (56.9 °C) y los eficaces (56.6 °C), en comparación con el Suffix-R & Best ultra-F (50.6 °C) y testigo (51.1 °C). Llegando a la conclusión que, los EMAs liberaron mayor cantidad de energía y aceleraron el proceso de descomposición.
- ❖ Fase de maduración: la temperatura media de los ensayos que contenían activadores biológicos alcanzaron el valor más alto en comparación al testigo, sobresaliendo, los microorganismos eficientes autóctonos con (32.6 °C). Esta etapa fue la más larga durante el proceso de compostaje, y una vez que la temperatura inició su estabilización (tres últimas semanas) se concluyó que el compost está listo para utilizarse.



- ❖ La humedad es importante en el proceso de degradación de la materia orgánica, este factor fue afectado por el exceso del viento que hubo en los meses de Agosto y Septiembre en el relleno de Yuracasha, provocó que el material de los ensayos se seque por lo que se regó para evitar que se retrase el proceso.
- ❖ En la fase mesofílica, la humedad media de los ensayos, incluido el testigo tuvieron rangos similares; en la fase termofílica y de maduración, los experimentos que se aplicó activadores biológicos se mantuvieron dentro de los rangos óptimos, indicando que los tratamientos conservaron mejor la humedad en comparación con el testigo.
- ❖ El pH de los tratamientos y testigo, que fue registrado durante las trece semanas que duró el proceso de compostaje, presentó al inicio valores entre (4.5-4.8); con el pasar del tiempo el pH se mantuvo dentro de un rango 6.3-7.1; por lo que se concluyó, que durante el compostaje existió un buen desarrollo microbiano.
- ❖ Los resultados de los nutrientes del compost maduro reportados por Agrocalidad, no mostraron diferencias significativas entre las medias. Los EMAs presentaron mayor cantidad de nutrientes como:  $P_2O_5$ ,  $K_2O$ , y NT, en comparación con los EM y testigo. A estos componentes no se compararon con el Surfixx-R & Best Ultra-F debido a que este producto tiene los elementos antes mencionados incluidos.
- ❖ El Surfixx-R & Best Ultra-F son los que mayor cantidad de materia orgánica tuvieron, en relación a los demás ensayos, por ende la relación C/N y carbono orgánico de este producto fue el que más se destacó.



- ❖ Los ensayos presentaron una relación carbono nitrógeno entre 11.85-15.86, valores que indicaron que el compost estaba maduro y estable según los rangos de la literatura (10-20).
  
- ❖ El tiempo de compostaje que realizaba la Empresa Municipal Mancomunada del Aseo Integral del pueblo Cañarí EMMAIPC-EP era de seis meses; por lo que este estudio logró reducir a tres meses; el periodo de descomposición de la materia orgánica podría ser menor debido a que no existe una trituradora por lo que los residuos de tamaño grande se redujo con machete pero no lo suficiente.
  
- ❖ Se analizó el peso del compost de cada ensayo, y se concluye que los EMAs con 45.45kg presentaron mayor valor, en comparación con los demás experimentos, por ende la degradación mediante la utilización de este activador biológico fue el más efectivo.
  
- ❖ Al inicio del proceso de compostaje se observó que el color de la materia orgánica era de acuerdo a los residuos presentes en las pilas, pero con el pasar del tiempo en la degradación se notó el cambio de color adquiriendo una tonalidad oscura y al finalizar el compostaje tuvo una coloración negra o marrón oscura en todos los tratamientos.
  
- ❖ Con la utilización de los activadores biológicos en los tratamientos se eliminó los olores desagradables en el proceso de degradación, pero en el caso del testigo hubo presencia de malos olores.



## 5.2. Recomendaciones

- ❖ Para próximos estudios se recomienda, que los tratamientos se coloquen en un lugar donde no les afecte el viento, y realizar la toma de datos diariamente durante el proceso de compostaje, porque en este estudio se realizó dos veces por semana y existieron días que hubo ventolera y disminuyó la humedad y por ende la temperatura.
- ❖ Se sugiere utilizar los microorganismos eficientes autóctonos para la obtención de compost, por ser el que mejor resultado que presentó en el estudio y realizar otras investigaciones en tratamientos de lixiviados, residuos de lodos, descomposición de estiércoles (vacuno, ovino, equino).etc.
- ❖ La falta de tecnología (trituradora) en el relleno Yuracasha no permitió la reducción uniforme del material, por lo que se recomienda utilizar una trituradora para disminuir el tamaño de los residuos y así acelerar el proceso.
- ❖ Se recomienda utilizar los microorganismos eficientes autóctonos para la descomposición de la materia orgánica, por lo que se reduce costos económicos, en relación con los microorganismos comerciales.
- ❖ Se sugiere realizar un análisis químico completo del compost, en futuras investigaciones , para determinar la cantidad de macro y micronutrientes y corregir las deficiencias en los suelos
- ❖ El abono orgánico obtenido en el relleno es adecuado para mejorar las característica físico-químico de los suelos, por lo que se recomienda utilizar el compost en jardines, regeneración vegetativa, plantaciones forestales, etc.; pero por ejemplo en hortalizas se recomienda realizar un análisis biológico del compost para su utilización.





- ❖ Se recomienda utilizar materiales que contengan mayor porcentaje de carbono, sobre todo cuando los desechos provienen de los mercados, para incrementar la relación C/N, por ejemplo restos de vegetales provenientes de las podas de los árboles (triturados), podas de césped, etc.



## BIBLIOGRAFÍA

- Agearth. (2009). Tecnología EM en le compostaje. Ecuador.
- Alcolea , M., & González, C. (2010). Manual de compostaje doméstico. Barcelona.
- Arias, C., & Jimenez, E. (2009). Estudio de 2 grupos de microorganismos como agentes aceleradores de descomposición de los desechos sólidos orgánicos originados en los comedores de ESPOL.
- Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Universitat Autònoma de Barcelona.
- BID. (2009). Manual práctico de uso de EM. Uruguay.
- Bueno, P., Díaz, M., & Cabrera, F. (2008). Factores que afectan al proceso de Compostaje.
- Casco, J., & Bernat, S. (2008). Microbiología y bioquímica del proceso de compostaje.
- Céspedes, C. (2004). Bases técnicas para la producción de compost. Suelos, 38-41.
- Chávez, E., & Gordillo, F. (2010). Evaluación comparativa de la calidad del compost a partir de diferentes combinaciones de desechos agroindustriales azucareros.
- Cuevas, J. (2006). Etapas del proceso de compostaje.
- GlobalOrganics. (2014). Manejo de Surfixx-R & Best Ultra-F.
- Higa, T., & Parr, J. (1994). Beneficial and effective microorganisms for a sustainable agriculture and environment (Vol. 1). International Nature Farming Research Center.
- Laich, F. (24 de Diciembre de 2014). <http://www.agrolanzarote.com/>. Obtenido de [http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/01Actualidad/documentos/f\\_laich\\_-\\_microorganismos\\_del\\_compost\\_y\\_del\\_te\\_-\\_lanzarote\\_2012.pdf](http://www.agrolanzarote.com/sites/default/files/Agrolanzarote/01Actualidad/documentos/f_laich_-_microorganismos_del_compost_y_del_te_-_lanzarote_2012.pdf)
- Larreategui, E., & Banchón, C. (2014). Un modelo matemático para la reducción del tiempo de compostaje. Enfoque UTE, 29-37.
- Montaño, N., Sandoval, A., Camargo, S., & Sánchez, J. (2010). Los microorganismos pequeños gigantes. México.
- Neugebauer , M., Sołowiej, P., & Piechocki, J. (2014). Fuzzy control for the process of heat removal during the. Journal of Material Cycles and Waste Management, 16:291–297.
- Partanen, P., Hultman, J., Paulin, L., Auvinen, P., & Romantschuk, M. (2010). Bacterial diversity at different stages of the. BMC Microbiology, 10:94-104.
- Pazmiño, J. (2011). Diseño de Experimentos. Riobamba.
- Puerta, S. (2012). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelo.



- Razali, N. M., & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 25.
- Rey, M. (24 de Diciembre de 2014). [www.compostadores.com](http://www.compostadores.com). Obtenido de [http://www.compostadores.com/repositorio/Organismos\\_intervienen\\_compostaj\\_enl.pdf](http://www.compostadores.com/repositorio/Organismos_intervienen_compostaj_enl.pdf).
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (26 de Febrero de 2013). Manual de compostaje del agricultor. Obtenido de <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>
- Rubio, C., Lemus, C., & Carmona, M. (2002). *Estadística Aplicada a la Investigación*. 27-29.
- Sánchez, J. L. (Sábado de Diciembre de 2014). [catedras.quimica.unlp.edu.ar/ingenieriabioquimicalyII/microbiologia.pdf](http://catedras.quimica.unlp.edu.ar/ingenieriabioquimicalyII/microbiologia.pdf). Obtenido de <http://catedras.quimica.unlp.edu.ar/ingenieriabioquimicalyII/microbiologia.pdf>
- Santillán, M., Recalde, C., & Echeverría, M. (2008). Descomposición de materia orgánica con microorganismos magnetizados. Riobamba-Ecuador.
- Soliva, M., López, M., & Huerta, O. (2008). Antecedentes y fundamentos del proceso del compostaje En el libro *Compostaje*. Mundi prensa, pp75-92.
- Suquilanda, M. (2013). Los microorganismos eficientes autóctonos EMAs. Uruguay.
- Uicab, L. ..., & Sandoval, C. (2003). Uso del contenido ruminal y algunos residuos de la industria cárnica en la elaboración de composta. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 45-63.
- Varela, S., & Basil, G. (2011). Uso de compost en la producción de plantines de especies forestales. INTA.
- Varma, S., & Kalamdhad, A. (2014). Stability and microbial community analysis during rotary drum. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 3:52-60.
- Walde, J. (2014). *Analysis of Variance ANOVA*. MFRI Special Publication, 169-170.
- Xeljuantzi, J., Salazar, G., Domínguez, G., Arias, L., Chávez, Á., & Galindo, A. (2013). Manual para la elaboración de abonos orgánicos a partir de técnicas como la composta y la lombricultura.
- Yazán, R. (2013). Descomposición microbiológica de desechos orgánicos vegetales originados en la Universidad Central del Ecuador. Quito.
- Zepeda, F. (1995). El manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud.