

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

ESCUELA DE DESARROLLO INTEGRAL AGROPECUARIO

“Elaboración de compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (EMs) y *Trichoderma* spp, como agentes aceleradores de compostaje.”

Tesis de grado previa la obtención del título de
Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario

AUTOR: Guillermo Alexander Jácome Sarchi

ASESOR: MSc. Hernán Benavides

TULCÁN - ECUADOR

AÑO: 2013

CERTIFICADO.

Certifico que el estudiante Guillermo Alexander Jácome Sarchi con el número de cédula 0401431853 ha elaborado bajo mi dirección la sustentación de grado titulada: “Elaboración de compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (EMs) y Trichoderma spp, como agentes aceleradores de compostaje”.

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el reglamento de Grado del Título a Obtener, por lo tanto, autorizo la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

MSc. Hernán Benavides

Tulcán, 14 de octubre de 2013

AUTORÍA DE TRABAJO.

La presente tesis constituye requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en Desarrollo Integral Agropecuario de la Facultad de Industrias Agropecuarias Y Ciencias Ambientales.

Yo, Guillermo Alexander Jácome Sarchi con cédula de identidad número 0401431853 declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

.....

Guillermo Jácome

Tulcán, 14 de octubre de 2013

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS DE GRADO.

Yo Guillermo Alexander Jácome Sarchi, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la resolución del Consejo de Investigación de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi de fecha 21 de junio del 2012 que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través o con el apoyo financiero, académico o institucional de la Universidad”.

Tulcán, 14 de octubre de 2013

Guillermo Alexander Jácome Sarchi
CI 0401431853

AGRADECIMIENTO.

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación. Agradezco al director de tópicos, MSc. Hernán Benavides, quien a lo largo de este tiempo ha puesto a prueba su capacidad y conocimiento en el desarrollo de este nuevo proyecto de tesis, el cual ha finalizado colmando todas las expectativas. A mi familia por su incondicional apoyo y motivación para la presente formación académica, ellos creyeron en todo momento y no dudaron de mi intelecto. A los virtuosos maestros a quienes debemos gran parte de esta docta formación, gracias a su paciencia y enseñanza, finalmente un imperecedero agradecimiento a esta prestigiosa universidad, la cual abrió y abre sus puertas a jóvenes ávidos de superación, preparándonos para un futuro competitivo en profesionales que contribuyan al progreso de la sociedad.

DEDICATORIA.

La concepción de este proyecto lo dedico a Marlene Sarchi, abnegada madre, y pilar fundamental en mi vida. Sin ella, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora soy, su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ella un gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanos, mi familia. También dedico este proyecto a Verónica Arévalo, íntegra esposa y a Daybeth Jácome, nuestra hermosa hija, compañeras inseparables de cada jornada. Quienes depositaron su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad además representaron gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio. A ellas este proyecto, es por ellas lo que soy ahora.

Las amo con mi vida.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO.....	i
AUTORÍA DE TRABAJO.....	ii
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE TESIS DE GRADO.	iii
AGRADECIMIENTO.	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN EJECUTIVO.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
TUKUYSHUK RANAKU.....	xxiii
INTRODUCCIÓN.....	xxiv
I. EL PROBLEMA.	- 1 -
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	- 1 -
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.	- 2 -
1.3. DELIMITACIÓN.....	- 2 -
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	- 3 -
1.5. OBJETIVOS.	- 4 -
1.5.1 Objetivo General.....	- 4 -
1.5.2 Objetivos Específicos.....	- 4 -
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.	- 5 -
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	- 5 -
2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.	- 6 -
2.3. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA.....	- 8 -
2.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.....	- 9 -

2.4.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	- 9 -
2.4.1.1. Contaminación del suelo.....	- 9 -
2.4.1.2. Aspectos generales de la contaminación en el suelo.....	- 10 -
2.4.2. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.....	- 10 -
2.4.2.1. Origen de la materia prima.....	- 11 -
2.4.2.2. Infraestructura necesaria para el proceso.....	- 12 -
2.4.2.3. Procedimiento para la obtención del compost.....	- 12 -
2.4.2.3.1. Recolección del material.....	- 12 -
2.4.2.3.2 Clasificación.....	- 13 -
2.4.2.3.3 Picado.....	- 13 -
2.4.2.3.4. Apilado.....	- 13 -
2.4.2.3.5 Proceso de compostado.....	- 14 -
2.4.2.4. Parámetros del proceso de compostaje.....	- 14 -
2.4.2.4.1. Temperatura.....	- 15 -
2.4.2.4.1.1. Fase mesófila inicial.....	- 16 -
2.4.2.4.1.2. Fase termófila.....	- 16 -
2.4.2.4.1.3. Fase mesófila final.....	- 17 -
2.4.2.4.2 Aireación.....	- 18 -
2.4.2.4.3. Humedad.....	- 18 -
2.4.2.4.4. pH.....	- 19 -
2.4.2.4.5. Relación Carbono/Nitrógeno.....	- 19 -
2.4.2.5. Sistemas de compostado.....	- 20 -
2.4.2.5.1. Sistemas de compostaje más utilizados.....	- 21 -
2.4.2.5.1.1. Compostaje en pilas con volteo.....	- 21 -

2.4.2.5.1.2. Compostaje en Canales.....	- 21 -
2.4.2.5.1.3. Compostaje en Túneles	- 22 -
2.4.2.6. Aplicación en Ecuador.....	- 22 -
2.4.2.7. Composición química del Compost.....	- 23 -
2.4.2.7.1. Ventajas del Compost.....	- 23 -
2.4.2.7.2. Forma y dosis de aplicación del Compost.	- 24 -
2.4.3. Generalidades de los microorganismos.....	- 24 -
2.4.3.1. Denominación y clasificación de los microorganismos.....	- 25 -
2.4.3.2. Aplicaciones de los microorganismos,	- 26 -
2.4.3.2.1. En Alimentación.....	- 27 -
2.4.3.2.2. En Medicina	- 27 -
2.4.3.2.3. En Agricultura	- 27 -
2.4.3.2.4. En el Medio Ambiente.....	- 28 -
2.4.4. Los Microorganismos eficientes (E.M).....	- 28 -
2.4.4.1. Tipos de Microorganismos que conforman el complejo E.M.-	- 29 -
2.4.4.1.1. Las bacterias fotosintéticas.....	- 29 -
2.4.4.1.2. Las bacterias ácido lácticas	- 29 -
2.4.4.1.3. Las levaduras	- 30 -
2.4.4.1.4. Los actinomicetos	- 30 -
2.4.4.1.5. Hongos de fermentación.....	- 31 -
2.4.4.2. Utilidad.	- 31 -
2.4.4.3. Aplicaciones.	- 32 -
2.4.4.3.1. En Agricultura	- 32 -
2.4.4.3.2. En Producción Animal	- 32 -

2.4.4.3.3. En el Manejo de Desechos Sólidos Orgánicos	- 32 -
2.4.5. EL HONGO <i>Trichoderma</i> spp.	- 33 -
2.4.5.1. Principales características	- 33 -
2.4.5.2. Descripción Taxonómica	- 33 -
2.4.5.3. Características morfológicas y físico-químicas	- 34 -
2.4.5.4. Ventajas del Hongo <i>Trichoderma</i> spp.....	- 35 -
2.4.5.5. Principales beneficios agrícolas del <i>Trichoderma</i> spp	- 35 -
2.4.6. CARACTERÍSTICAS DEL CABELLO HUMANO.	- 36 -
2.4.6.1. Estructura del cabello humano	- 36 -
2.4.6.1.1. La Cutícula	- 36 -
2.4.6.1.2. El Córtex	- 37 -
2.4.6.1.3. La Médula	- 37 -
2.4.6.2. La Queratina.....	- 37 -
2.4.6.3. La Queratinolisis	- 39 -
2.5. HIPÓTESIS.	- 40 -
2.6. VARIABLES.	- 40 -
III. METODOLOGÍA.	- 41 -
3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	- 41 -
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.	- 41 -
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.	- 42 -
3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	- 43 -
3.5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	- 44 -
3.5.1. Información bibliográfica.	- 44 -
3.5.2. Información procedimental.....	- 44 -

3.5.2.1. Localización del experimento.....	- 44 -
3.5.2.1.1. Datos Informativos del lugar.....	- 44 -
3.5.2.2. Factores en estudio.....	- 45 -
3.5.2.2.1. Dosis de cabello.....	- 45 -
3.5.2.2.2. Microorganismos con dosis comerciales.....	- 45 -
3.5.2.3. Tratamientos.....	- 45 -
3.5.2.4. Diseño experimental.....	- 46 -
3.5.2.4.1. Tipo de diseño.....	- 46 -
3.5.2.5. Variables a evaluarse.....	- 47 -
3.5.2.5.1. Determinación de la Temperatura.....	- 47 -
3.5.2.5.2. Determinación del PH.....	- 48 -
3.5.2.5.3. Calidad nutricional del compost.....	- 48 -
3.5.2.5.4. Determinación del rendimiento total.....	- 49 -
3.5.2.5.5. Determinación de costos.....	- 49 -
3.5.2.6. Manejo específico del ensayo.....	- 50 -
3.5.2.6.1. Materiales y equipos.....	- 50 -
3.5.2.7. Flujograma: Elaboración de compost con cabello humano... -	51 -
3.5.2.8. Procedimiento.....	- 52 -
3.5.2.8.1 Adecuación del área experimental.....	- 52 -
3.5.2.8.2 Recolección de la materia prima.....	- 52 -
3.5.2.8.3 Apilado de los desechos sólidos orgánicos.....	- 53 -
3.5.2.8.4 Delimitación de las Unidades Experimentales.....	- 54 -
3.5.2.8.5 Picado de los desechos sólidos orgánicos.....	- 55 -

3.5.2.8.6 Formación de composteras e Inoculación de Microorganismos	- 55 -
3.5.2.8.7 Aireación.....	- 56 -
3.5.2.8.8 Maduración.....	- 57 -
3.5.2.8.9 Tamizado.....	- 57 -
3.5.2.8.10 Almacenamiento.....	- 58 -
3.6. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	- 59 -
3.6.1. Análisis de resultados.....	- 59 -
3.6.1.1. Análisis estadístico de variables.....	- 59 -
3.6.1.2. Contenido nutricional del Compost.....	- 59 -
3.6.1.2.1. Contenido de Nitrógeno.....	- 60 -
3.6.1.2.2. Contenido de Fósforo.....	- 63 -
3.6.1.2.3. Contenido de Potasio.....	- 66 -
3.6.1.2.4. Contenido de Calcio.....	- 69 -
3.6.1.2.5. Contenido de Azufre.....	- 72 -
3.6.1.2.6. Contenido de Magnesio.....	- 75 -
3.6.1.2.7. Contenido de Boro.....	- 78 -
3.6.1.2.8. Contenido de Cobre.....	- 81 -
3.6.1.2.9. Contenido de Hierro.....	- 84 -
3.6.1.2.10. Contenido de Manganeso.....	- 86 -
3.6.1.2.11. Contenido de Zinc.....	- 90 -
3.6.1.3. Características físico - químicas.....	- 93 -
3.6.1.3.1. Análisis del Potencial Hidrogeno (pH)	- 93 -
3.6.1.3.2. Análisis de la Temperatura	- 98 -

3.6.1.3.3. Análisis de la conductividad eléctrica.	- 100 -
3.6.1.3.4. Contenido de materia orgánica.....	- 103 -
3.6.1.4. Rendimiento del compost.....	- 106 -
3.6.1.5. Análisis de costos.....	- 109 -
3.6.2. Interpretación de datos (ppm).....	- 110 -
3.6.3. Verificación de la hipótesis.	- 111 -
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 112 -
4.1. CONCLUSIONES.....	- 112 -
4.2. RECOMENDACIONES	- 113 -
VI. BIBLIOGRAFIA.....	- 114 -
LINKOGRAFIA.....	- 117 -
VII. ANEXOS.....	- 119 -

Índice de cuadros.

Cuadro 1: Características de los materiales para compostaje	- 11 -
Cuadro 2: Relación Carbono/Nitrógeno de algunos materiales orgánicos....	- 20 -
Cuadro 3: Composición química del compost.....	- 23 -
Cuadro 4: Dosis para aplicar de compost según el contenido de materia orgánica en el suelo.....	- 24 -
Cuadro 5: Composición química de la queratina alfa.....	- 38 -
Cuadro 6: Tratamientos a aplicarse	- 45 -
Cuadro 7: Tratamientos con los porcentajes y la cantidad de materia orgánica... ..	- 46 -
Cuadro 8: Tratamiento Testigo con los porcentajes y la cantidad de materia orgánica	- 46 -
Cuadro 9: Características del ensayo	- 46 -
Cuadro 10: Esquema del análisis estadístico	- 47 -
Cuadro 11: Valores obtenidos para el contenido de Nitrógeno.....	- 60 -
Cuadro 12: ADEVA para el contenido de Nitrógeno	- 60 -
Cuadro 13: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Nitrógeno.	- 61 -
Cuadro 14: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos el contenido de Nitrógeno.....	- 61 -
Cuadro 15: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano el contenido de Nitrógeno	- 62 -
Cuadro 16: Valores obtenidos para el contenido de Fósforo.	- 63 -
Cuadro 17: ADEVA para el contenido de Fósforo.....	- 63 -
Cuadro 18: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Fósforo.....	- 64 -

Cuadro 19: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Fósforo.	- 64 -
Cuadro 20: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Fósforo.	- 65 -
Cuadro 21: Valores obtenidos para el contenido de Potasio.	- 66 -
Cuadro 22: ADEVA para el contenido de Potasio.....	- 66 -
Cuadro 23: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Potasio.....	- 67 -
Cuadro 24: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Potasio.....	- 67 -
Cuadro 25: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Potasio.	- 68 -
Cuadro 26: Valores obtenidos para el contenido de Calcio	- 69 -
Cuadro 27: ADEVA para el contenido de Calcio.....	- 69 -
Cuadro 28: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Calcio.....	- 70 -
Cuadro 29: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Calcio.....	- 70 -
Cuadro 30: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Calcio.	- 71 -
Cuadro 31: Valores obtenidos para el contenido de Azufre	- 72 -
Cuadro 32: ADEVA para el contenido de Azufre	- 72 -
Cuadro 33: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Azufre.	- 73 -
Cuadro 34: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Azufre.	- 73 -

Cuadro 35: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Azufre.	- 74 -
Cuadro 36: Valores obtenidos para el contenido de Magnesio.....	- 75 -
Cuadro 37: ADEVA para el contenido de Magnesio	- 75 -
Cuadro 38: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Magnesio.	- 76 -
Cuadro 39: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Magnesio.	- 76 -
Cuadro 40: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Magnesio.....	- 77 -
Cuadro 41: Valores obtenidos para el contenido de Boro.....	- 78 -
Cuadro 42: ADEVA para el contenido de Boro	- 78 -
Cuadro 43: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Boro.	- 79 -
Cuadro 44: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Boro.....	- 79 -
Cuadro 45: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Boro.....	- 80 -
Cuadro 46Valores obtenidos para el contenido de Cobre	- 81 -
Cuadro 47: ADEVA para el contenido de Cobre	- 81 -
Cuadro 48: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Cobre.....	- 82 -
Cuadro 49: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Cobre.....	- 82 -
Cuadro 50: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Cobre.....	- 83 -

Cuadro 51: Valores obtenidos para el contenido de Hierro	- 84 -
Cuadro 52: ADEVA para el contenido de Hierro	- 84 -
Cuadro 53: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Hierro.....	- 85 -
Cuadro 54: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos para el contenido de Hierro.....	- 85 -
Cuadro 55: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano para el contenido de Hierro.....	- 85 -
Cuadro 56: Valores obtenidos para el contenido de Manganeso	- 86 -
Cuadro 57: ADEVA para el contenido de Manganeso	- 87 -
Cuadro 58: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Manganeso.....	- 87 -
Cuadro 59: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Manganeso.....	- 88 -
Cuadro 60: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Manganeso.....	- 88 -
Cuadro 61: Valores obtenidos para el contenido de Zinc	- 90 -
Cuadro 62: ADEVA para el contenido de Zinc.....	- 90 -
Cuadro 63: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Zinc.....	- 91 -
Cuadro 64: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Zinc.....	- 91 -
Cuadro 65: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Zinc.....	- 92 -
Cuadro 66: Control de pH durante el proceso de compostaje.....	- 93 -
Cuadro 67: Valores obtenidos del pH al finalizar el proceso de compostaje.....	- 94 -

Cuadro 68: ADEVA para el contenido del pH	- 95 -
Cuadro 69: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos de la variable pH.	- 95 -
Cuadro 70: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos de la variable pH.....	- 96 -
Cuadro 71: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano de la variable pH.....	- 96 -
Cuadro 72: Control de Temperatura durante el proceso de compostaje.	- 98 -
Cuadro 73: Valores obtenidos de la CE al finalizar el proceso de compostaje.	- 100 -
Cuadro 74: ADEVA para la conductividad eléctrica	- 100 -
Cuadro 75: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en la variable de CE.....	- 101 -
Cuadro 76: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en la variable de CE.....	- 101 -
Cuadro 77: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en la variable de CE.	- 102 -
Cuadro 78: Valores obtenidos del contenido de materia orgánica al finalizar el proceso de compostaje.....	- 103 -
Cuadro 79: ADEVA para el contenido de materia orgánica	- 103 -
Cuadro 80: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de materia orgánica.	- 104 -
Cuadro 81: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de materia orgánica.....	- 104 -
Cuadro 82: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de materia orgánica.....	- 105 -
Cuadro 83: Valores obtenidos para el rendimiento del compost.....	- 106 -

Cuadro 84: ADEVA para el rendimiento del compost	- 106 -
Cuadro 85: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el rendimiento del compost.....	- 107 -
Cuadro 86: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el rendimiento del compost.	- 107 -
Cuadro 87: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el rendimiento del compost.....	- 108 -
Cuadro 88: Costo de producción por Kg de compost de cabello humano ..	- 109 -

Índice de gráficos.

Gráfico 1: Esquema de los elementos que intervienen en la formación de compost	- 14 -
Gráfico 2: Etapas del crecimiento microbiano en función de la temperatura y pH.....	- 17 -
Gráfico 3: Árbol filogenético para la clasificación de las especies	- 26 -
Gráfico 4: Bacterias fotosintéticas.....	- 29 -
Gráfico 5: Bacterias ácido lácticas	- 30 -
Gráfico 6: Levaduras.....	- 30 -
Gráfico 7: Actinomicetos	- 31 -
Gráfico 8: Hongos de Fermentación	- 31 -
Gráfico 9: Aspecto in vitro y crecimiento de <i>Trichoderma harzianum</i> , ocho días después de sembrado en el medio de cultivo PDA.....	- 34 -
Gráfico 10: a. Conidióforo, b. Conidias y c. Clamidosporas de <i>Trichoderma harzianum</i>	- 35 -
Gráfico 11: Estructura de una Hebra de cabello humano	- 36 -
Gráfico 12: Distribución de las Unidades Experimentales	- 54 -
Gráfico 13: Comportamiento de las medias para el contenido de Nitrógeno....	- 62 -
Gráfico 14: Comportamiento de las medias para el contenido de Fósforo.....	- 65 -

Gráfico 15: Comportamiento de las medias para el contenido de Potasio.....	- 68 -
Gráfico 16: Comportamiento de las medias para el contenido de Calcio. - 71 -	- 71 -
Gráfico 17: Comportamiento de las medias para el contenido de Azufre. - 74 -	- 74 -
Gráfico 18: Comportamiento de las medias para el contenido de Magnesio...	- 77 -
Gráfico 19: Comportamiento de las medias para el contenido de Boro... - 80 -	- 80 -
Gráfico 20: Comportamiento de las medias para el contenido de Cobre. - 83 -	- 83 -
Gráfico 21: Comportamiento de las medias para el contenido de Hierro. - 86 -	- 86 -
Gráfico 22: Comportamiento de las medias para el contenido de Manganeso.	- 89 -
Gráfico 23: Comportamiento de las medias para el contenido de Zinc.... - 92 -	- 92 -
Gráfico 24: Curva de comportamiento del pH durante el proceso de compostaje.	- 94 -
Gráfico 25: Comportamiento de las medias para el pH final. - 97 -	- 97 -
Gráfico 26: Curva de comportamiento de la Temperatura durante el proceso de compostaje.....	- 99 -
Gráfico 27: Comportamiento de las medias para la conductividad eléctrica....	- 102 -
Gráfico 28: Comportamiento de las medias para el contenido de materia orgánica.	- 105 -
Gráfico 29: Comportamiento de las medias para el rendimiento del compost..	- 108 -

Índice de Fotografías.

Fotografía 1: Medición de Temperatura	- 47 -
Fotografía 2: Valores de Temperatura	- 48 -
Fotografía 3: Medición del pH.....	- 48 -
Fotografía 4: Muestras para enviar a laboratorio	- 49 -
Fotografía 5: Galpón para la ejecución de la investigación.....	- 52 -
Fotografía 6: Apilado del estiércol.....	- 53 -
Fotografía 7: Apilado del pasto	- 53 -
Fotografía 8: Recolección del cabello humano	- 53 -
Fotografía 9: Microorganismos comerciales	- 53 -
Fotografía 10: Apilado de los desechos orgánicos	- 53 -
Fotografía 11: Delimitación de las Unidades Experimentales.....	- 55 -
Fotografía 12: Picado de los desechos sólidos orgánicos	- 55 -
Fotografía 13: Formación de las composteras.....	- 56 -
Fotografía 14: Inoculación de los microorganismos EM y <i>Trichoderma</i> spp..	- 56 -
Fotografía 15: Aireación de las composteras.....	- 57 -
Fotografía 16: Fase de Maduración del compost.....	- 57 -
Fotografía 17: Toma de muestra de compost	- 58 -
Fotografía 18: Almacenamiento del compost.....	- 58 -

RESUMEN EJECUTIVO.

Con el fin de evitar la contaminación de amplias superficies a causa de una mala disposición de la basura, se consiguió aprovechar el cabello humano que se elimina en salones de belleza, como materia prima para la obtención de compost además se inocularon microorganismos para acelerar este proceso, el compost es un abono orgánico que se utiliza como fertilizante edáfico, puede contribuir al desarrollo del sector agrícola, y a la conservación del ambiente.

El proceso tecnológico inicio con la recolección de la materia prima, que fue sometida al proceso de compostaje, por un espacio de 16 semanas, se empleó un diseño completamente al azar con 9 tratamientos y 3 repeticiones, cada unidad experimental estuvo conformada con 50kg de materia orgánica a compostar, se utilizaron dos dosis de cabello humano: de 5 y 10%, dos grupos diferentes de microorganismos: microorganismos eficientes (EM) y *Trichoderma* spp, conjuntamente con estiércol y pasto. Se comprobó que la formulación del tratamiento T2 (2% Microorganismos Eficientes + 10% Cabello humano + 24% Estiércol de cuy. + 64% Poda de pasto) fue la más adecuada para obtener una concentración óptima de macronutrientes, elementos secundarios y micronutrientes con valores de: 0,12% de Nitrógeno, 0,028% de Fósforo, 0,60% de Potasio, 0,56% de Calcio, 0,085% de Azufre, 0,059% de Magnesio, 6,01 ppm de Boro, 4,11 ppm de Cobre, 127,13 ppm de Hierro, 56 ppm de Manganeso y 22,29 ppm de Zinc. Además alcanzó un pH ligeramente ácido de 6,27, una conductividad eléctrica de 12,91 mS/cm que se traduce en un compost con una concentración salina fuerte, el rendimiento fue del 65% y el costo de producción por kilogramo de compost mereció un valor de 0,07 USD.

ABSTRACT

In order to avoid contamination of large areas because of poor garbage disposal was achieved leverage human hair is removed in beauty salons, as raw material for the production of compost also inoculated microorganisms to accelerate this process, compost is an organic fertilizer that is used as fertilizer edaphic, can contribute to the development of agriculture, and environmental conservation.

The technological process began with the collection of the raw material, which was submitted to the composting process, by a space of 16 weeks, employment is a complete Design at random with 9 treatments and 3 replicates, each experimental unit was formed with 50kg of organic matter to composting, we used two doses of human hair: the 5 and 10 %, two different groups of microorganisms: efficient microorganisms (EM) and *Trichoderma* spp, in conjunction with manure and grass trimmed. It was found that the formulation of treatment T2 (2% efficient microorganisms + 10% + 24% Human Hair guinea pig manure. + 64% pruning grass) was the most suitable for obtaining an optimal concentration of macronutrients, secondary elements and micronutrients with values 0.12% nitrogen, 0.028% phosphorus, 0.60% potassium, 0.56% calcium, 0.085% sulfur, 0.059% magnesium, 6.01 ppm boron, 4.11 ppm copper, 127.13 ppm Iron, 56 ppm manganese and 22.29 ppm zinc. In addition a slightly acid pH reached 6.27, an electrical conductivity of 12.91 mS / cm which results in a compost with a strong salt concentration, the yield was 65%, and the cost of production per kilogram of compost merited a value of \$ 0.07.

TUKUYSHUK RANAKU

kay rikurik tapushka ruraran imalayash suk allin katingapak allichinabu akcha runa kari chayguna kacharin y sitin oku akcha rutuna allí sakiringabu y kayguna tandarin ishkan ukupi, chaymanda rurana el compost chaymunda kutin mawkanabu fertilizante edáfico, yapangabu china wiñachingabu kawsay-llakta agricola china wakaychina chay pacha.

Kay ruray allí yachana kallariyka japingabu kaytaku prima, chaymanda churaran rurangabu compostaje, shug pachamanda de 16 semanas, kay charin y ruraran shug mushug yuyay illita sin yuyash con 9 katingapak y 3 kutin rurangabu, shugkuna allí rurashkakuna kay garan y chariran con 50kg kaytaku wanu compost, churaran ishka dosis de akcha karimanda: de 5 y 10%, ishka tandanaykuykuna kutishug de microorganismos: microorganismos eficientes (EM) y *Trichoderma* spp, tandanacush misklis wanon y kiwa fitishka. Kay rikuchiran que la formulación katingapak T2 (2% microorganismos eficientes + 10% Akcha karimanda + 24% wano de cuy. + 64% Poda de kiwa) kay allí garka taringabu shug tandanakuikuna allichina de macronutrientes, tilla kishkaykushka y micronutrientes ashkan de: 0,12% de Nitrógeno, 0,028% de Fósforo, 0,60% de Potasio, 0,56% de Calcio, 0,085% de Azufre, 0,059% de Magnesio, 6,01 ppm de Boro, 4,11 ppm de Cobre, 127,13 ppm de Hierro, 56 ppm de Manganeso y 22,29 ppm de Zinc. Chaymanda jampirka shug pH allillamanda ácido de 6,27, shuk uktuñan eléctrica de 12,91 mS/cm chaimanda nishkaska nin en un compost tandanakuikuna shugshin sinchi, kay cantingapak garan del 65%, kushkimanda por kilogramo de compost chariran shug allí charina de 0,07 USD.

INTRODUCCIÓN

El compostaje es un proceso de biotransformación de la materia orgánica, que genera subproductos denominados enmiendas y/o abonos (Compost), con el fin de evitar la contaminación ambiental. El principio de la compostación se fundamenta en la acción de microorganismos, principalmente aeróbicos, los cuales son responsables de la mayor parte de la biotransformación del compost. Los factores determinantes para la formación del abono incluyen la aireación, la relación Carbono: Nitrógeno (C/N), el pH y la humedad. La aireación, por la falta de oxígeno, se constituye en un factor crítico limitante; mientras que, otros factores, por sus excesos o defectos, condicionan la velocidad y la calidad del subproducto final. En la conformación de las capas del compostaje, si bien se dan procesos de fermentación en determinadas etapas y bajo ciertas condiciones, lo deseable es que prevalezcan los microorganismos de tipo aerobio, tratando de minimizar los procesos fermentativos de tipo anaerobio, ya que sus productos finales, no son adecuados para su aplicación agrícola y conducen a la pérdida de nutrientes en el suelo. En la actualidad la eliminación de cabello humano por salas de belleza acrecienta el contenido de desechos sólidos orgánicos en los rellenos sanitarios, los cuales pueden ser aprovechados en el procesamiento para obtención de compost. El cabello humano por su composición química es una fuente rica en nitrógeno (15,1%) y azufre (5,2%), elementos que mediante el proceso de compostaje pueden ser liberados en nutrimentos asequibles para el desarrollo de las plantas, en el proceso de compostaje hoy en día se utilizan inoculaciones con microorganismos que pueden incrementar la diversidad microbiana y acelerar este proceso para la obtención de bioabonos, los conocidos microorganismos eficientes contienen especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetes y hongos fermentadores, todos ellos mutuamente compatibles unos con otros.

I. EL PROBLEMA.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A nivel mundial no existen políticas que contribuyan a disminuir la contaminación ambiental ocasionada por la acumulación de residuos sólidos, como el cabello humano, restos que resultan del trabajo en salones de belleza o peluquerías, además el desconocimiento de los propietarios de estos sitios, y la escasa investigación acrecienta este problema, debido a que no se da un verdadero valor agregado al cabello humano.

En la Provincia del Carchi la producción de abonos orgánicos existente es mínima y se realiza de una manera insipiente además su inapreciable aplicación en los diferentes cultivos genera a la postre resultados que se evidencian en una producción deficiente de los cultivos.

Según (Pumisacho, 2008) la Provincia del Carchi es una zona que tiene la mayor área de producción de papa, a nivel nacional ocupa el 25 % es decir 12250 hectáreas de la superficie dedicada al cultivo. Además su rendimiento es en promedio de 21.7t/ha. Esto ha ocasionado que los agricultores utilicen el sistema de monocultivo causando desgaste y erosión del suelo además prestan poco interés en tecnologías alternativas, reduciendo rubros económicos importantes para los productores de abonos orgánicos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad el cabello que se elimina en los salones de belleza incrementa la cantidad de residuos sólidos en los rellenos sanitarios. En las áreas metropolitanas que manejan grandes cantidades de residuos, el cabello humano es eliminado en los vertederos municipales aumentando así la contaminación ambiental.

El cabello está compuesto por: 28% de proteínas, (2% de lípidos y 70% de agua, sales y otras sustancias, las proteínas capilares son en su mayor parte queratina, y tienen mayor contenido en azufre (5,2%), que la queratina de la piel (0,3 a 1%), debido a su composición química no se degrada o descompone fácilmente, esto conduce a que este tipo de desechos sólidos continúen en los basureros sin disminuir su volumen.

Además el desconocimiento por parte de los estilistas ocasiona que no se dé un valor agregado al cabello humano, como puede ser en la producción de compost; de la misma manera la mayoría de agricultores descartan las ventajas de la utilización de compost en el suelo, continuando así la dependencia de productos agroquímicos, siendo esta la principal causa del deterioro, contaminación o erosión del suelo.

1.3. DELIMITACIÓN.

El objeto de estudio se centra en el Área Agrícola - Ambiental la investigación busca evaluar la obtención de compost utilizando cabello humano e inoculando: Microorganismos Eficientes (EMs) y *Trichoderma* spp. Como aceleradores en la descomposición del cabello humano.

El proyecto se llevó a cabo en un tiempo aproximado de dos años en la Provincia del Carchi, Cantón Tulcán.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

Una de las razones por las cuales nuestro país puede realizar proyectos de compostaje es que los porcentajes de producción de desechos sólidos orgánicos en el Ecuador son muy altos. En efecto, "La composición de la basura doméstica en nuestro país presenta el 70 % de materiales orgánicos, 17 % de reciclables inorgánicos y 11 % de otros componentes". (Campos M. , 2010)

Con el fin de evitar la contaminación de amplias superficies a causa de una mala disposición de la basura, se consiguió aprovechar el cabello humano que se elimina en salones de belleza, como materia prima para la obtención de compost además se inocularon microorganismos para acelerar este proceso, el compost es un abono orgánico que se utiliza como fertilizante edáfico, puede contribuir al desarrollo del sector agrícola, y a la conservación del ambiente.

El trabajo investigativo proyectó la evaluación de la obtención de compost con la utilización de cabello humano ya que según (Escalona & Ledesma, 2010) se trata de un residuo de material queratinizado que al acumularse en el suelo, generalmente cerca de zonas pobladas constituye un factor de contaminación; en este sentido, los hongos capaces de ejercer una acción de queratinolisis sobre estos sustratos juegan un rol ecológico importante en la descomposición de estos residuos.

El objeto de esta investigación es encontrar alternativas que minimicen de alguna manera la contaminación ambiental, en especial del recurso suelo; la investigación no presenta impactos ambientales negativos, además pretende concienciar a los agricultores para aplicar prácticas amigables con el ambiente, en todos los procesos agros productivos. Los principales impactos a lograr, se evidenciarán a nivel económico porque se presenta una alternativa con el aprovechamiento de cabello humano para la obtención de compost; además esta investigación presenta un impacto social positivo porque fomenta la cultura de reciclaje, el rescate y mantenimiento de nuestro ecosistema.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1 Objetivo General.

Elaborar compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (EMs) y *Trichoderma* spp, como agentes aceleradores de compostaje.

1.5.2 Objetivos Específicos.

- Fundamentar bibliográficamente la investigación.
- Caracterizar nutricionalmente el mejor tratamiento mediante un análisis físico químico del compost.
- Determinar el mejor tratamiento que acelere el compostaje del cabello.
- Establecer costos de producción del mejor tratamiento.

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.

Sir Albert Howard, agrónomo inglés, quien estuvo en la India entre los años 1905 y 1934, practicó por primera vez el «método indore», desarrolló la técnica de compostar, para el mejoramiento de los terrenos de cultivos e incrementar la producción en la región; concluyó que los residuos animales y plantas sanas que caen en el suelo mejoran la fertilidad de éste debido al abundante humus. Aprendió de los agricultores chinos la importancia de usar todos los residuos orgánicos para fortalecer las tierras. (Flores, 2006)

En Ecuador se han realizado varias experiencias con el compostaje a gran escala como el proyecto del Municipio de Loja desde el año 1997, actualmente el proyecto cubre aproximadamente al 80% de la población de la ciudad, con una cooperación del 70%. (Roben, 2002, pág. 05)

(Vargas, 2007, pág. 84), en su tesis: “Estudio de 2 Grupos de Microorganismos como Agentes Aceleradores de Descomposición de los Desechos Sólidos Orgánicos Originados en los Comedores de ESPOL”, trata sobre los problemas de contaminación generados por un inadecuado manejo de los residuos sólidos y propone como alternativa el aprovechamiento de los mismos en la producción de compost.

(Eche, 2013), en su tesis: “Elaboración de compost, utilizando desechos orgánicos del centro de faenamiento de Julio Andrade. Carchi-Ecuador”, trata sobre el aprovechamiento de subproductos que generan los centros de faenamiento de nuestro país (contenido ruminal y sangre) para la producción de compost.

No existen antecedentes investigativos sobre compostaje con la utilización de cabello humano, nuestra investigación fue pionera dando uso a este residuo sólido.

2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.

Obligatoriedad de la tesis. Para la obtención del Título Profesional de tercer nivel, los estudiantes deben realizar una Tesis de Grado conducente a una propuesta para resolver un problema o situación práctica, en referencia a los artículos 80 literal e) y 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior – LOES.

ART.80 LOES

Literal e) La gratuidad cubrirá exclusivamente los rubros relacionados con la primera matrícula y la escolaridad; es decir, los vinculados al conjunto de materias o créditos que un estudiante regular debe aprobar para acceder al título terminal de la respectiva carrera o programa académico; así como los derechos y otros rubros requeridos para la elaboración, calificación, y aprobación de tesis de grado.

ART.144 LOES

Tesis Digitalizadas.- Todas las instituciones de educación superior estarán obligadas a entregar las tesis que se elaboren para la obtención de títulos académicos de grado y posgrado en formato digital para ser integradas al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor. (Del Pozo, 2010)

La presente investigación se rige en las políticas establecidas por el Gobierno Nacional del Ecuador, las mismas que se detallan a continuación:

PLAN NACIONAL PARA EL BUEN VIVIR

El Plan Nacional de Desarrollo, denominado Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013, es el instrumento del Gobierno Ecuatoriano para articular las políticas públicas con la gestión y la inversión pública, en esta investigación se hace referencia los siguientes objetivos:

Objetivo 3. Mejorar la calidad de vida de la población.

La calidad de vida alude directamente al Buen Vivir en todas las facetas de las personas, pues se vincula con la creación de condiciones para satisfacer sus necesidades materiales, psicológicas, sociales y ecológicas.

Objetivo 4. Garantizar los derechos de la naturaleza y promover un medio ambiente sano y sustentable.

Comprometido con el Buen Vivir de la población, el Estado asume sus responsabilidades con la naturaleza. Asimismo, desde el principio de corresponsabilidad social, las personas, comunidades pueblos y nacionalidades, los diversos sectores privados, sociales comunitarios y la población en general deben cuidar y proteger la naturaleza. (SENPLADES, 2012)

Además el Art. 281 de la Constitución actual del Ecuador manifiesta: La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiados de forma permanente.

Para ello, será responsabilidad del Estado:

Lit. 3. Fortalecer la diversificación y la introducción de tecnologías ecológicas y orgánicas en la producción agropecuaria.

Lit. 8. Asegurar el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica apropiada para garantizar la soberanía alimentaria. (Consortio para el Derecho Socio-Ambiental, 2008)

2.3. FUNDAMENTACIÓN FILOSÓFICA

Aunque históricamente es difícil atribuir a una persona, a una sociedad o a una época concreta los inicios del compostaje, sí que puede afirmarse que surgieron con la agricultura, cuando la humanidad pasó de ser nómada a sedentaria. A partir de este momento, se empezó a gestionar los residuos: enterrándolos, quemándolos, usándolos para alimentación animal o bien transformándolos a través de un precario sistema de compostaje. Este proceso se realizaba sin control, requería largos periodos de tiempo y no siempre se aseguraba la conservación de los nutrientes ni la higienización. Seguramente el uso de los residuos orgánicos para mantener la fertilidad de los suelos fue un factor importante en el mantenimiento de las antiguas civilizaciones. (Moreno, 2007, págs. 77 - 79)

El desarrollo de la técnica de compostaje a gran escala tiene su origen en la India con las experiencias llevadas a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. Su método, llamado método Indore, se basaba en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales, y humedecerla periódicamente. La palabra compost viene del latín componere, juntar; por lo tanto es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufre un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, es decir, que en él, el proceso de fermentación está esencialmente finalizado. El abono resultante contiene materia orgánica así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y hierro, necesarios para la vida de las plantas. (VOLCAP, 2008)

2.4. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA.

2.4.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.

La contaminación ambiental, es uno de los problemas ambientales más importantes que afectan a nuestro planeta y surge con la presencia de sustancias nocivas, perjudiciales o molestas en nuestros recursos naturales como el aire, el agua y los suelos, sin que el medio no lo pueda absorber o regenerar por sí solo, y colocadas allí por la acción del hombre en tal calidad y cantidad que puedan interferir la salud y el bienestar de los hombres, los animales y a las plantas. Todas las preocupaciones de la humanidad deberían centrarse en el progreso del hombre sin perjuicio del medio natural interpretado como: equilibrio. (RECAI, 2005)

El aumento de la contaminación ambiental, al punto de constituir un riesgo para la salud y la vida, obedece a dos causas primarias: la exagerada concentración poblacional en las ciudades y la indiscriminada utilización de las nuevas tecnologías; ambas causas están íntimamente ligadas al incesante crecimiento demográfico. (Achával, 2006)

2.4.1.1. Contaminación del suelo.

Contaminar el suelo implica acumular en él materia susceptible de alterar sus características naturales, lo cual depende a su vez del uso que se le da al mismo, aunque se considera que las causas de contaminación de los suelos más importantes son la agricultura y la acumulación de desechos.

Con el uso intensivo de fertilizantes se ha provocado la destrucción de muchas áreas que antes eran productivas y ahora son solo paramos, consecuencia de alteraciones drásticas de sus características, que agotan su productividad. También el intensivo uso de herbicidas y plaguicidas para eliminar plantas o animales que ponen en riesgo los resultados esperados en la producción eliminan organismos benéficos, como hongos, bacterias y artrópodos principalmente, los cuales desempeñan una función importante en la misma productividad del suelo. (Romero A. , 2010, pág. 82)

2.4.1.2. Aspectos generales de la contaminación en el suelo

Un suelo contaminado es una porción delimitada de terreno superficial o subterráneo, donde las cualidades originales han sido modificadas por la acción humana, produciendo:

- Contaminación física con variaciones en parámetros como temperatura y radiactividad.
- Contaminación biológica, al inducir la proliferación de cepas patógenas o ajenas a los microorganismos presentes en el suelo de forma natural.
- Contaminación química por adición de elementos o compuestos en concentraciones que alteren la composición originaria del suelo, este tipo de contaminación es la predominante. (Ruda, 2004)

2.4.2. MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

La generación de residuos domiciliarios es muy variable y está directamente relacionada con los hábitos de consumo y con el desarrollo económico (patrones de producción); sin embargo, en términos generales, el mayor porcentaje de residuos sólidos domiciliarios lo tiene la materia orgánica. (Aguilar, 2009, pág. 15)

La concentración de la población en núcleos urbanos y un aumento progresivo del nivel de vida han provocado un incremento en la generación de residuos urbanos. Ante la necesidad de buscar una solución a este problema, el compostaje ha recibido mucha atención como tecnología potencial para el tratamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos. (Barrena, 2006, pág. 11)

Con la utilización de plantas de compostaje, la cantidad de basura destinada para la disposición final en un relleno o botadero se puede reducir a un 50%. Este porcentaje puede variar según la composición de la basura. En caso que los desechos reciclables sean recogidos separadamente y los desechos orgánicos sean compostados, el porcentaje de la basura descargada en el relleno puede reducirse a un 35 - 40 %. (Roben, 2002, pág. 04)

2.4.2.1. Origen de la materia prima

Según (Palomino, 2010) cualquier material orgánico es compostable (es decir, transformable por compostación); esto significa que de cualquier cuerpo que haya estado vivo, sus partes constitutivas y sus deyecciones son susceptibles de compostarse. Igualmente productos obtenidos de la transformación o elaboración de tales materiales, como: papel, cartón, pelos, cueros, huesos, ramas, flores y similares; desechos orgánicos de cocina y basuras orgánicas domiciliarias y municipales, así como aguas negras y sus lodos pueden transformarse por esta vía. Adicionalmente no son materiales compostables los plásticos, metales, vidrios, latas, etc., cuya estructura química no es fácilmente transformable por la vía enzimática de los seres actualmente existentes en el planeta.

Cuadro 1: Características de los materiales para compostaje

INSUMO	MOLÉCULAS	ELEMENTOS QUE APORTA
Estiércol, vegetales verdes, plumas, contenido ruminal	Lípidos, celulosa, hemicelulosa, carbohidratos, aminoácidos, proteínas.	C,H,O,N,S,P, y Trazas de otros elementos
Aserrín, pajas, tamos, bagazo	Celulosa, hemicelulosa, lignina	C
Melaza	Carbohidratos, minerales, fosfo- azúcares	C,H,O,K y P

Fuente: (López, 2006, pág. 180)

La materia prima debe provenir de un proceso normal de producción, es decir que la fuente de carbono: tamos, ramas, bagazo, hojas, tallos, aserrín, compuestos de (celulosa, hemicelulosa, quitina, lignina) no presente trazas de pesticidas (organoclorados, organofosforados, piretroides), ni metales pesados (mercurio, plata, cromo, plomo, etc.). El estiércol no debe provenir de animales enfermos o tratados con drogas convencionales por ejemplo: antibióticos que destruyen los microorganismos que obrarían como descomponedores. (López, 2006, pág. 181)

El pelo de animales y personas, la lana y las plumas de aves pueden ser compostados. Todos estos materiales contienen altas cantidades de nitrógeno (hasta un sexto de su peso seco) por lo que son un material “verde”. Pueden tardar en compostarse (las queratinas que contienen son proteínas muy duras y

resistentes) y dan un aspecto extraño a la pila por lo que hay quien prefiere no usarlos. (Peña, 2011)

2.4.2.2. Infraestructura necesaria para el proceso.

Es importante contar con un área permanente para la producción de Compost, el área de compostaje debe de estar ubicada cercano al sitio de producción de desechos vegetales y/o animales y de fácil acceso para facilitar el transporte. Además es indispensable que las instalaciones cuenten con un piso firme y protección en épocas de lluvias, para evitar exceso de humedad en las pilas de compost y la pérdida de los nutrientes solubles en agua.

Las instalaciones pueden ser techadas y con piso de cemento. Sin embargo también pueden tener instalaciones mucho más baratas con un piso firme bien compactado y plástico de color para proteger las camas de las lluvias. En época de verano puede tapar las pilas con rastrojos de cosecha, para evitar la incidencia directa de los rayos del sol que pueden afectar los microorganismos benéficos, mantener la humedad de la pilas y reducir las pérdidas del Nitrógeno por volatilización (amoníaco). (APROLAB, 2007, pág. 11)

2.4.2.3. Procedimiento para la obtención del compost.

El proceso del manejo de residuos sólidos orgánicos debe realizarse con: la recolección, clasificación, picado, apilado y proceso de compostaje; el cual puede variar dependiendo de las condiciones del área, el sistema de compostaje utilizado y del grado de selección realizado en la fuente.

2.4.2.3.1. Recolección del material

Consiste en el traslado de los residuos separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento, sea este una pila, en el jardín o huerto, una planta de compost. El equipo y los vehículos de recolección deben ser adecuados y suficientes para los volúmenes recolectados. Asimismo, las frecuencias de recolección y las rutas deben ser bien planeadas y bien comunicadas a los usuarios. Debido al mayor número de actores en un

programa de gran escala, el control de la calidad en la separación requiere de mayor seguimiento, esto puede lograrse con una efectiva campaña de educación para la separación de los residuos sólidos orgánicos. (Rodríguez & Còrdova, 2006, pág. 22)

2.4.2.3.2 Clasificación

En la tolva o el área de descarga se puede realizar una clasificación preliminar, donde se recogen materias gruesas no biodegradables (recipientes de plástico o metal, botellas etc.). Para plantas de compostaje completamente manuales, se recomienda que se recojan todos los materiales no biodegradables antes de que se desmenucen los desechos. También se necesita abrir fundas de plástico y sacar materiales metálicos. Se puede utilizar un imán manual junto a un palo para ese trabajo. Se necesita separar de la fracción a compostar toda clase de desechos peligrosos (los más comunes a dentro de los desechos domiciliarios: Pilas, residuos de medicamentos, pinturas, solventes). (Roben, 2002, pág. 11)

2.4.2.3.3 Picado

En el proceso de compostaje el tamaño de los residuos orgánicos juega un papel muy importante. Las partículas demasiado grandes presentan poca superficie de contacto para ser atacadas por los microorganismos haciendo que el tiempo de procesamiento se alargue, el tamaño ideal de las partículas debe ser de 3 a 6 cm. Si en nuestra parcela contamos con rastrojos de cosecha es necesario picarlos con machete o picadora mecánica, antes de mezclarlos con los excretas de los animales. (APROLAB, 2007, pág. 13)

2.4.2.3.4. Apilado

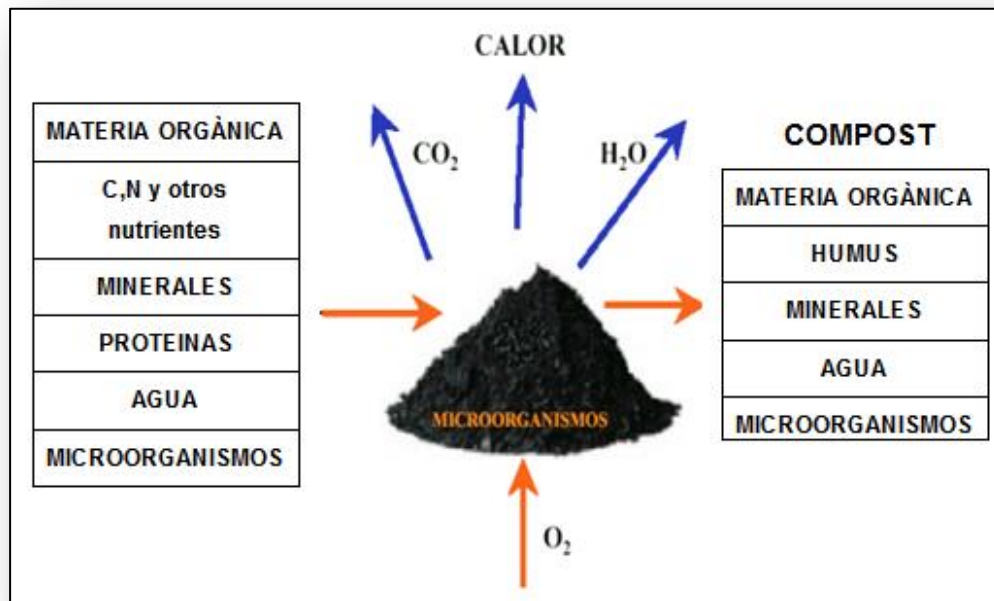
Las dimensiones de la pila de compostaje influyen básicamente en la aireación y temperatura de la pila, y por lo tanto en la transformación adecuada del material orgánico. La altura puede variar según el clima de la zona, en climas cálidos se trabaja menor altura para que la pila no caliente en exceso y en

climas fríos pilas más altas para mantener la temperatura. (APROLAB, 2007, pág. 14)

2.4.2.3.5 Proceso de compostado

El compostaje es un proceso mediante el cual diversos sustratos orgánicos se descomponen y estabilizan debido a la acción de una población mixta de microorganismos, obteniéndose un producto final denominado compost, orgánicamente estable, libre de patógenos y semillas de malezas que puede ser aplicado de manera eficiente al suelo para mejorar sus propiedades. (Silva, Lòpez, & Valencia, 2006, pág. 01)

Gráfico 1: Esquema de los elementos que intervienen en la formación de compost



FUENTE: (Rocha, 2009, pág. 15)

2.4.2.4. Parámetros del proceso de compostaje

Partiendo de la base que en un proceso de compostaje los responsables de la transformación son los microorganismos, todos aquellos factores que pueden limitar su desarrollo serán limitantes también del propio proceso. Para conseguir que esta transformación se realice en condiciones controladas (aeróbicas y

termófilas) hace falta una serie de requisitos, que no son otros que los que necesitan los microorganismos para desarrollarse. (Barrena, 2006, pág. 20)

Estos parámetros deben ser controlados durante todo el proceso debido a que son aquellos que afectan directamente a la acción de los microorganismos, quienes son los encargados de llevar a cabo el compostado con éxito. Entre los parámetros más importantes tenemos: temperatura, aireación, humedad, pH y relación Carbono/Nitrógeno (C/N). (Vargas, 2007, pág. 31)

2.4.2.4.1. Temperatura

Es una condición determinante en el proceso de fabricación de abonos orgánicos porque una temperatura muy baja no alcanza a destruir huevos de insectos, los hongos, bacterias y semillas, y una temperatura muy alta puede desnaturalizar las proteínas y las enzimas necesarias para que los microorganismos termófilos actúen. La temperatura ideal durante las primeras etapas de fermentación no debe exceder los 60°C en la cual actúan los actinomicetos y bacterias termófilas descomponiendo celulosa y materiales ricos en carbono; y debe ir descendiendo gradualmente permitiendo la aparición de otros microorganismos descomponedores que la llevarán hasta el proceso de mineralización donde se debe encontrar la temperatura ambiente del lugar. (López, 2006, pág. 182)

La evolución de la temperatura representa muy bien el proceso de compostaje, pues se ha comprobado que pequeñas variaciones de temperatura afectan más a la actividad microbiana que pequeños cambios de la humedad, pH o C/N. Por la evolución de la temperatura se puede juzgar la eficiencia y el grado de estabilización a que ha llegado el proceso, ya que existe una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia orgánica. Se observan tres fases en el proceso de descomposición aeróbica: fase mesófila inicial ($T < 45^{\circ}\text{C}$), al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila ($T > 45^{\circ}\text{C}$); y la fase mesófila final, considerándose finalizado el proceso cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial. Cada especie de microorganismo tiene un intervalo de temperatura óptima en el que su actividad es mayor y más

efectiva: 15-40°C para los microorganismos mesófilos y 40-70°C para los termófilos. (Moreno, 2007, pág. 96)

2.4.2.4.1.1. Fase mesófila inicial

Comprende temperaturas por debajo de los 40°C. En esta fase, la flora microbiana se activa y se inicia la degradación de la materia orgánica, posteriormente disminuye el pH, dando paso al desarrollo de otras especies. Es una fase completamente aeróbica, con humedad del 70 – 72%, y temperatura entre 25 - 35°C; que dura 7 – 14 días, los hongos que predominan en esta etapa son: *Penicillium* spp., *Absidia glauca*, *Verticillium tenerum*, *Nectria inventa* y *Trichoderma* spp. La descomposición libera la energía contenida en los compuestos orgánicos. Una parte de esta energía es ocupada por los microorganismos para su metabolismo, otra parte se transforma en calor. (Bonifaz, 2012, pág. 11)

Durante este período se descomponen compuestos como azúcares, almidones y grasas. (Silva, Lòpez, & Valencia, 2006, pág. 10)

2.4.2.4.1.2. Fase termófila

Cuando la temperatura alcanza los 60°C, se presenta la etapa termófila, en ella la actividad de los hongos cesa y la descomposición es llevada a cabo por los actinomicetos y las cepas de bacterias que forman esporas. En esta etapa se degradan ceras, proteínas, hemicelulosa, algo de lignina y celulosa. (Silva, Lòpez, & Valencia, 2006, págs. 10-11)

Las altas temperaturas ayudan a destruir la mayoría de patógenos, pero las bacterias y hongos benéficos pueden soportarlas, el CO₂ producido en grandes volúmenes, se difunden desde el núcleo a la corteza, resultando letal para larvas de insectos. Se registra un incremento de pH del 7,5; debido a la liberación de bases de los materiales orgánicos y a la producción de amoníaco. (Bonifaz, 2012, pág. 12)

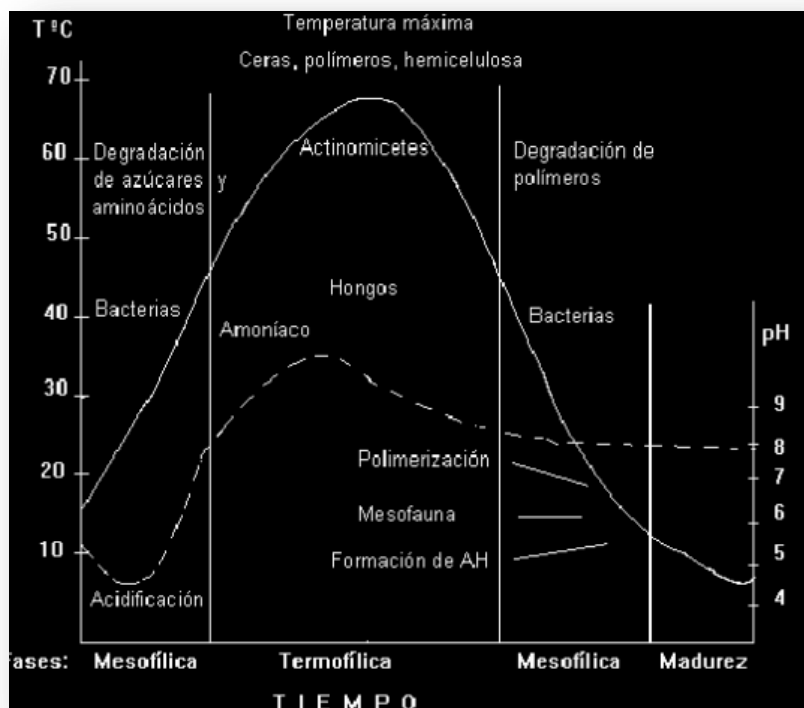
2.4.2.4.1.3. Fase mesófila final.

Con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40°C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación tales como la celulosa y lignina. (Villarreal, 2011, pág. 28)

En esta etapa incrementa la fracción mineral y los nitratos disponibles para las plantas y se reduce el porcentaje de carbono, se aumenta la cantidad de actinomicetos responsables del olor a tierra fresca. (Rocha, 2009, pág. 47)

(Bonifaz, 2012, pág. 13), indica que durante esta fase se concentran sustancias húmicas. El pH desciende por debajo del neutro (pH = 5-5,7), como consecuencia de la liberación de ácidos orgánicos en la fermentación y por la presencia de bacterias acidogénicas. Posteriormente el pH se eleva cercano a neutro (pH = 7-7,5), debido al poder amortiguador de las sustancias húmicas.

Gráfico 2: Etapas del crecimiento microbiano en función de la temperatura y pH



Fuente: (Rocha, 2009, pág. 38)

2.4.2.4.2 Aireación

El objetivo de la aireación durante el proceso de compostaje es suministrar oxígeno para la degradación microbiana, controlar la temperatura y eliminar la humedad de la materia orgánica. Cuando existe una mala aireación en las pilas de compostaje, se producen condiciones favorables para el inicio de fermentaciones anaeróbicas (degradación por la vía de putrefacción) esta situación se diagnostica por la aparición de olores nauseabundos, o fuerte olor a amoníaco. (APROLAB, 2007, pág. 15)

Para asegurar una buena aireación, hay que agregar un cierto porcentaje de material grueso. Los materiales gruesos deben agregarse especialmente para estructurar la pila cuando la densidad de los desechos es demasiado alta ($> 700 \text{ kg/m}^3$) y, por consecuencia, no se realiza una libre circulación del aire. (Roben, 2002, pág. 18)

2.4.2.4.3. Humedad

El contenido de humedad del material a compostar es muy importante ya que los microorganismos solo pueden utilizar las moléculas orgánicas si están disueltas en agua. Además, el agua favorece la migración y la colonización microbiana.

Si la humedad es baja, el proceso de compostaje reduce su velocidad llegando incluso a detenerse. La actividad biológica empieza a disminuir a niveles de humedad del 40% por debajo del 20%no existe prácticamente actividad. Por el contrario, una humedad alta acompañada de una inadecuada porosidad origina la disminución de la transferencia de oxígeno, siendo este insuficiente para la demanda metabólica y reduciéndose, por lo tanto, la actividad microbiana aeróbica. Este hecho puede provocar la aparición de malos olores, la generación de lixiviados y la pérdida de nutrientes. (Barrena, 2006, pág. 24)

2.4.2.4.4. pH

El valor del pH óptimo para el compostaje esta entre 6.5 y 8.0. Si el grado de descomposición no es adecuado, el pH puede caer a valores entre 4 – 5, retrasándose el proceso. (Silva, Lòpez, & Valencia, 2006, pág. 12)

Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) y alcalinos superiores a 9,5 inhiben el crecimiento de la gran mayoría de microorganismos, en este último valor se precipita nutrientes esenciales del medio que no son asequibles para los microorganismos. (Rocha, 2009, pág. 37)

Las bacterias prefieren un medio casi neutro, mientras los hongos se desarrollan mejor en un medio ligeramente ácido. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento llegando a un valor de 6 a 7 en el compost maduro. (Jaramillo & Zapata, 2008, pág. 37)

2.4.2.4.5. Relación Carbono/Nitrógeno

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo vivo, y deben encontrarse en proporciones adecuadas para un buen compostaje. Los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas, los valores ideales de esta relación C/N para un buen compostaje se encuentran entre 25 y 35 (25 - 35 partes de C por 1 de N). Si el material de partida contiene demasiado carbono la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si, por el contrario el material contiene demasiado nitrógeno, la relación es baja y se producirá pérdida de este elemento en forma de amoniaco (NH_3). Al finalizar el proceso de compostaje la relación C/N ira disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 8 en el producto final. (Rodríguez & Còrdova, 2006, págs. 23-24)

Cuadro 2: Relación Carbono/Nitrógeno de algunos materiales orgánicos

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

Fuente: (Suquilanda M. , 2006)

2.4.2.5. Sistemas de compostado

Los sistemas de compostaje atendiendo a diferentes criterios tales como nivel de complejidad, grado de control del proceso o método de ventilación empleado, pueden clasificarse en sistemas abiertos y sistemas cerrados. En los sistemas de **compostaje cerrados** el proceso se realiza en unos recipientes llamados reactores, contenedores o digestores. Estos sistemas tienen la ventaja de un mayor control de las condiciones del proceso, la necesidad de un menor espacio para la construcción de sus instalaciones, los tiempos de compostaje son relativamente más cortos y se evitan las emisiones de malos olores, pero en cambio tienen un elevado costo de inversión y mantenimiento que en muchas ocasiones los hacen inviables desde el punto de vista económico.

En los sistemas de **compostaje abiertos** los materiales a compostar se colocan en pilas/hileras, montones o mesetas y se diferencian dos tipos: dinámico y estático. En los sistemas dinámicos la aireación de la pila se realiza de forma periódica mediante volteos, requieren mayor espacio que en otros métodos, porque las pilas se voltean lateralmente. Otro aspecto a destacar es, que este sistema es menos efectivo en la inactivación de patógenos que los métodos estáticos. En los sistemas estáticos ventilados, el material a compostar se coloca sobre un conjunto de tubos perforados, conectados a un sistema que aspira o insufla aire a través de la pila. La ventilación controlada impulsa la actividad de los microorganismos que intervienen en el proceso de compostaje por lo que consigue una rápida transformación de los residuos de compost (4 – 8 semanas). (Moreno, 2007, pág. 481)

2.4.2.5.1. Sistemas de compostaje más utilizados

2.4.2.5.1.1. Compostaje en pilas con volteo

El material se dispone en hileras o pilas, de sección triangular, que son volteadas en repetidas ocasiones a lo largo del proceso. El volteo, que se realiza con máquinas volteadoras o con palas, oxigena el material y provoca un elevado grado de mezcla. Las dimensiones de la pila varían en función del material y del equipo de volteo. El parámetro limitante es la altura, pues si es excesiva provoca la compactación del material. Se recomienda una altura de 1,2 – 1,8m, y un ancho de 2,4 – 3,6m. La longitud de la pila solo queda limitada por las dimensiones o la distribución de la planta, ya que esta dimensión no está restringida por el proceso.

2.4.2.5.1.2. Compostaje en Canales

Es un sistema de compostaje en continuo, donde el residuo fresco es alimentado por un extremo del canal y el producto final se obtiene por el otro extremo. El material a compostar se deposita al inicio de unos canales alargados de sección rectangular. Estos canales disponen de un sistema de inyección de aire como las pilas estáticas. Una maquina volteadora que circula

por unos railes situados en la parte superior de las paredes del canal voltea el material periódicamente, homogeneizándolo y haciéndolo avanzar a lo largo del canal. El tiempo de residencia del material en el canal es función del número de veces que pasa la maquina volteadora. La periodicidad de volteo se establece de modo que, al llegar al final del canal, se pueda dar por finalizada la etapa de descomposición.

2.4.2.5.1.3. Compostaje en Túneles

El material se introduce en un túnel cerrado que dispone de un sistema de aireación forzada. Las dimensiones de los túneles son variables, alrededor de 4m de altura, 5-6m de ancho y longitud variable en función de la cantidad de residuo a tratar, habitualmente 20m. La ventaja de ese tipo de sistema es que permite controlar mejor las condiciones del proceso y, al ser un sistema cerrado, el control de gases y malos olores. El inconveniente es el elevado costo de instalación. Estos sistemas se construyen preferentemente si el emplazamiento está próximo a núcleos urbanos, por el control de olores y por los menores requerimientos de espacio. (Barrena, 2006, pág. 19)

2.4.2.6. Aplicación en Ecuador

En Ecuador, Loja es considerada ciudad pionera en cuanto al cuidado del medio ambiente urbano. Esto se debe a los buenos resultados del programa de Gestión de Residuos Sólidos que ya lleva en funcionamiento cuatro años y que se ha convertido en un ejemplo para muchos otros municipios de dentro y de fuera de Ecuador. Este programa funciona en coordinación con otras actividades municipales para el mantenimiento y desarrollo del paisaje urbano y para la protección del suelo, a través de una campaña de educación e información continua.

El primer paso de este macro-proyecto fue habilitar las infraestructuras de saneamiento y activar un programa de separación de basuras domésticas. En este momento, el proyecto cubre aproximadamente al 80% de la población de la ciudad, con una cooperación del 70%: además, ha permitido la generación

de dos proyectos productivos: Usando los residuos orgánicos, se produce un abono que sustituye a los fertilizantes artificiales. Los residuos no biodegradables (cartón, vidrio, papel, metales y otros) se reciclan y venden a diferentes empresas. Gracias a este programa, se ha descontaminado el medio ambiente, han mejorado las condiciones sanitarias, y se han creado nuevos recursos económicos con el reciclaje de basuras. (Ochoa, 2002)

2.4.2.7. Composición química del Compost.

En el cuadro 3 figuran los 13 elementos químicos que las plantas necesitan tomar del suelo para poder vivir, su clasificación en función de la abundancia relativa en la composición vegetal y la proporción media aproximada de cada elemento dentro del conjunto. (Compostadores, 2012).

Cuadro 3: Composición química del compost

MACRONUTRIENTES				MICRONUTRIENTES	
PRIMARIOS		SECUNDARIOS		Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cl La suma de todos ellos se supone el 1% de la composición química de las plantas.	
N	2,0%	Ca	1,3%		
P	0,4%	Mg	0,4%		
K	2,5%	S	0,4%		

Fuente: (Compostadores, 2012).

2.4.2.7.1. Ventajas del Compost

Según (APROLAB, 2007, pág. 04) el compost presenta las siguientes ventajas:

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

2.4.2.7.2. Forma y dosis de aplicación del Compost.

(Suquilanda M. , 2006), manifiesta que el compost se utiliza como mejorador del suelo se aplica aproximadamente 30-40 toneladas por hectárea al año, como abono a las plantas se aplica alrededor de 2-3 libras de compost por plantas en la siembra como abono de fondo. En cultivos establecidos se aplica en forma de corona en la misma cantidad.

El cuadro 4 indica la cantidad de compost que debe aplicarse en el terreno según el contenido de materia orgánica que ese posea.

Cuadro 4: Dosis para aplicar de compost según el contenido de materia orgánica en el suelo

Contenido de Materia Orgánica (%) en el terreno	Cantidad de compost a aplicar (Ton/ha/año)
2 a 3	> a 3
3,1 a 5	2 a 3
> a 5,1	1

Fuente: (EcoTECNOLOGIAS, 2012, pág. 03)

El compost fresco, distribuido en capas de 5cm sobre la tierra es excelente para la protección de los cambios de temperatura y sequedad, esta técnica se llama acolchado y el compost al integrarse en el terreno mejorar las características del suelo, a la vez ahorra agua y controla el crecimiento de malas hierbas.

El compost maduro aunque se puede utilizar para acolchar, sobre todo es un óptimo humus fertilizante para utilizar en macetas, huertos, ya que aporta elementos minerales, asimismo mejora la estructura del suelo y su capacidad de absorber y retener agua. En huertos la proporción sería de 2 a 3 kg por metro cuadrado enterrándolo 10-15 cm, una carretilla serviría para fertilizar 10m² de terreno. Para árboles frutales aplicar al menos una capa de 3 cm mezclándolo superficialmente alrededor del tronco en la superficie del diámetro de la copa. (Galapagar, 2004)

2.4.3. Generalidades de los microorganismos.

Los microbios también denominados microorganismos, son seres vivos diminutos que individualmente suelen ser demasiado pequeños para ser observados a simple vista. El grupo incluye las bacterias, los hongos

(levaduras y mohos), los protozoos y las algas microscópicas. También incluye los virus, entidades no celulares que a veces se consideran en el límite entre lo vivo y lo inerte. Existe una tendencia al asociar estos microorganismos solo con enfermedades importantes como el VIH, infecciones degradables o inconveniencias frecuentes como el deterioro de los alimentos. Sin embargo la mayoría de ellos realizan contribuciones fundamentales al bienestar de los habitantes del mundo porque ayudan a mantener el equilibrio de los organismos vivos y las sustancias químicas en nuestro ambiente.

Los microorganismos también tienen muchas aplicaciones comerciales. Se utilizan en la síntesis de productos químicos como acetona, ácidos orgánicos, enzimas, alcoholes y muchos fármacos. La industria alimentaria también emplea microbios en la producción de vinagre, encurtidos, bebidas alcohólicas, productos lácteos, pan. Además en la actualidad es posible manipular enzimas provenientes de los microbios para producir sustancias que incluyen celulosa, sustancias digestivas, y limpiadores de desagües, sustancias terapéuticas como insulina. (Tortora, Funke, & Case, 2007, pág. 17)

2.4.3.1. Denominación y clasificación de los microorganismos

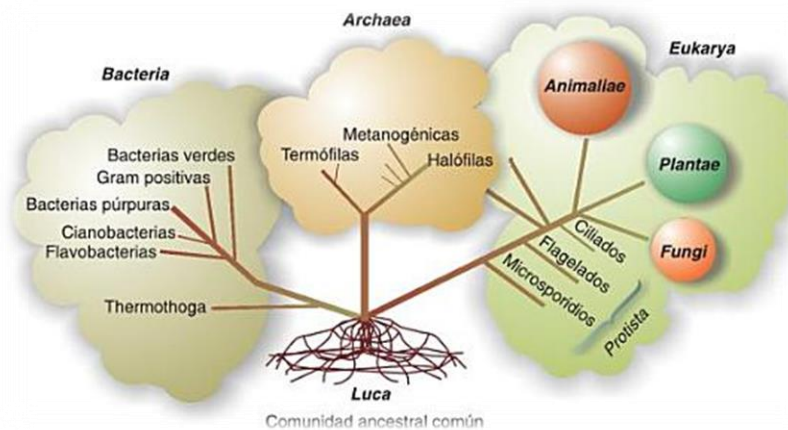
Peña, 2002 citado por (Vargas, 2007, pág. 06) manifiesta: que la taxonomía se encarga de realizar un agrupamiento más completo, haciendo uso de categorías jerarquizadas, que permiten trazar un historial biológico comparativo del organismo con otros. Estas categorías son: Reino, Subreino, Tipo o Phylum, Subtipo, Clase, Subclase, Orden, Suborden, Grupo, Familia, Subfamilia, Género y Especie. Comúnmente los taxónomos ordenan a todas las especies dentro de estas categorías utilizando caracteres fenotípicos específicos comunes entre los individuos.

El descubrimiento de los tres tipos de células se basó en las observaciones de que los ribosomas no son iguales en todas las células. Los ribosomas proporcionan un método de comparación de las células porque están presentes en todas ellas. La comparación de las secuencias de nucleótidos en el RNA

ribosómico de distintas clases de células muestra que hay tres grupos celulares con características diferentes. (Tortora, Funke, & Case, 2007, pág. 283)

Gracias a esto, se ha desarrollado un nuevo sistema de clasificación denominado Árbol Filogenético (gráfico 4), donde todos los organismos se encuentran agrupados en 3 Categorías Superiores: Eukarya (organismos eucarióticos o pluricelulares), Archaea (organismos unicelulares con mayor relación con los eucarióticos) y Bacteria (organismos unicelulares, propiamente bacterias). De esta forma se puede agrupar mejor las bacterias según sus características morfológicas a nivel de membrana y otros organelos, y según la funcionalidad de estos. (Vargas, 2007, pág. 05)

Gráfico 3: Árbol filogenético para la clasificación de las especies



Fuente: (Montoya, 2008, pág. 11)

2.4.3.2. Aplicaciones de los microorganismos.

Desde que el ser humano descubrió que podía capturar, “domesticar” y utilizar algunos grupos de microorganismos, éste se ha visto beneficiado en diferentes áreas, aprovechando sus capacidades de degradación y segregación de sustancias. Así, tenemos varios campos principales donde el hombre se ha valido de la actividad de los microorganismos para obtener resultados favorables: en Alimentación, Medicina, Agricultura y Medio Ambiente. (Vargas, 2007, pág. 08)

2.4.3.2.1. En Alimentación

En la producción de alimentos los microorganismos aportan su acción en procesos de fermentación para obtener pan, bebidas alcohólicas, productos lácteos además ayudan a la prevención de enfermedades infecciosas e intoxicaciones alimentarias con la protección de los alimentos del deterioro a causa de otros microorganismos. Algunos microorganismos son utilizados como suplementos alimenticios, probióticos que incluyen algas, levaduras, bacterias, entre otros. (Anrango, 2010, pág. 06)

2.4.3.2.2. En Medicina

Puigdomenech, 2005 citado por (Vargas, 2007, pág. 08) escribió: algunos antibióticos han sido elaborados a partir de secreciones de microorganismos que evitan la proliferación de otras especies de bacterias u hongos; por ejemplo tenemos la penicilina, obtenida de una secreción del hongo *Penicillium* spp la cual suprime el crecimiento de otros hongos o microorganismos que se hallen dentro del territorio de dicho hongo.

2.4.3.2.3. En Agricultura

Los microorganismos nos ayudan a controlar plagas previniendo así enfermedades, *Bacillus thuringiensis* es utilizado para controlar plagas como el gusano cogollero, larvas de la orugas de los árboles frutales, mediante el empleo de control de insectos por métodos microbianos en lugar de químicos los granjeros pueden evitar daños al ambiente. Las bacterias contribuyen al reciclado de elementos vitales entre el suelo y la atmósfera, convirtiendo el nitrógeno atmosférico en compuestos nitrogenados asimilables para las plantas además existen bacterias modificadas genéticamente para proteger a plantas de las heladas, de plagas y mejorar la vida de anaquel de los productos. (Tortora, Funke, & Case, 2007, págs. 17 - 18)

2.4.3.2.4. En el Medio Ambiente

Algunas bacterias pueden usar contaminantes como fuentes de energía, otras producen enzimas que degradan toxinas, este proceso se conoce como, las toxinas pueden ser eliminadas de los derrames de sustancias químicas, derrames de aceite. Además las enzimas bacterianas se usan para el tratamiento de aguas residuales, entre los microorganismos utilizados con mayor frecuencia para la bioremediación figuran ciertas especies de bacterias del genero *Pseudomonas* spp y *Bacillus* spp. (Tortora, Funke, & Case, 2007, pág. 17)

2.4.4. Los Microorganismos eficientes (E.M).

El concepto de los microorganismos eficientes (E.M.) fue desarrollado por el profesor Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus, en Okinawa. E.M. se compone de diferentes tipos de microorganismos benéficos que existen en la naturaleza y que pueden aplicarse como inoculantes para incrementar la diversidad microbiana en los suelos. Esto a su vez aumenta la calidad y la salud de los suelos, que se evidencia en el crecimiento, la calidad y el rendimiento de los cultivos. E.M. contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias fotosintéticas, bacterias ácido lácticas, levaduras, actinomicetes y hongos fermentadores, todos ellos mutuamente compatibles unos con otros coexistiendo en un medio líquido. (Higa & Parr, 2010, pág. 05)

A comienzos de los años sesenta, el profesor Higa comenzó la búsqueda de una alternativa que reemplazara los fertilizantes y pesticidas sintéticos, popularizados después de la segunda guerra mundial para la producción de alimentos en el mundo entero. Inicialmente el EM fue utilizado como un acondicionador de suelos. Hoy en día EM es usado no solo para producir alimentos de altísima calidad, libres de agroquímicos, sino también para el manejo de desechos sólidos y líquidos generados por la producción agropecuaria, la industria de procesamiento de alimentos, fábricas de papel, mataderos y municipalidades entre otros. (APROLAB, 2007, pág. 06)

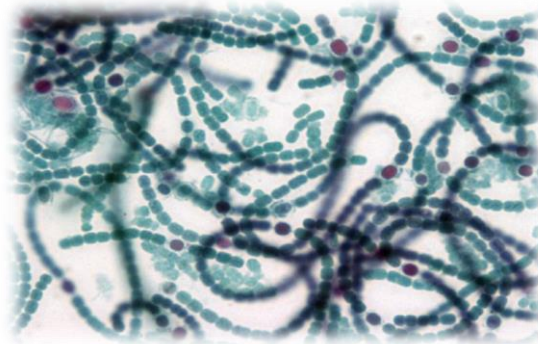
2.4.4.1. Tipos de Microorganismos que conforman el complejo E.M.

El E.M. es un cóctel líquido que contiene más de 80 microorganismos benéficos de origen natural. A continuación se describen algunos de los principales tipos de microorganismos presentes en el E.M. y su acción. (APROLAB, 2007, pág. 08)

2.4.4.1.1. Las bacterias fotosintéticas

Son microorganismos autosuficientes e independientes. Ellas sintetizan las sustancias útiles producidas por la secreción de las raíces, materia orgánica y/o gases perjudiciales (como el sulfuro de hidrógeno) utilizando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias benéficas está compuestas por aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, todas las cuales ayudan al crecimiento y desarrollo de las plantas. Estas sustancias generadas favorecen la presencia de micorrizas y de microorganismos fijadores de nitrógeno. (Higa & Parr, 2010, pág. 19)

Gráfico 4: Bacterias fotosintéticas

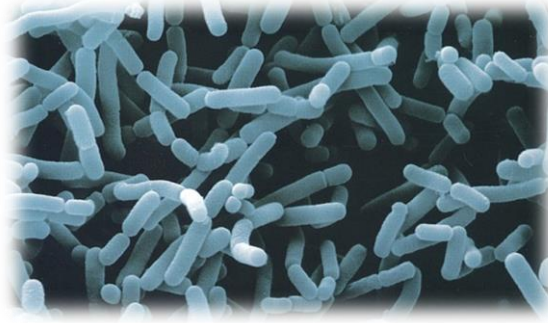


Fuente: (Duiops, 2012)

2.4.4.1.2. Las bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos desarrollados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Las bacterias ácido lácticas tienen la habilidad de suprimir progresivamente microorganismos causantes de enfermedades como Fusarium, los cuales aparecen en sistemas de producción continua además promueven la descomposición de materiales como celulosa y lignina. (APROLAB, 2007, pág. 08)

Gráfico 5: Bacterias ácido lácticas

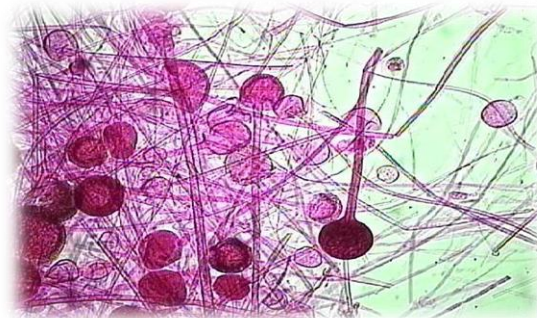


Fuente: (Wordpress, 2012)

2.4.4.1.3. Las levaduras

Las levaduras sintetizan sustancias antimicrobiales y otras sustancias útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por las bacterias fotosintéticas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas producidas por las levaduras como las hormonas y enzimas, promueven la división activa de las células y raíces. (ECOTECNOLOGIAS, 2012, pág. 02)

Gráfico 6: Levaduras

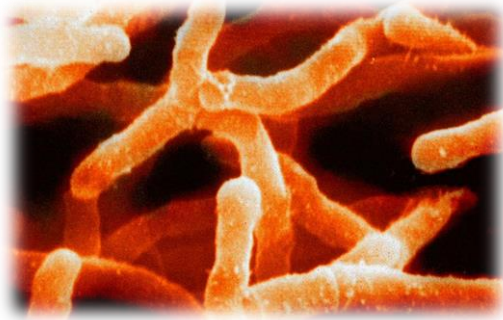


Fuente: (Wordpress, 2012)

2.4.4.1.4. Los actinomicetos

La estructura de los Actinomicetos, intermedia entre la de las bacterias y hongos, produce sustancias antimicrobianas a partir de los aminoácidos y azúcares producidos por las bacterias fotosintéticas y por la materia orgánica. Esas sustancias antimicrobianas (antibióticos) suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas. Los Actinomicetos pueden coexistir con la bacteria fotosintética. Así, ambas especies mejoran la calidad de los suelos a través del incremento de la actividad microbiana. (Higa & Parr, 2010, pág. 20)

Gráfico 7: Actinomicetos



Fuente: (Wordpress, 2012)

2.4.4.1.5. Hongos de fermentación

Los hongos de fermentación como el *Aspergillus* spp y el *Penicilium* spp actúan descomponiendo rápidamente la materia orgánica para producir alcohol, esteres y sustancias antimicrobianas. Esto es lo que produce la desodorización y previene la aparición de insectos perjudiciales y gusanos. (Higa & Parr, 2010, pág. 21)

Gráfico 8: Hongos de Fermentación



Fuente: (Talens, 2012)

2.4.4.2. Utilidad.

Los E.M. han sido ampliamente utilizados en el sector agropecuario tanto en suelos como en cultivos, tratamiento de residuos orgánicos, aguas servidas, reducción drástica de plagas (moscas), eliminación de olores molestos producidos por la descomposición de excretas y orina. (ECOTECNOLOGIAS, 2012, pág. 01)

2.4.4.3. Aplicaciones.

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, tratamiento de aguas servidas, entre otros.

2.4.4.3.1. En Agricultura

Los efectos de los microorganismos en los suelos tratados con materia orgánica enriquecida con los E.M., está enmarcado en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Los E.M., como inoculante microbiano, reestablecen el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible. (ECOTECNOLOGIAS, 2012, pág. 03)

2.4.4.3.2. En Producción Animal

La tecnología E.M. es utilizada en la producción animal para controlar malos olores y patógenos en los galpones, como parte de la alimentación para mejorar la flora bacteriana de los intestinos, para descomponer los desechos fecales de los animales en las lagunas de oxidación, etc. (Vargas, 2007, pág. 14)

2.4.4.3.3. En el Manejo de Desechos Sólidos Orgánicos

En este ámbito, los E.M. son utilizados para degradar sólidos presentes en las lagunas de oxidación, para transformar desechos orgánicos en compost a través de su fermentación, para contrarrestar la producción de malos olores en procesos de descomposición, evita la proliferación de insectos vectores, como moscas, ya que estas no encuentran un medio adecuado para su desarrollo. (Vargas, 2007, pág. 15)

2.4.5. EL HONGO *Trichoderma* spp.

2.4.5.1. Principales características

Es un hongo Deuteromycete fue identificado por Persoon en el año 1794, aislado de un material recolectado en Alemania , fecha desde la cual el hongo ha sido ampliamente estudiado. *Trichoderma* spp es un hongo aerobio facultativo, que se encuentra de manera natural en diferentes suelos agrícolas y en otras condiciones, especialmente en aquellas que contienen materia orgánica o desechos vegetales en descomposición. (Castro & Rivillas, 2012, pág. 06)

Estas especies de hongos que se caracterizan por no poseer, o no presentar un estado sexual determinado. De este microorganismo existen más de 30 especies, todas con efectos benéficos para la agricultura y otras ramas. (Morales, 2011)

Las necesidades nutricionales de *Trichoderma* spp son bien conocidas, es capaz de degradar sustratos muy complejos como almidón, pectina y celulosa entre otros, y emplearlos para su crecimiento gracias al gran complejo enzimático que posee (enzimas hidrolíticas como amilasas, pectinasas, celulasas y quitinasas entre otras). Así mismo, *Trichoderma* spp asimila como fuente de nitrógeno compuestos tales como aminoácidos, urea, nitritos, amoniac y sulfato de amonio. (EcuRed, 2011)

2.4.5.2. Descripción Taxonómica

Trichoderma está entre los hongos saprófitos más comunes. Están dentro de la subdivisión Deuteromycotina que representa los hongos que no tienen un estado sexual definido (sin embargo se considera que su reproducción es asexual). Además, es parte de la clase hyphomycetes. Debido a su capacidad de utilizar diferentes sustratos, no dependen totalmente de la planta en su ciclo vital. También se consideran los ascomicetos celulíticos y entre los organismos responsables de la destrucción de telas celulósicas. (EcuRed, 2011)

2.4.5.3. Características morfológicas y físico-químicas

Macroscópicamente el hongo presenta un micelio blanco algodonoso, que se torna de color verde, debido a la rápida y abundante esporulación (Gráfico 9). Es un hongo que posee conidias hialinas, uniceluladas y ovoides, que tienden a agregarse formando masas; presenta un conidióforo hialino, largo y no verticilado (Gráfico 10). Tiene la capacidad de producir clamidosporas que son globosas o subglobosas, ubicadas en la parte terminal o intermedia de las hifas y miden menos de 15 μm de diámetro; éstas son estructuras de resistencia, vitales e importantes para la sobrevivencia del hongo bajo condiciones adversas.

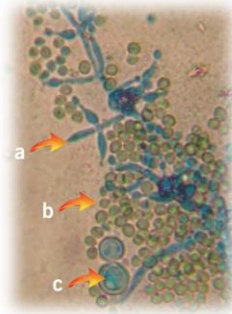
El rango de temperatura para el crecimiento de *Trichoderma* spp oscila entre 15 y 30°C, con un óptimo de 25°C, temperaturas mayores a 30°C limitan el crecimiento y desarrollo del hongo, e inicia la formación de clamidosporas. Las condiciones adecuadas de humedad están en el 70%, sin embargo, tiene la capacidad de crecer en una rango entre 20% y 80%. La condición de pH fluctúa entre 5,5 y 7,5, con un óptimo de 6,6. Si se encuentra en medios con pH alcalinos (por encima de 7,0) tiene la capacidad de acidificar el medio mediante con la liberación de ácidos orgánicos. (Castro & Rivillas, 2012, pág. 06)

Gráfico 9: Aspecto in vitro y crecimiento de *Trichoderma harzianum*, ocho días después de sembrado en el medio de cultivo PDA



FUENTE: (Castro & Rivillas, 2012, pág. 07)

Gráfico 10: a. Conidióforo, b. Conidias y c. Clamidosporas de *Trichoderma harzianum*



FUENTE: (Castro & Rivillas, 2012, pág. 07)

2.4.5.4. Ventajas del Hongo *Trichoderma* spp

Según (EcuRed, 2011) en el campo agrícola este hongo presenta las siguientes ventajas:

- Controla patógenos de la raíz (*Pythium* spp, *Fusarium* spp, *Rhizoctonia* spp) y del follaje (*Botritis* spp y *Oidium* spp) y previene el ataque de (*Phytophthora* spp).
- Promueve el crecimiento de raíces y pelos absorbentes, moviliza nutrientes en el suelo para las plantas, mejorando la nutrición y la absorción de agua.
- Acelera la descomposición de la materia orgánica, puede ser empleado en el proceso de compostaje donde también cumple funciones de biofungicida.

2.4.5.5. Principales beneficios agrícolas del *Trichoderma* spp

Trichoderma spp probablemente sea el hongo beneficioso, más versátil y polifacético que abunda en los suelos. No se conoce que dicho microorganismo sea patógeno de ninguna planta; sin embargo, es capaz de parasitar, controlar y destruir muchos hongos, nematodos y otros fitopatógenos, que atacan y destruyen muchos cultivos; debido a ello, muchos investigadores le llaman el hongo hiperparásito. Ello convierte al *Trichoderma* spp en un microorganismo de imprescindible presencia en los suelos y cultivos, y de un incalculable valor agrícola. (Morales, 2011)

Facilitador de la solubilización y absorción de nutrientes. Para desarrollar su metabolismo *Trichoderma* spp necesita de fuentes de carbono difícilmente

biodegradables, como ligninas y celulosas. Por ello, es capaz de movilizar nutrientes del suelo mediante excreción de enzimas extracelulares que transforman compuestos nitrogenados orgánicos en nitrógeno inorgánico, fundamentalmente amonio, y compuestos fosforados orgánicos en fósforo inorgánico, entre otros. Esta solubilización de nutrientes permite su utilización por las plantas, aumentando su salud y resistencia al ataque de patógenos. (Castro & Rivillas, 2012, pág. 13)

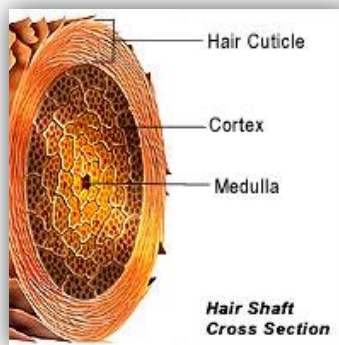
2.4.6. CARACTERÍSTICAS DEL CABELLO HUMANO.

2.4.6.1. Estructura del cabello humano

El cabello es un filamento cilíndrico, sutil, de naturaleza córnea, que nace y crece entre los poros de la piel de casi todos los mamíferos y de algunos otros animales de distinta clase, está compuesto así: 28% de proteínas, 2% de lípidos y 70% de agua, sales y otras sustancias. Las proteínas capilares son en su mayor parte queratina, y tienen un mayor contenido en azufre, que la queratina de la piel. Básicamente el 90% del pelo está formado por queratina. (Sidibeauty, 2012)

El cabello está formado por tres partes: la cutícula, el córtex y la médula.

Gráfico 11: Estructura de una Hebra de cabello humano



Fuente: (Sidibeauty, 2012)

2.4.6.1.1. La Cutícula

Es la parte más externa de la hebra de cabello, está compuesta por capas superpuestas de células muertas cuya función es la de regular la absorción y

eliminación de hidratación. La cutícula es transparente y protege a las demás estructuras de las agresiones externas. Los Alisados, tintes, permanentes, cepillado y peinado agresivos, el uso de champús y otros productos con sustancias químicamente agresivas, pueden dañar la cutícula.

2.4.6.1.2. El Córtex

El córtex es la parte del pelo que proporciona la forma y elasticidad del cabello, contiene melanina (pigmento) que se ve a través de la cutícula que es transparente. El córtex contiene sustancias fibrosas formadas por queratina y otras sustancias. Cuando el pelo se humedece, el agua o hidratantes atraviesan la cutícula hacia el córtex y esta hidratación hace que el pelo se mantenga sano, ya que el agua es necesaria para que se puedan establecer las uniones entre la queratina y las fibras, que a su vez, proporcionan fuerza y elasticidad. Sin hidratación el pelo se vuelve fino, quebradizo y propenso a roturas y daño permanente.

2.4.6.1.3. La Médula

La médula es el núcleo del cabello, está compuesta por células más redondas que contienen queratina. La médula muchas veces no es continua a lo largo de la hebra del pelo y a veces no está presente. El pelo grueso normalmente contiene más médula que el cabello fino en el que incluso es inexistente.

2.4.6.2. La Queratina

La queratina del cabello se clasifica dentro de las proteínas fibrosas; sus características son cadenas largas de estructura secundaria, insolubles en agua, y soluciones salinas siendo por ello idóneas para realizar funciones esqueléticas y de gran resistencia física con funciones estructurales. El término queratina viene de la palabra griega “keros” que significa “cuerno”. La ruptura de la queratina se debe a la acción de bases fuertes (pH alto) y reductores, en esto se basa el proceso de cambio de forma permanente. Básicamente el 90% del pelo está formado por queratina, los aminoácidos que las componen son

18, pero los principales son: Cisteína, Histidina, Metionina y Triptófano. Siendo la cisteína el aminoácido que más abunda. (Sidibeauty, 2012)

Según (Sidibeauty, 2012), existen dos tipos de queratina en nuestro cuerpo,

- La queratina-beta, la cual es blanda y que es un componente de la piel.
- La queratina-alfa, la cual es dura y forma nuestras uñas y cabello. La queratina-alfa constituye prácticamente la totalidad del peso seco de los cabellos.

Un rasgo distintivo de la queratina-alfa es su contenido de azufre (5,2%). La presencia de un alto contenido de cisteína, cistina (cuernos y uñas 22%; piel y pelo entre 10 y 14%), y un bajo contenido de histidina, metionina y triptófano, y junto con los puentes disulfuro son considerados responsables de la estabilidad de la molécula, lo cual le confiere resistencia a la degradación enzimática. La queratina-beta o queratina blanda contiene poca cantidad de azufre (0.3 a 1%), no contiene cistina ni cisteína, en cambio contiene una elevada proporción de glicina, alanina y serina, siendo características de la tela de araña, seda, escamas, picos y garras de aves y reptiles. (Gracia & Rodríguez, 2008, págs. 08 - 09)

El estado habitual en que se encuentra la queratina del cabello es la denominada queratina- alfa, pero puede ser transformada en queratina beta si aplicamos humedad y calor. (KEROS, 2012)

Cuadro 5: Composición química de la queratina alfa

Carbono	45.2%
Oxígeno	27.9%
Nitrógeno	15.1%
Hidrógeno	6.6%
Azufre	5,2%

Fuente: (Toni, 2012)

2.4.6.3. La Queratinolisis

La queratinolisis por hongos es un proceso enzimático que puede ser demostrada “in vitro” a través de la colonización de sustratos queratináceos, con observaciones microscópicas de cabello humano atacado por especies y/o cepas de *Aspergillus* spp, *Chaetomium* spp, *Chrysosporium* spp, *Curvularia* spp, *Dreschlera* spp, *Fusarium* spp , *Penicillium* spp y *Trichoderma* spp, aisladas mediante el método de “cebo de pelo”. (Escalona & Ledesma, 2010).

(Gracia & Rodríguez, 2008, págs. 10 - 11) Señalan que in vitro los hongos queratinofílicos crecen sobre sustratos queratináceos suspendidos en agua destilada; pero también pueden crecer en soluciones de sales. La descomposición de la queratina se estimula particularmente por el fosfato inorgánico, concentraciones pequeñas de glucosa y por suplementos de aminoácidos; la peptona o extracto de levadura pueden acelerar las probabilidades de crecimiento de los hongos sobre sustratos queratináceos. Bioquímicamente esta acción enzimática consta de la sulfitólisis (desnaturalización del sustrato por remoción de puentes disulfuros), la cual es la reacción clave de la queratinolisis producida por hongos; sin embargo, no se descarta que en este proceso enzimático también intervengan reacciones de deaminación (creación de un ambiente alcalino debido a la producción de amonio que le permite cambiar el pH ácido del medio queratináceo por un pH óptimo alrededor del micelio mejorando su capacidad de crecimiento) y proteólisis (rompimiento del sustrato desnaturalizando los productos solubles).

2.5. HIPÓTESIS.

Afirmativa

Es posible obtener compost utilizando cabello humano.

Nula

No es posible obtener compost utilizando cabello humano.

2.6. VARIABLES.

Variable independiente: Cabello humano, Microorganismos (E.M. y *Trichoderma* spp).

Variable dependiente: El compost.

III. METODOLOGÍA.

3.1. MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.

Es investigación cuanti y cualitativa porque es preciso trabajar con, registros, anotaciones, relacionadas a medidas de temperatura, humedad, pH, % de nutrientes, obtenidos del experimento en campo, para una posterior interpretación o tabulación mediante análisis estadísticos, además necesitamos evaluar parámetros o características propias del compost (granulometría, color y olor) al finalizar su proceso de obtención.

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

La presente investigación es de carácter:

Bibliográfica en su primera etapa debido a que es necesario recopilar y analizar información de diferentes fuentes bibliográficas para tener un mayor alcance y sustentación de nuestra investigación

Exploratoria porque se sustenta en la revisión de antecedentes generales, temas respecto del problema a investigar en este caso se pretende estudiar el compostaje de cabello humano, este es un tema de investigación poco estudiado y este tipo de investigación ayudará a empaparnos más de esta problemática.

Explicativa porque necesita detallar en forma minuciosa el grado de interacción entre los microorganismos y el compost con cabello humano además precisa por qué se lleve a cabo o no el compostaje de cabello humano.

Experimental busca verificar de manera exacta la relación causa (variable independiente) – efecto (variable dependiente), de un problema utilizando la

comparación entre grupos o con un tratamiento testigo; en un ensayo establecido.

Aplicada porque busca mejorar la calidad de vida de la sociedad, remediando en este caso problemas agrícolas y medio ambientales que en la actualidad presentan severos inconvenientes.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.

Población: La población de la presente investigación estuvo conformada por 27 unidades experimentales denominadas composteras, cada una con 50 kg de materiales a compostar.

Muestra: se trabajó con 9 tratamientos y 3 repeticiones, se aplicó el análisis de varianza bajo el DCA para el análisis de los resultados. Se estudió el efecto del cabello y los microorganismos degradadores de materia orgánica en la calidad del compost.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Hipótesis	Variable	Descripción de la variable	Índice (sub-variables)	Indicador	Técnica	Informante	
Es posible obtener compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (E.M.) y <i>Trichoderma</i> spp, como agentes aceleradores de compostaje.	VI: Cabello humano	Se utilizaron diferentes dosis de cabello humano para el desarrollo de la investigación. Dosis 1: 2,5kg Dosis 2: 5kg	Dosis de cabello humano a utilizar	D1: 2,5kg D2: 5kg	Diferencia de pesos	Investigador	
	VI: Microorganismos: E.M. Y <i>Trichoderma</i> spp	Se utilizaron Microorganismos para acelerar el proceso de compostaje: Microorganismos Eficientes y <i>Trichoderma</i> spp con dosis recomendadas por el formulador.	Tipo de microorganismos	Microorganismos Eficientes (E.M.) 12l	Dosis comercial	Investigador	
				<i>Trichoderma</i> spp 300gr	Dosis comercial		
	VD: Compost	Se midieron variables de:	pH	Ácido Neutro Básico	A (1-7) N (7) B (7-14)	Medición y observación.	Investigador
			Temperatura	Grados centígrados	°C	Medición y observación	Investigador
			Composición nutricional	Alto Medio Bajo	ppm	Análisis químico	Laboratorio
			Conductividad eléctrica	Alto Medio Bajo	mS/cm	Análisis químico	Laboratorio
			Rendimiento	Alto Medio Bajo	%	Medición y observación.	Investigador
Costos mejor tratamiento			Rentabilidad	USD	Costo de producción	Investigador	

3.5. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

3.5.1. Información bibliográfica.

La información bibliográfica del tema a investigar se obtuvo de textos y libros de agricultura orgánica, periódicos, revistas científicas, y tesis de investigaciones.

3.5.2. Información procedimental.

Dentro de la información necesaria para la realización de esta investigación se considera localización del experimento, factores en estudio, análisis funcional, las variables a evaluarse y manejo específico del experimento.

3.5.2.1. Localización del experimento.

La etapa experimental de la investigación se realizó en el sector norte de la Ciudad de Tulcán, Barrio San Miguel, mismo que se encuentra localizado en la Provincia del Carchi, Cantón Tulcán, Parroquia González Suárez.

Obtención de la materia prima:

- El cabello humano: Sala de Belleza YOVEMAR de la ciudad de Tulcán
- Microorganismos Eficientes: Empresa AGEARTH de la ciudad de Guayaquil
- *Trichoderma* spp: Empresa MORERA de la ciudad de Ibarra
- Estiércol de cuy: AGROINGENIO VILLARREAL de la ciudad de Tulcán
- Poda de pasto: Gobierno Municipal de Tulcán

Los análisis físico - químicos de los tratamientos se realizaron en el laboratorio LABONORT de la ciudad de Ibarra.

3.5.2.1.1. Datos Informativos del lugar

El proceso de los compostaje se desarrolló a una temperatura de 15°C promedio, a una altura de 2980 msnm, en un clima frío, con una altitud norte de 00° 44' y 77° 43' de longitud occidental, según los datos meteorológicos del Aeropuerto "Teniente Coronel Luis A. Mantilla" de la ciudad de Tulcán.

3.5.2.2. Factores en estudio.

3.5.2.2.1. Dosis de cabello

Codificación	Dosis
D1	2,5Kg
D2	5Kg

3.5.2.2.2. Microorganismos con dosis comerciales

- Microorganismos eficientes (E.M.)
- *Trichoderma* spp,
- E.M. + *Trichoderma* spp

3.5.2.3. Tratamientos.

En el cuadro 6 se presentan los tratamientos resultado de la combinación de los factores en estudio.

Cuadro 6: Tratamientos a aplicarse

Codificación	Factores en estudio	
	Dosis de cabello	Microorganismos aceleradores de compostaje
T1	D1	EMs
T2	D2	EMs
T3	D1	<i>Trichoderma</i> spp
T4	D2	<i>Trichoderma</i> spp
T5	D1	EMs + <i>Trichoderma</i> spp
T6	D2	EMs + <i>Trichoderma</i> spp
T7	D1	Sin inoculación
T8	D2	Sin inoculación
T9 (testigo)	D0	Sin inoculación

Elaborado por: Guillermo Jácome, 2012

En el cuadro 7 se presentan los tratamientos con los porcentajes y la cantidad de materia orgánica a compostar resultado de la combinación de los factores en estudio.

Cuadro 7: Tratamientos con los porcentajes y la cantidad de materia orgánica

Trat.	Inóculo	%	Cabello(kg)	%	Estiércol(kg)	%	Pasto(kg)	%	Total%
1	EMs 1000cc=1kg	2	2,5	5	16	32	31,5	61	100
2		2	5	10	12	24	33	64	100
3	<i>Trichoderma</i> spp 0,025kg	0,05	2,5	5	16	32	31,5	62,95	100
4		0,05	5	10	12	24	33	65,95	100
5	EMs+ <i>Trichoderma</i> spp 1,025kg	2,05	2,5	5	16	32	31,5	60,95	100
6		2,05	5	10	12	24	33	63,95	100
7	Ningún m/o	0,0	2,5	5	16	32	31,5	63	100
8		0,0	5	10	12	24	33	66	100
9	TESTIGO								

Material	C/N	Total C/N	Total kg	Sacos 50kg
Cabello	3	30	90	1,8
Estiércol cuy	8		336	6,72
Pasto	19		774	15,48
m/o			12,3	

Elaborado por: Guillermo Jácome, 2012

Cuadro 8: Tratamiento Testigo con los porcentajes y la cantidad de materia orgánica

Trat.	Inóculo	Leguminosa(kg)	%	Estiércol(kg)	%	Pasto(kg)	%	Tierra(kg)	%	Total%
9	TESTIGO	10	20	14	28	16	32	10	20	100

Fuente: (Suquilanda M. , 2006)

3.5.2.4. Diseño experimental

3.5.2.4.1. Tipo de diseño.

a. Diseño experimental

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 9 tratamientos y 3 repeticiones.

b. Características del ensayo

Cuadro 9: Características del ensayo

Repeticiones (r)	3
Tratamientos (t)	8
Testigos	1
Unidades experimentales (t+1 x r)	27

Elaborado por: Guillermo Jácome, 2012

c. Características de la unidad experimental

Cada Unidad Experimental (UE) estuvo conformada por 50kg de materia orgánica a compostar, se realizaron tres repeticiones con un total de 27 UE incluyendo los tratamientos testigos.

d. Esquema del análisis estadístico

Cuadro 10: Esquema del análisis estadístico

FUENTES DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
TOTAL $(t*r)-1$	26
TRATAMIENTOS $(t-1)$	8
ERROR EXPERIMENTAL $(t-1)(r-1)$	18

Elaborado por: Guillermo Jácome, 2012

e. Análisis funcional

Se calculó el análisis de varianza ADEVA y se aplicó la prueba de Duncan al 5% para tratamientos y factores en estudio.

3.5.2.5. Variables a evaluarse.

3.5.2.5.1. Determinación de la Temperatura

El monitoreo y registro de temperatura se realizó semanalmente, con un termómetro digital, procurando hacer tres lecturas por cada unidad experimental: una en cada extremo y otra en la parte central; estos valores fueron promediados para obtener una lectura única que se analizó estadísticamente.

Fotografía 1: Medición de Temperatura



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2012

Fotografía 2: Valores de Temperatura



Foto tomada por: Guillermo Jácome (2012)

3.5.2.5.2. Determinación del PH

Utilizando un pH metro, cada semana durante el transcurso del compostaje de la misma manera que se deben realizar las lecturas de temperatura, tomando en tres puntos distintos los valores y promediándolos para obtener un valor final.

Fotografía 3: Medición del pH

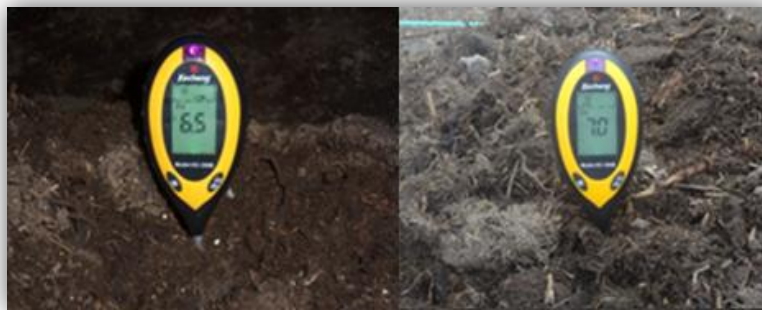


Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2012

3.5.2.5.3. Calidad nutricional del compost

Al finalizar el proceso de compostaje se envió una muestra representativa de cada tratamiento, para realizar un análisis de laboratorio en base a las propiedades físico-químicas, con los resultados realizamos las debidas comparaciones con el testigo absoluto, comparaciones relacionadas a calidad nutricional preferentemente el contenido de N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B. además del contenido de materia orgánica, pH y conductividad eléctrica.

Fotografía 4: Muestras para enviar a laboratorio



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2013

3.5.2.5.4. Determinación del rendimiento total

A través de esta relación, se determinó la conversión de la materia orgánica en compost generando una idea preliminar de la acción microbiológica según los valores obtenidos. Con los valores de peso de los desechos orgánicos (peso inicial) y compost (peso final) respectivos, se obtuvo una relación matemática para determinar la conversión de materia orgánica en compost que se produjo en cada unidad experimental.

$$Rendimiento = \frac{\textit{peso final}}{\textit{peso inicial}} * 100$$

3.5.2.5.5. Determinación de costos

Los costos se calcularon por medio de registros durante el desarrollo de la investigación, además se estableció la relación costo beneficio del mejor tratamiento.

3.5.2.6. Manejo específico del ensayo.

3.5.2.6.1. Materiales y equipos.

En la elaboración de la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

Materia Prima:

Cabello humano	90 kg
Estiércol de cuy	336 kg
Poda de pasto	822 kg
Estiércol bovino	42 kg
Leguminosa	30 kg
Tierra	30 kg

Insumos:

Agua	
EMs	12 L
<i>Trichoderma</i> spp	300 gr

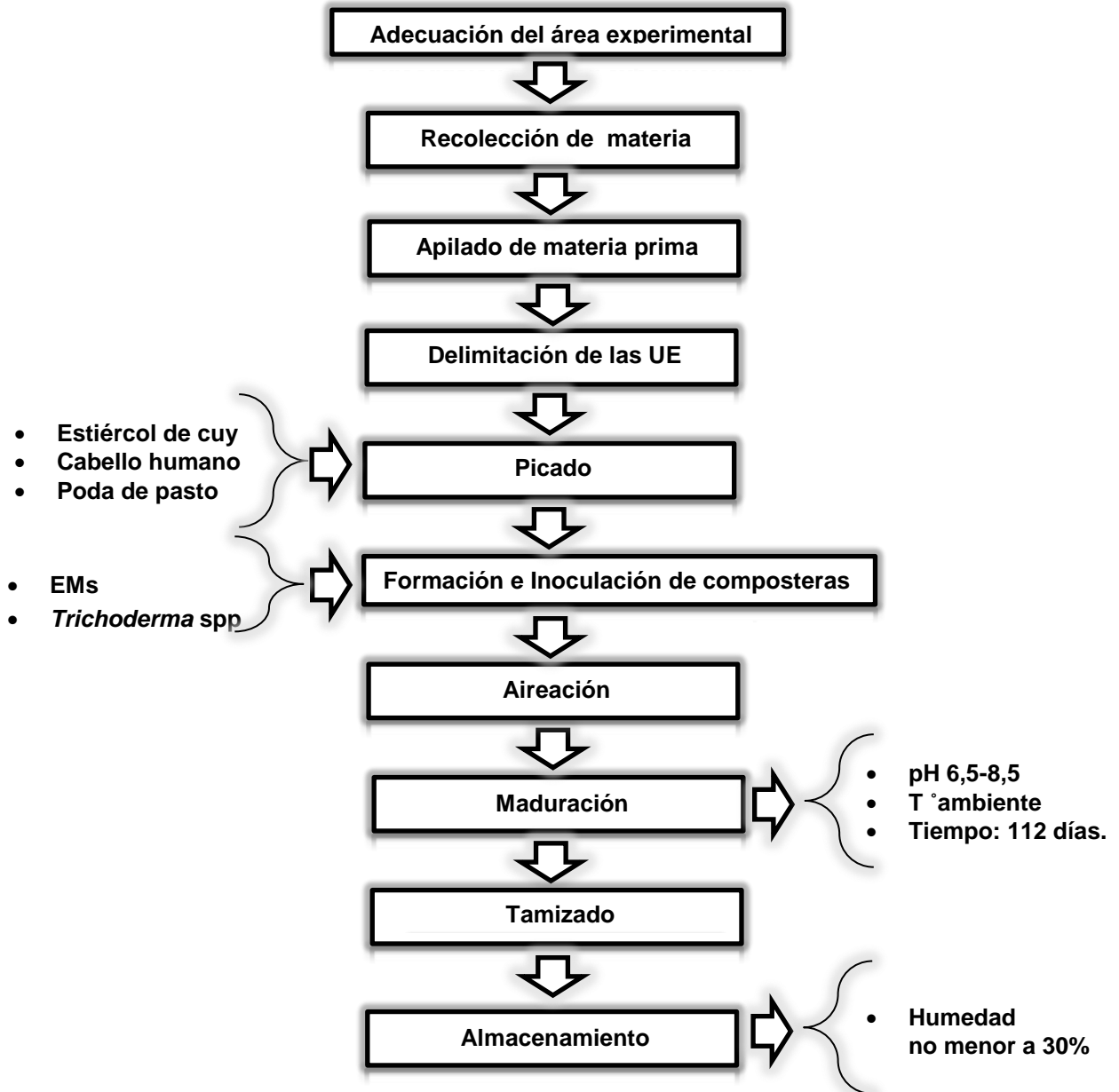
Materiales y Equipos de campo:

- Galpón artesanal (110m²)
- Cámara digital
- Libreta de campo
- Balanza 120 kg
- 1Regadera
- 1Balde 20 L
- 1Pala
- 1 rollo de piola
- Estacas
- Guantes
- Cribadora

Materiales de laboratorio:

- pH metro con termómetro digital

3.5.2.7. Flujoograma: Elaboración de compost con cabello humano.



3.5.2.8. Procedimiento.

3.5.2.8.1 Adecuación del área experimental

Con la finalidad de controlar factores extrínsecos a la investigación se construyó un galpón artesanal de 110m² con paredes cubiertas de plástico de invernadero.

Fotografía 5: Galpón para la ejecución de la investigación



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2012

3.5.2.8.2 Recolección de la materia prima

La materia orgánica para la conformación de las pilas de compost provino:

- De la Sala de belleza YOVEMAR el cabello humano
- Del Gobierno Municipal de Tulcán el pasto podado
- Del Agroingenio VILLARREAL el estiércol de cuy y bobino
- De la empresa AGEARTH los (EM1) Microorganismos eficientes
- De la empresa MORERA el (TRICOFUN) *Trichoderma* spp



Fotografía 6: Apilado del estiércol



Fotografía 8: Recolección del cabello humano



Fotografía 7: Apilado del pasto



Fotografía 9: Microorganismos comerciales

Fotografías tomadas por: Guillermo Jácome, 2012

3.5.2.8.3 Apilado de los desechos sólidos orgánicos

Se procedió con el amontonamiento previo de los residuos orgánicos con el fin de secarlos mediante temperatura ambiental y viento, para luego retirar materiales inorgánicos mezclados entre éstos.

Fotografía 10: Apilado de los desechos orgánicos

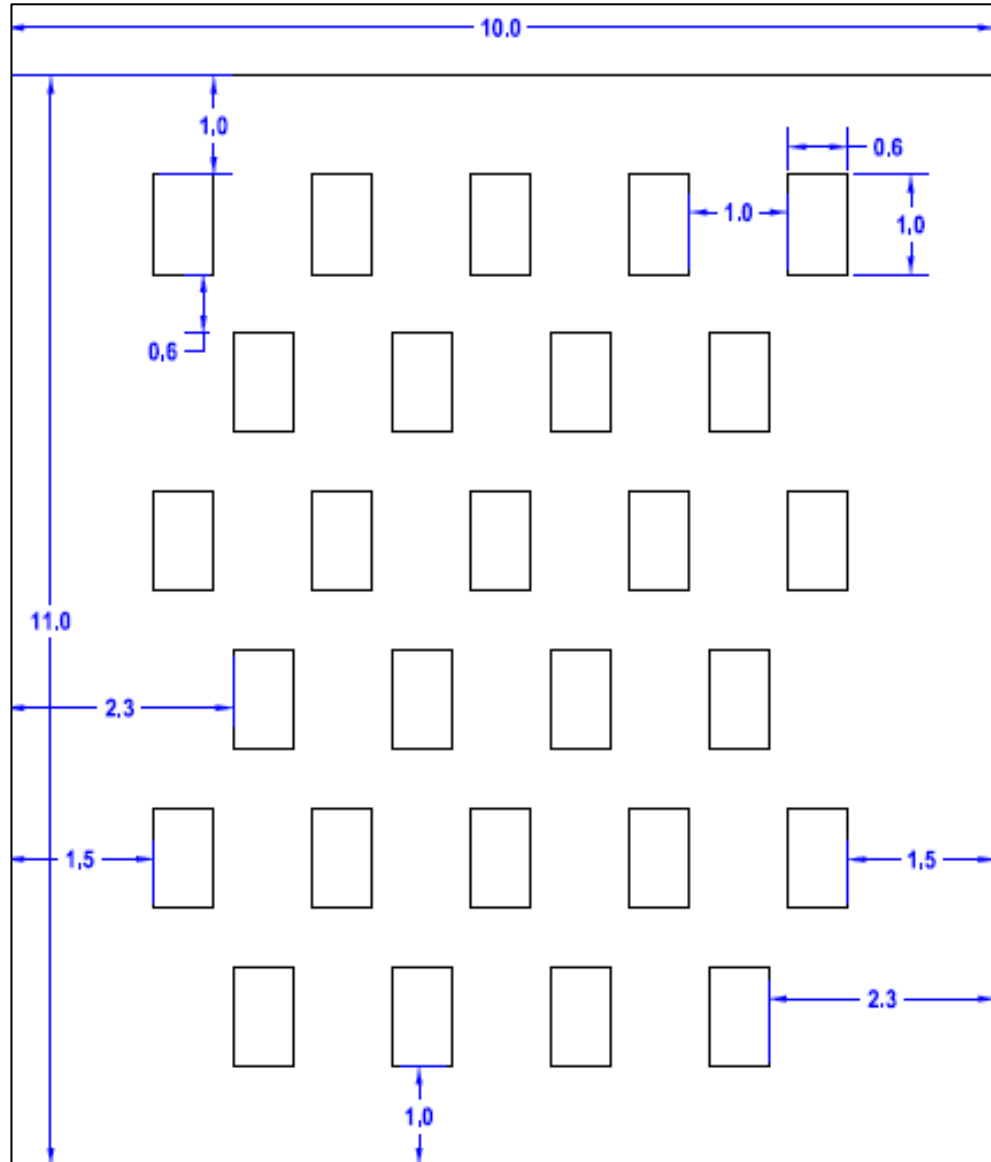


Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2012

3.5.2.8.4 Delimitación de las Unidades Experimentales

En el presente ensayo las unidades experimentales, tuvieron una dimensión de: 0.5 m de alto, 0.6 m de ancho y 1.0 m. de largo, se trabajó con 27 unidades experimentales, los caminos fueron de 1 m como lo muestra el siguiente gráfico.

Gráfico 12: Distribución de las Unidades Experimentales



Elaborado por: Guillermo Jácome, 2012

El área total para el desarrollo de la investigación fue de aproximadamente 110m².

Fotografía 11: Delimitación de las Unidades Experimentales



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2012

3.5.2.8.5 Picado de los desechos sólidos orgánicos

Aquellos materiales orgánicos de mayor tamaño que fueron separados, se sometieron a un picado manual, con la finalidad de reducir el tamaño y facilitar su descomposición en el proceso de compostaje.

Fotografía 12: Picado de los desechos sólidos orgánicos



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2012

3.5.2.8.6 Formación de composteras e Inoculación de Microorganismos

En cada unidad experimental se colocó una capa de material seco procedente de la poda de césped, luego estiércol de cuy junto con el cabello procurando

que se cubra todo el espacio, y al final se colocó otra capa de césped seco como cobertura, cada unidad experimental tuvo un peso de 50 kg de material a compostar incluido los microorganismos, además se aplicó las diluciones de Microorganismos Eficientes (E.M.) y *Trichoderma* spp utilizando dosis comerciales entre cada capa de material.

Fotografía 13: Formación de las composteras



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2012

Fotografía 14: Inoculación de los microorganismos EM y *Trichoderma* spp



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2012

3.5.2.8.7 Aireación

Con la finalidad de mantener una fermentación aerobia se procedió al volteo de las composteras manualmente para evitar fermentaciones anaerobias

proporcionando así un sustrato viable para el desarrollo de los microorganismos.

Fotografía 15: Aireación de las composteras



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2013

3.5.2.8.8 Maduración

Después del último volteo se mantuvieron las unidades experimentales en reposo para completar el proceso de compostaje colonizándose con la meso fauna local.

Fotografía 16: Fase de Maduración del compost



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2013

3.5.2.8.9 Tamizado

Al finalizar el proceso de compostaje se tamizaron las U.E. con la finalidad de establecer el rendimiento o la conversión de la materia orgánica inicial a

compostar con el compost obtenido además se envió las muestras de los tratamientos para realizar un análisis físico-químico, para establecer nutricionalmente valores de elementos como N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B. además del contenido de materia orgánica, pH y Conductividad eléctrica.

Fotografía 17: Toma de muestra de compost



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2013

3.5.2.8.10 Almacenamiento.

Una vez obtenido el compost de cabello humano se procedió a embalarlo en sacos plásticos, debidamente etiquetados, para ser almacenados en un lugar fresco a temperatura ambiente.

Fotografía 18: Almacenamiento del compost



Foto tomada por: Guillermo Jácome, 2013

3.6. PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.6.1. Análisis de resultados.

En el presente capítulo se presentan los resultados de la investigación Elaboración de compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (EMs) y *Trichoderma* spp, como agentes aceleradores de compostaje. Con la finalidad de comprobar las hipótesis planteadas, se realizó el siguiente análisis estadístico

3.6.1.1. Análisis estadístico de variables.

Para realizar el diseño estadístico, se consideró los siguientes factores: dosis de cabello humano y microorganismos que intervienen en la fermentación aerobia. Se tomó en cuenta las variables, de pH, de temperatura interna de la compostera, del contenido de N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B. Además del contenido de materia orgánica, conductibilidad eléctrica y rendimiento.

3.6.1.2. Contenido nutricional del Compost.

Para esta variable se envió una muestra representativa al laboratorio para determinar los contenidos de N, P, K, Ca, S, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn, B. luego se realizó un análisis estadístico para cada elemento.

3.6.1.2.1. Contenido de Nitrógeno.

Cuadro 11: Valores obtenidos para el contenido de Nitrógeno

CONTENIDO DE N (ppm)					
	Repeticiones				
Tratamiento	I	II	III	Σ	X
T1	605,67	586,34	643	1.835,01	611,67
T2	1.280,93	1270,62	1265,46	3.817,01	1272,336667
T3	654,64	605,67	822,61	2.082,92	694,3066667
T4	1288,66	1159,79	1150,77	3.599,22	1199,74
T5	619,84	655,93	726,8	2.002,57	667,52333333
T6	1490,98	1631,44	1286,08	4.408,50	1469,5
T7	555,41	661,08	615,98	1.832,47	610,82333333
T8	1342,78	1420,1	998,71	3.761,59	1253,8633333
T9	141,75	231,96	150,77	524,48	174,82666667
Σ	7980,66	8222,93	7660,18	23863,77	7954,59
X	886,74	913,6588889	851,1311111	883,84	883,84333333

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 12: ADEVA para el contenido de Nitrógeno

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	4611033,43			
TRATAMIENTOS	8	4394003,02	549250,38	45,55	<0,0001
ERROR EXPERIMENTAL	18	217030,41	12057,25		
COEFICIENTE DE VARIACION.	6,08				
PROMEDIO	883,843				

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 6,08% es aceptable para esta investigación.

El análisis de varianza indicó alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados si influyen estadísticamente en el contenido de nitrógeno al compost.

Cuadro 13: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Nitrógeno.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	1469,50	A
T2 CAB10% + EM2%	1272,34	B
T8 CAB10% + SIN INOC	1253,86	B
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	1199,74	B
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	694,31	C
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	667,52	C
T1 CAB5% + EM2%	611,67	C
T7 CAB5% + SIN INOC	610,82	C
T9 TESTIGO	174,83	D

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa cuatro rangos de significación A, B, C, y D, correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T6 (2%EM + 0,05%*Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 63,95%Pasto) con el porcentaje más alto en el contenido de nitrógeno alcanza un valor de 1469,5 ppm y el tratamiento T9 o testigo (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) en el rango "D" con el porcentaje más bajo 174,83 ppm.

Cuadro 14: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos el contenido de Nitrógeno

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
EM + <i>Trichoderma</i> spp	1068,51	A
<i>Trichoderma</i> spp	947,02	A
EM	942,00	A
Sin inóculo	932,34	A
Testigo Absoluto	174,83	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A y B, correspondiendo al rango "A" tenemos todos los tratamientos con microorganismos inoculados también el tratamiento sin inóculo y en el rango "B" tenemos al tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos estableciendo, que los tratamientos del rango "A" no tienen diferencia estadística significativa, y que el cabello con el resto de componentes del compost son un sustrato ideal para el desarrollo de los microorganismos en este experimento.

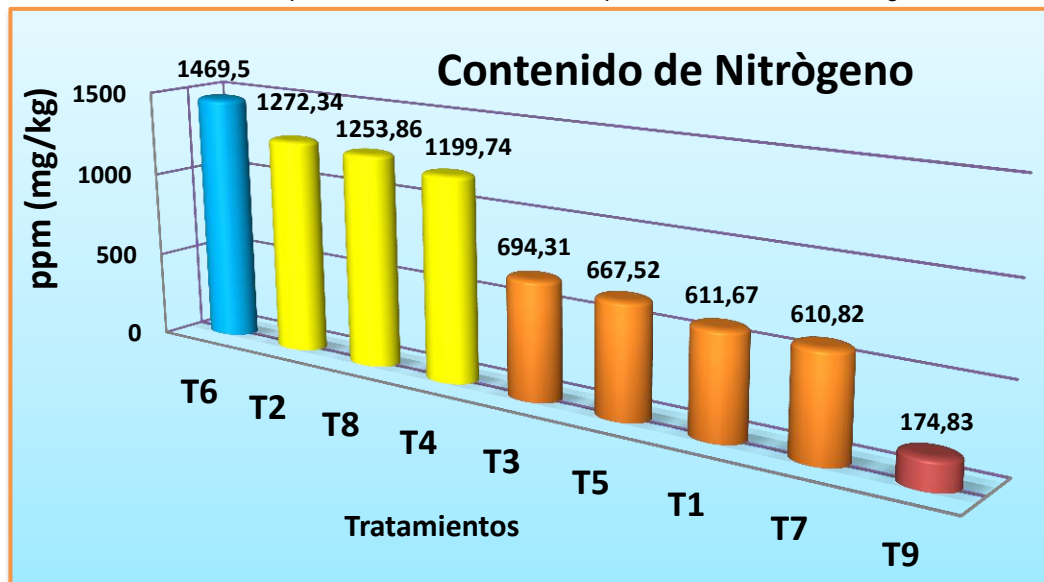
Cuadro 15: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano el contenido de Nitrógeno

DOSIS	Medias	RANGOS
D2	1298,86	A
D1	646,08	B
D0	174,83	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2) con el porcentaje más alto en el contenido de nitrógeno continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 5% (D1) y al final los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0), podemos establecer que la utilización de cabello humano favorece en el contenido de nitrógeno al compost.

Gráfico 13: Comportamiento de las medias para el contenido de Nitrógeno.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°13 se indican los valores promedios para contenido de nitrógeno, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el de mayor contenido; T6 (2%EM + 0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 63,95%Pasto) cuyo valor es de 1469,5 ppm (0,14%), frente al testigo T9 (20%Leguminosas + 28%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con un valor de 174,83 ppm (0,017%). Podemos afirmar que el contenido de nitrógeno está relacionado con

la cantidad de cabello humano ya que los tratamientos con el 10% de cabello humano alcanzan los valores más altos (T6,T2,T8,T4) continúan los tratamientos con el 5% de cabello humano (T3,T5,T1,T7) y al final el tratamiento testigo que no contiene cabello humano. También podemos asegurar que los microorganismos influyen en la obtención para el contenido de nitrógeno siendo los más activos la interacción de 2%EM+ 0,05% *Trichoderma* spp.

3.6.1.2.2. Contenido de Fósforo.

Cuadro 16: Valores obtenidos para el contenido de Fósforo.

CONTENIDO DE P (ppm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	X
	I	II	III		
T1	269,39	281,68	252,56	803,63	267,8766667
T2	273,94	283,19	286,38	843,51	281,17
T3	300,79	289,11	264,99	854,89	284,9633333
T4	272,27	286,68	254,83	813,78	271,26
T5	266,51	263,33	298,82	828,66	276,22
T6	251,5	257,71	254,23	763,44	254,48
T7	272,88	263,33	263,17	799,38	266,46
T8	271,67	264,69	264,39	800,75	266,9166667
T9	254,39	282,59	253,32	790,30	263,4333333
Σ	2433,34	2472,31	2392,69	7.298,34	2432,78
X	270,3711111	274,7011111	265,8544444	270,31	270,3088889

Elaborado por: Jácome, G. (2013)

Cuadro 17: ADEVA para el contenido de Fósforo

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	5219,54			
TRATAMIENTOS	8	2095,88	261,98	1,51	0,2221
ERROR EXPERIMENTAL	18	3123,66	173,54		
COEFICIENTE DE VARIACION.	4,87				
PROMEDIO	270,31				

Elaborado por: Jácome, G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 4,87% es aceptable para esta investigación. El análisis de varianza no indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que el cabello humano y los microorganismos inoculados no influyen estadísticamente en el contenido de fósforo al compost.

Cuadro 18: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Fósforo.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	284,96	A
T2 CAB10% + EM2%	281,17	A
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	276,22	A B
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	271,26	A B
T1 CAB5% + EM2%	267,88	A B
T8 CAB10% + SIN INOC	266,92	A B
T7 CAB5% + SIN INOC	266,46	A B
T9 TESTIGO	263,43	A B
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	254,48	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa dos rangos de significación A, y B, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos T3 (0,05% *Trichoderma* spp + 5% Cabello + 32% Estiércol C. + 62,95% Pasto) con 284,96 ppm y T2 (2% EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64% Pasto) con 281,17 ppm. En el rango "B" con el menor contenido de fósforo tenemos al tratamiento T6 (2% EM + 0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 63,95% Pasto) con 254,48 ppm.

Cuadro 19: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Fósforo.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
<i>Trichoderma</i> spp	278,11	A
EM	274,52	A
Sin inóculo	266,69	A
EM + <i>Trichoderma</i> spp	265,35	A
Testigo Absoluto	263,43	A

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar un rango de significación "A", tenemos a todos los tratamientos: con microorganismos inoculados, sin inóculo y el tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos, estableciendo que si se realizan o no inoculaciones de microorganismos no habrá diferencia estadística significativa para el contenido de fósforo.

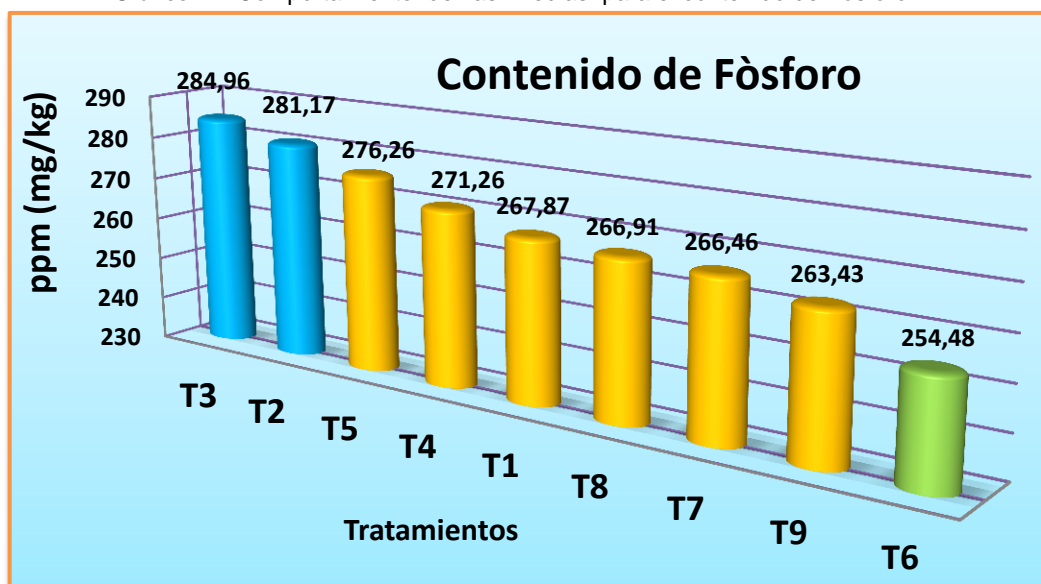
Cuadro 20: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Fósforo.

DOSIS	Medias	RANGOS
D1	273,88	A
D2	268,46	A
D0	263,43	A

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar un rango de significación "A", tenemos a todos los tratamientos con dosis del 0%, 5% y 10% de cabello humano, estableciendo que con o sin el uso de cabello humano no habrá diferencia estadística significativa para el contenido de fósforo.

Gráfico 14: Comportamiento de las medias para el contenido de Fósforo.



Elaborado por: Jácome G. (2013)

En el gráfico N°14 se indican los valores promedios para contenido de fósforo, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificados estadísticamente como los mejores; T3 (0,05% *Trichoderma* spp + 5% Cabello + 32% Estiércol C. + 62,95% Pasto) con 284,96 ppm (0,028%) y T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64% Pasto) con 281,17 ppm (0,028%). Frente al testigo T9 (20% Leguminosas + 28% Estiercol B. + 32% Pasto + 20% Tierra) con un valor de 263,43 ppm (0,026%). Podemos afirmar que el contenido de fósforo está relacionado con el uso de cabello humano y con el uso de microorganismos a pesar de que todos los tratamientos no difieren entre si estadísticamente.

3.6.1.2.3. Contenido de Potasio.

Cuadro 21: Valores obtenidos para el contenido de Potasio.

CONTENIDO DE K (ppm)					
	Repeticiones				
Tratamiento	I	II	III	Σ	X
T1	6591	6669	6006	19266,00	6422
T2	5889	6864	5499	18252,00	6084
T3	6747	7254	6942	20943,00	6981
T4	5928	5148	6084	17160,00	5720
T5	5811	6669	5538	18018,00	6006
T6	3939	3978	4368	12285,00	4095
T7	5772	5343	6786	17901,00	5967
T8	4212	4173	4602	12987,00	4329
T9	4017	3822	4095	11934,00	3978
Σ	48906	49920	49920	148746,00	49582
X	5434	5546,66667	5546,66667	5509,11	5509,111111

Elaborado por: Jácome, G. (2013)

Cuadro 22: ADEVA para el contenido de Potasio

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	32648546,67			
TRATAMIENTOS	8	28704086,67	3588010,83	16,37	<0,0001
ERROR EXPERIMENTAL	18	3944460,00	219136,67		
COEFICIENTE DE VARIACION.	8,50				
PROMEDIO	5509,111				

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 8,50% es aceptable para esta investigación.

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que el cabello humano y los microorganismos inoculados influyen en el contenido de potasio al compost.

Cuadro 23: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Potasio.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGOS
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	6981,00	A
T1 CAB5% + EM2%	6422,00	A B
T2 CAB10% + EM2%	6084,00	B
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	6006,00	B
T7 CAB5% + SIN INO	5967,00	B
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	5720,00	B
T8 CAB10% + SIN INOC	4329,00	C
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	4095,00	C
T9 TESTIGO	3978,00	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango “A” tenemos el tratamiento T3 (0,05% *Trichoderma* spp + 5% Cabello + 32% Estiércol C.+ 62,95%Pasto) con el porcentaje más alto en el contenido de potasio con un valor de 6981,00 ppm, y en el rango “C” al tratamiento T9 o testigo absoluto (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) con el porcentaje más bajo 3978,00 ppm.

Cuadro 24: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Potasio.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
<i>Trichoderma</i> spp	6350,50	A
EM	6253,00	A
Sin inóculo	5148,00	B
EM + <i>Trichoderma</i> spp	5050,50	B
Testigo Absoluto	3978,00	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C correspondiendo al rango “A” tenemos los tratamientos inoculados con *Trichoderma* spp y Microorganismos eficientes (E.M.), en el rango “B” tenemos los tratamientos que no se inocularon microorganismos y los tratamientos inoculados la interacción de Microorganismos eficientes (E.M.) + *Trichoderma* spp , finalmente en el rango “C” encontramos al tratamiento testigo absoluto al que no se inocularon microorganismos estableciendo que para el contenido de

potasio influye el uso de microorganismos inoculados y estos trabajan mejor solos que en interacción.

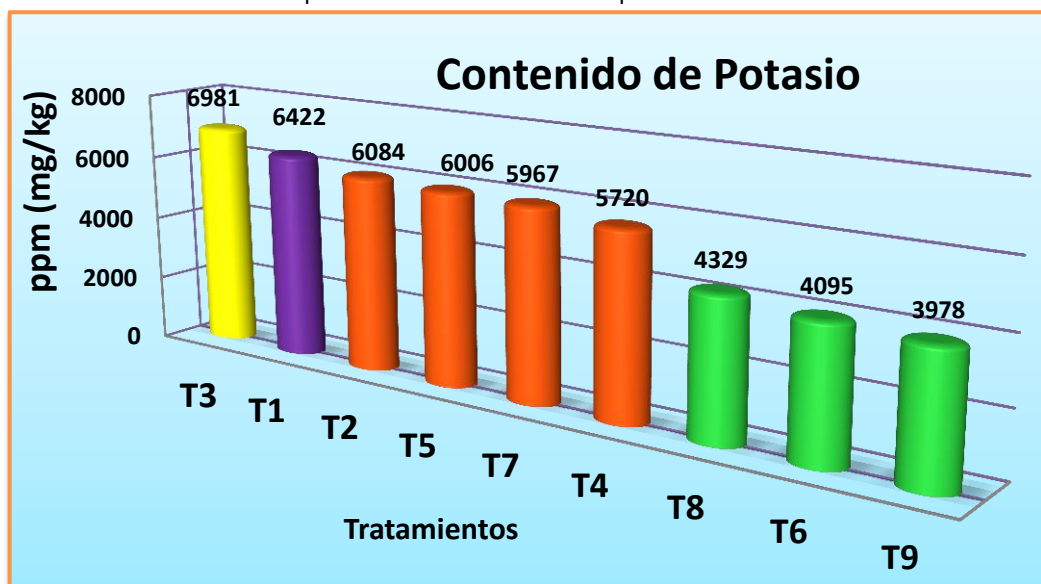
Cuadro 25: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Potasio.

DOSIS	Medias	RANGOS
D1	6344,00	A
D2	5057,00	B
D0	3978,00	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 5% (D1) con el porcentaje más alto en el contenido de potasio continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2) y al final los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0), podemos establecer que la utilización de cabello humano con la dosis del 5% (D1) favorece mayormente en el contenido de potasio al compost.

Gráfico 15: Comportamiento de las medias para el contenido de Potasio.



Elaborado por: Jácome, G. (2013)

En el gráfico N°15 se indican los valores promedios para contenido de potasio, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el mejor; T3 (0,05% *Trichoderma* spp + 5% Cabello + 32% Estiércol C. + 62,95% Pasto) cuyo valor es de 6981,00 ppm (0,698%), frente al testigo T9 (20% Leguminosas + 28% Estiercol B. + 32% Pasto +

20%Tierra) con un valor de 3978,00 ppm (0,397%). Podemos afirmar que el contenido de potasio está relacionado con la cantidad de cabello humano, también podemos asegurar que los microorganismos inoculados influyen en la obtención para el contenido de potasio siendo los más activos de manera individual *Trichoderma* spp 0,05% y Microorganismos eficientes 2%.

3.6.1.2.4. Contenido de Calcio.

Cuadro 26: Valores obtenidos para el contenido de Calcio

CONTENIDO DE Ca (ppm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	x
	I	II	III		
T1	5534	5460	5356	16.350,00	5450
T2	5484	5604	6000	17.088,00	5696
T3	5086	5440	5218	15.744,00	5248
T4	5658	5710	5604	16.972,00	5657,333333
T5	5492	5250	5096	15.838,00	5279,333333
T6	4550	5044	4924	14.518,00	4839,333333
T7	5126	5036	5752	15.914,00	5304,666667
T8	5016	5436	5036	15.488,00	5162,666667
T9	5112	5582	5034	15.728,00	5242,666667
Σ	47058	48562	48020	143.640,00	47880
X	5228,666667	5395,777778	5335,555556	5.320,00	5320

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 27: ADEVA para el contenido de Calcio

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	2658904,00			
TRATAMIENTOS	8	1622752,00	202844,00	3,52	0,0126
ERROR EXPERIMENTAL	18	1036152,00	57564,00		
COEFICIENTE DE VARIACION.	4,51				
PROMEDIO	5320				

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 4,51% es aceptable para esta investigación. El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que el cabello humano y los microorganismos inoculados influyen estadísticamente en el contenido de calcio al compost.

Cuadro 28: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Calcio.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGOS
T2 CAB10% + EM2%	5696,00	A
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	5657,33	A
T1 CAB5% + EM2%	5450,00	A B
T7 CAB5% + SIN INOC	5304,67	A B
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	5279,33	A B C
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	5248,00	A B C
T9 TESTIGO	5242,67	A B C
T8 CAB10% + SIN INOC	5162,67	B C
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05)	4839,33	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamiento T2 (2% EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) con 5696,00 ppm y el T4 (0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 65,95%Pasto) con 5657,00 ppm considerándose como los valores más altos. En el rango "C" tenemos al tratamiento T6 (2% EM +0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 63,95%Pasto) con el porcentaje más bajo 4839,33 ppm.

Cuadro 29: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Calcio.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
EM	5573,00	A
<i>Trichoderma</i> spp	5452,67	A B
Testigo Absoluto	5242,67	B C
Sin inóculo	5233,67	B C
EM + <i>Trichoderma</i> spp	5059,33	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos inoculados con Microorganismos eficientes (E.M.), y tratamientos inoculados con *Trichoderma* spp ,con el mayor contenido de calcio, en el rango "B" tenemos al testigo absoluto y los tratamientos que no se inocularon microorganismos, finalmente en el rango "C" encontramos al tratamiento al que se inoculó la interacción de Microorganismos eficientes (E.M.) + *Trichoderma* spp, estableciendo que para el contenido de calcio influye

el uso de microorganismos inoculados y estos trabajan mejor solos que en interacción.

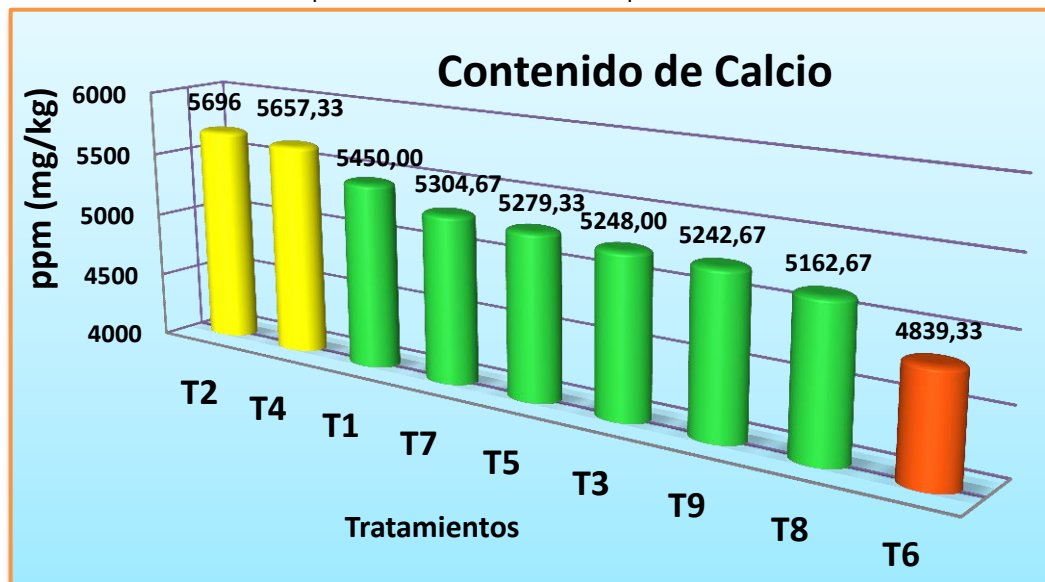
Cuadro 30: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Calcio.

DOSIS	Medias	RANGOS
D2	5338,83	A
D1	5320,50	A
D0	5242,67	A

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar un rango de significación "A", tenemos a todos los tratamientos con dosis del 10%, 5% y 0% de cabello humano, estableciendo que con el uso de cabello humano habrá mayor diferencia estadística significativa para el contenido de calcio utilizando la dosis de 10%.

Gráfico 16: Comportamiento de las medias para el contenido de Calcio.



Elaborado por: Jácome, G. (2013)

En el gráfico N°16 se indican los valores promedios para contenido de calcio, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificados estadísticamente como los mejores; T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) con 5696,00 ppm (0,569%) y T4 (0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 65,95%Pasto) con 5657,33 ppm (0,565%). Frente al testigo T9 (20%Leguminosas + 28%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con un valor de 5242,67 ppm (0,524%). Podemos afirmar que para el contenido de calcio con la dosis del 10% de cabello

humano alcanzamos los valores más altos y los microorganismos que influyen en la obtención son los microorganismos eficientes (E.M.).

3.6.1.2.5. Contenido de Azufre.

Cuadro 31: Valores obtenidos para el contenido de Azufre

CONTENIDO DE S (ppm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	x
	I	II	III		
T1	653,05	724,9	653,05	2.031,00	677
T2	873,79	822,71	883,3	2.579,80	859,9333333
T3	779,43	902,23	801,1	2.482,76	827,5866667
T4	939,58	943,04	842,62	2.725,24	908,4133333
T5	784,63	742,21	427,98	1.954,82	651,6066667
T6	891,96	941,31	848,68	2.681,95	893,9833333
T7	692	690,27	835,7	2.217,97	739,3233333
T8	877,25	936,11	769,04	2.582,40	860,8
T9	402,87	536,18	305,05	1.244,10	414,7
Σ	6894,56	7238,96	6366,52	20.500,04	6833,346667
x	766,0622222	804,3288889	707,3911111	759,26	759,2607407

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 32: ADEVA para el contenido de Azufre

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	755463,23			
TRATAMIENTOS	8	599745,38	74968,17	8,67	0,0001
ERROR EXPERIMENTAL	18	155717,85	8650,99		
COEFICIENTE DE VARIACION.			12,21		
PROMEDIO			759,26		

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 12,21% es aceptable para esta investigación.

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados si influyen en el contenido de azufre al compost.

Cuadro 33: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Azufre.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGOS
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	908,41	A
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	893,98	A
T8 CAB10% + SIN INOC	860,80	A B
T2 CAB10% + EM2%	859,93	A B
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	827,59	A B
T7 CAB5% + SIN INOC	739,32	A B C
T1 CAB5% + EM2%	698,06	B C
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	651,61	C
T9 TESTIGO	414,70	D

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa cuatro rangos de significación A, B, C, y D, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos T4 (0.05%Trichodema spp + 10%Cabello + 24%Estiércol C. +65,95%Pasto) con 908,41 ppm y el T6 (2%EM + 0,05%Trichoderma spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 63,95%Pasto) con 893,98 ppm siendo los porcentajes más altos en el contenido de azufre. En el rango "D" tenemos al tratamiento T9 o testigo (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) con el porcentaje más bajo 414,70 ppm.

Cuadro 34: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Azufre.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
<i>Trichoderma spp</i>	868,00	A
Sin inóculo	800,06	A
EM	779,00	A
EM + <i>Trichoderma spp</i>	772,80	A
Testigo Absoluto	414,70	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A y B, correspondiendo al rango "A" tenemos todos los tratamientos incluyendo los tratamientos sin inóculo y en el rango "B" tenemos al tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos estableciendo, que los tratamientos del rango "A" no tienen diferencia estadística significativa, y que el cabello con el resto de componentes del compost son un sustrato ideal para el desarrollo de los microorganismos en este experimento.

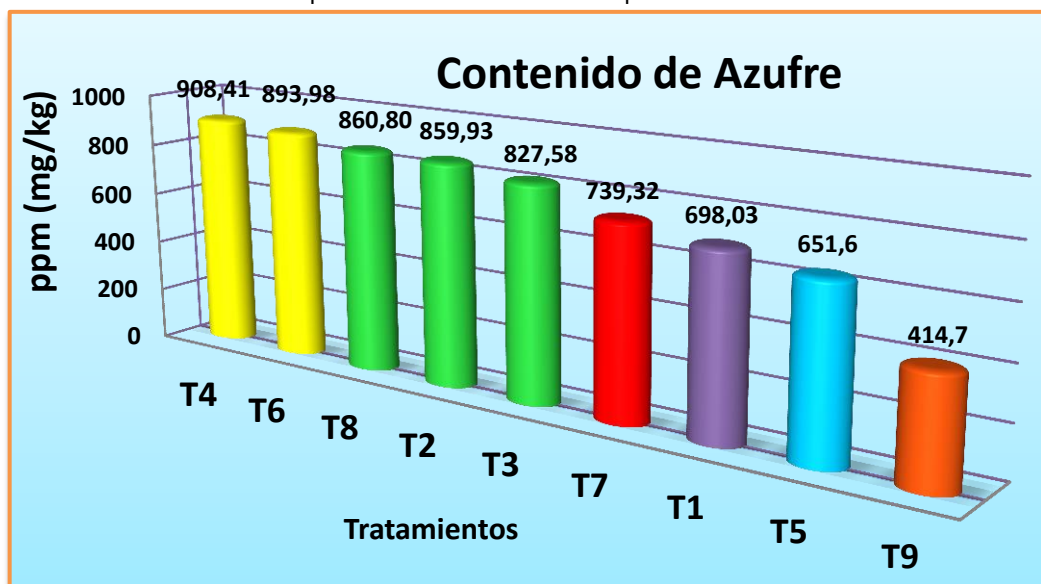
Cuadro 35: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Azufre.

DOSIS	Medias	RANGOS
D2	880,78	A
D1	729,15	B
D0	414,70	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2) con el porcentaje más alto en el contenido de azufre continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 5% (D1) y al final los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0), podemos establecer que la utilización de cabello humano favorece en el contenido de azufre al compost.

Gráfico 17: Comportamiento de las medias para el contenido de Azufre.



Elaborado por: Jácome, G. (2013)

En el gráfico N°17 se indican los valores promedios para contenido de azufre, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificados estadísticamente como los mejores; T4 (0,05%Trichoderma spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 65,95%Pasto) con 908,41 ppm (0,090%) y T6 (2%EM + 0,05%Trichoderma spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 63,95%Pasto) con 893,98 ppm (0,089%), frente al testigo T9 (20%Leguminosas + 28%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con 414,70 ppm (0,041%)

considerado el valor más bajo. Podemos observar que el contenido de azufre está relacionado con la cantidad de cabello humano ya que los tratamientos con el 10% de cabello humano alcanzan los valores más altos (T4,T6,T8,T2) continúan los tratamientos con el 5% de cabello humano (T3,T7,T1,T5) y al final el tratamiento testigo que no contiene cabello humano, también podemos asegurar que los microorganismos influyen en la obtención para el contenido de azufre siendo los más activos 0,05% *Trichoderma* spp.

3.6.1.2.6. Contenido de Magnesio.

Cuadro 36: Valores obtenidos para el contenido de Magnesio

CONTENIDO DE Mg (ppm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	X
	I	II	III		
T1	612	616	570	1.798,00	599,3333333
T2	589,2	632,4	560,4	1.782,00	594
T3	609,6	633,6	609,6	1.852,80	617,6
T4	596,4	540	550,8	1.687,20	562,4
T5	561,6	638,4	556,8	1.756,80	585,6
T6	554,4	514,8	546	1.615,20	538,4
T7	592,8	577,2	646,8	1.816,80	605,6
T8	524,4	535,2	516	1.575,60	525,2
T9	674,4	667,2	625,2	1.966,80	655,6
Σ	5314,8	5354,8	5181,6	15.851,20	5283,733333
X	590,5333333	594,9777778	575,7333333	587,08	587,0814815

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 37: ADEVA para el contenido de Magnesio

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	54363,78			
TRATAMIENTOS	8	38932,95	4866,62	5,68	0,0011
ERROR EXPERIMENTAL	18	15430,83	857,27		
COEFICIENTE DE VARIACION.	4,99				
PROMEDIO	587,008				

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 4,99% es aceptable para esta investigación. El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados influyen en el contenido de magnesio en el compost.

Cuadro 38: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Magnesio.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGOS
T9 TESTIGO	655,60	A
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	617,60	A B
T7 CAB5% + SIN INOC	605,60	A B
T1 CAB5% + EM2%	599,33	B
T2 CAB10% + EM2%	594,00	B
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	585,60	B C
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	562,40	B C D
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	538,40	C D
T8 CAB10% + SIN INOC	525,20	D

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa cuatro rangos de significación A, B, C, y D, correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T9 o testigo (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) con el porcentaje más alto en el contenido de magnesio con un valor de 655,60 ppm y en el rango "D" al tratamiento T8 (10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) con el porcentaje más bajo 525,20 ppm.

Cuadro 39: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Magnesio.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
Testigo Absoluto	655,60	A
EM	596,67	B
Trichoderma spp	590,00	B
Sin inóculo	565,40	B
EM + Trichoderma spp	562,00	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A y B, correspondiendo al rango "A" tenemos al tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos y en el rango "B" tenemos al resto de tratamientos, estableciendo, que los tratamientos del rango "B" no tienen diferencia estadística significativa, y que para el contenido de magnesio no influiría hacer inoculaciones con microorganismos.

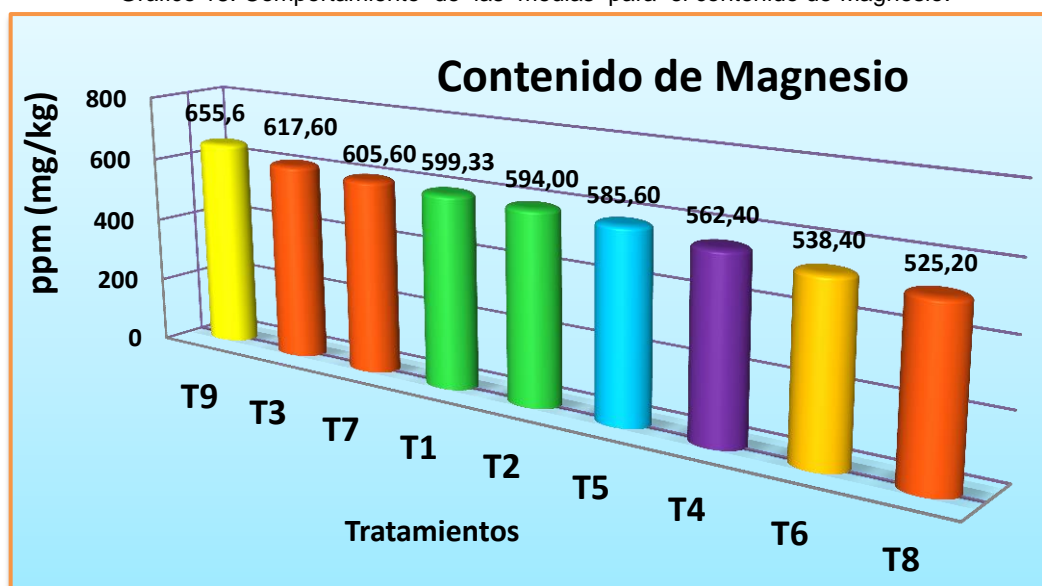
Cuadro 40: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Magnesio.

DOSIS	Medias	RANGOS
D0	655,60	A
D1	602,03	B
D2	555,00	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0) con el porcentaje más alto en el contenido de magnesio continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 5% (D1) y al final los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2), podemos establecer que la utilización de cabello humano no favorece en el contenido de magnesio al compost.

Gráfico 18: Comportamiento de las medias para el contenido de Magnesio.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°18 se indican los valores promedios para contenido de magnesio, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el mejor; T9 (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) cuyo valor es de 655,60 ppm (0,065%), frente al resto de tratamientos. Podemos afirmar que para el contenido de magnesio no influye el uso de cabello humano ni la inoculación de

microorganismos, de todas maneras podemos utilizarlos porque influyen en la obtención de otros nutrientes.

3.6.1.2.7. Contenido de Boro.

Cuadro 41: Valores obtenidos para el contenido de Boro

CONTENIDO DE B (ppm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	X
	I	II	III		
T1	9,74	11,23	10,19	31,16	10,38666667
T2	4,35	6,37	7,3	18,02	6,006666667
T3	6,22	6,15	8,43	20,80	6,933333333
T4	7,19	7,78	9,62	24,59	8,196666667
T5	8,92	9,24	6,98	25,14	8,38
T6	5,79	5,9	6,88	18,57	6,19
T7	8,32	9,44	7,39	25,15	8,383333333
T8	5,59	8,51	7,94	22,04	7,346666667
T9	10,8	9,81	7,34	27,95	9,316666667
Σ	66,92	74,43	72,07	213,42	71,14
X	7,435555556	8,27	8,007777778	7,90	7,904444444

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 42: ADEVA para el contenido de Boro

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	78,73			
TRATAMIENTOS	8	49,48	6,18	3,81	0,0088
ERROR EXPERIMENTAL	18	29,25	1,63		
COEFICIENTE DE VARIACION.	8,33				
PROMEDIO	7,90				

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 8,33% es aceptable para esta investigación.

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados influyen en el contenido de boro en el compost.

Cuadro 43: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Boro.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGOS
T1 CAB5% + EM2%	10,39	A
T9 TESTIGO	9,32	A B
T7CAB5% + SIN INOC	8,38	A B C
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	8,38	A B C
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	8,20	A B C
T8 CAB10% + SIN INOC	7,35	B C
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	6,93	B C
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	6,19	C
T2 CAB10% + EM2%	6,01	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T1 (2%EM + 0,05% *Trichoderma* spp + 5% Cabello + 32% Estiércol C. + 61%Pasto) con el porcentaje más alto en el contenido de boro con un valor de 10,39 ppm y en el rango "C" al tratamiento T2 (2% EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) con el porcentaje más bajo 6,01 ppm.

Cuadro 44: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Boro.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
Testigo Absoluto	9,32	A
EM	8,20	B
Sin inóculo	7,87	B
<i>Trichoderma</i> spp	7,57	B
EM + <i>Trichoderma</i> spp	7,29	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A y B, correspondiendo al rango "A" tenemos al tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos y en el rango "B" tenemos al resto de tratamientos, estableciendo, que los tratamientos del rango "B" no tienen diferencia estadística significativa, y que para el contenido de boro no influiría hacer inoculaciones con microorganismos.

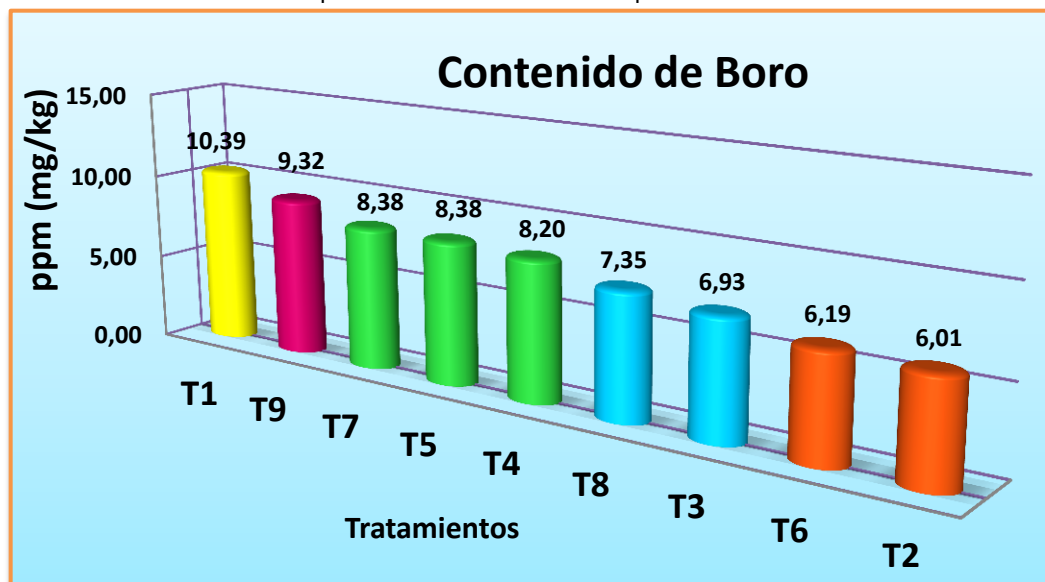
Cuadro 45: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Boro.

DOSIS	Medias	RANGOS
D0	9,32	A
D1	8,52	A
D2	6,94	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A, y B, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0) y del 5%(D1) con el porcentaje más alto en el contenido de boro continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2), podemos establecer que la utilización de cabello humano con dosis del 5% favorece en el contenido de boro al compost.

Gráfico 19: Comportamiento de las medias para el contenido de Boro.



Elaborado por: Jácome, G. (2013)

En el gráfico N°19 se indican los valores promedios para contenido de boro, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el tratamiento con mayor contenido el T1 (2%EM + 0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol + 63,95%Pasto) cuyo valor es de 10,39 ppm (0,0010%), le sigue el tratamiento testigo T9 (20%Leguminosas + 28%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con un valor de 9,32 ppm (0,0009%). Podemos afirmar que el contenido de boro está

relacionado con la cantidad de cabello humano, para este caso con la dosis del 5% de cabello humano podemos obtener mayor contenido de boro pero debemos tomar en cuenta la toxicidad de este elemento y considerar que concentraciones bajas son menos perjudiciales para los cultivos entonces sería recomendable usar las dosis de cabello del 10% con las cuales obtenemos concentraciones de boro menores como en los tratamientos T2 y T6 cuyas concentraciones son menos tóxicas para los cultivos, los microorganismos inoculados no influyen significativamente en la obtención de boro ya que estadísticamente se encuentran por debajo del testigo, de todas maneras podemos utilizarlos porque influyen en la obtención de otros nutrientes.

3.6.1.2.8. Contenido de Cobre.

Cuadro 46 Valores obtenidos para el contenido de Cobre

CONTENIDO DE Cu (ppm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	X
	I	II	III		
T1	2,12	2,93	4,25	9,30	3,1
T2	4,52	2,15	5,65	12,32	4,106666667
T3	3,18	2	1,08	6,26	2,086666667
T4	2,55	4,06	3,51	10,12	3,373333333
T5	5,72	3,54	0,59	9,85	3,283333333
T6	0,6	6,68	7,69	14,97	4,99
T7	7,17	5,95	7,74	20,86	6,953333333
T8	5,2	6,6	4,28	16,08	5,36
T9	2,27	5,68	6,15	14,10	4,7
Σ	33,33	39,59	40,94	113,86	37,95333333
X	3,703333333	4,398888889	4,548888889	4,21	4,217037037

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 47: ADEVA para el contenido de Cobre

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	119,14			
TRATAMIENTOS	8	51,02	6,38	1,69	0,1702
ERROR EXPERIMENTAL	18	68,12	3,78		
COEFICIENTE DE VARIACION.			28,19		
PROMEDIO			4,21		

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 28,19% es aceptable para esta investigación. El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que el cabello humano y los microorganismos inoculados influyen en el contenido de cobre al compost.

Cuadro 48: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Cobre.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T7 CAB5% + SIN INOC	6,95	A
T8 CAB10% + SIN INOC	5,36	A B
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	4,99	A B
T9 TESTIGO	4,70	A B
T2 CAB10% + EM2%	4,11	A B
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	3,37	A B
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	3,28	A B
T1 CAB5% + EM2%	3,10	B
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	2,09	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa dos rangos de significación A, y B, correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T7 (5%Cabello + 32%Estiércol + 63%Pasto), sin inóculo con el porcentaje más alto en el contenido de cobre con un valor de 6,95 ppm y en el rango "B" con el menor contenido de cobre tenemos al tratamiento T3 (0,05%*Trichoderma* spp + 5%Cabello + 32%Estiércol + 62,5%Pasto) con 2,09 ppm.

Cuadro 49: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Cobre.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
Sin inóculo	6,16	A
Testigo Absoluto	4,70	A B
EM + <i>Trichoderma</i> spp	4,14	A B
EM	3,60	A B
<i>Trichoderma</i> spp	2,73	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A y B, correspondiendo al rango "A" tenemos al tratamiento sin inóculo y en el rango "B" tenemos al resto de tratamientos, estableciendo, que los tratamientos del rango "B" no tienen

diferencia estadística significativa, y que para el contenido de cobre no influiría hacer inoculaciones con microorganismos.

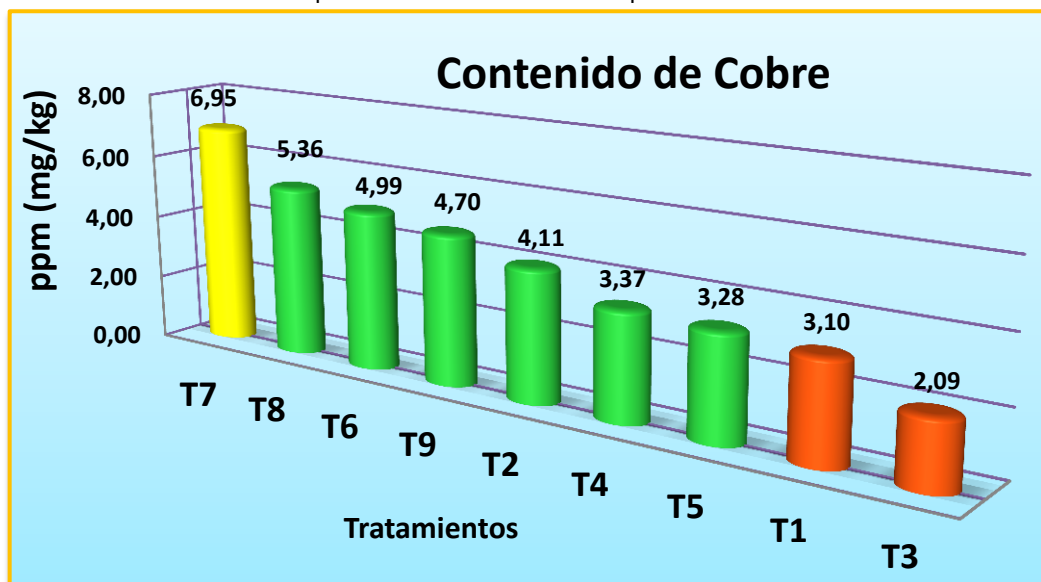
Cuadro 50: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Cobre.

DOSIS	Medias	RANGOS
D0	4,70	A
D2	4,46	A
D1	3,86	A

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar un rango de significación "A", tenemos a todos los tratamientos con dosis del 0%, 10% y 5% de cabello humano, estableciendo que con o sin el uso de cabello humano no existe diferencia estadística significativa para el contenido de cobre.

Gráfico 20: Comportamiento de las medias para el contenido de Cobre



Elaborado por: Jácome, G. (2013)

En el gráfico N°20 se indican los valores promedios para contenido de cobre, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el mejor T7 (5% Cabello + 32% Estiércol C. + 63%Pasto) con 6,95 ppm (0.0006%) frente al testigo T9 (20%Leguminosas + 8%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con un valor de 4,70 ppm (,0004%). Podemos afirmar que el contenido de cobre no está relacionado con el uso de cabello humano ni con el uso de microorganismos ya que todos los tratamientos

no difieren entre si estadísticamente, de todas maneras podemos utilizarlos porque influyen en la obtención de otros nutrientes.

3.6.1.2.9. Contenido de Hierro.

Cuadro 51: Valores obtenidos para el contenido de Hierro

CONTENIDO DE Fe (ppm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	X
	I	II	III		
T1	133,5	210,1	134,3	477,90	159,3
T2	154,3	161,1	66	381,40	127,1333333
T3	166,2	90,6	158,5	415,30	138,4333333
T4	125,8	116,5	147	389,30	129,7666667
T5	121,7	170,2	126,5	418,40	139,4666667
T6	157,2	96,7	157,2	411,10	137,0333333
T7	150,8	136	125,2	412,00	137,3333333
T8	141,2	78,7	168	387,90	129,3
T9	154,3	118,6	186,2	459,10	153,0333333
Σ	1305	1178,5	1268,9	3.752,40	1250,8
X	145	130,9444444	140,9888889	138,98	138,9777778

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 52: ADEVA para el contenido de Hierro

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	26945,63			
TRATAMIENTOS	8	2809,10	351,14	0,26	0,9706
ERROR EXPERIMENTAL	18	24136,53	1340,92		
COEFICIENTE DE VARIACION.			26,35		
PROMEDIO			138,98		

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 26,35% es aceptable para esta investigación. El análisis de varianza no indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que el cabello humano y los microorganismos inoculados no influyen estadísticamente en el contenido de hierro al compost.

Cuadro 53: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Hierro.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T1 CAB5% + EM2%	159,30	A
T9 TESTIGO	153,03	A
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	139,47	A
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	138,43	A
T7 CAB5% + SIN INOC	137,33	A
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	137,03	A
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	129,77	A
T8 CAB10% + SIN INOC	129,30	A
T2 CAB10% + EM2%	127,13	A

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa un rango de significación A, para todos los tratamientos.

Cuadro 54: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos para el contenido de Hierro.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
Testigo Absoluto	153,03	A
EM	143,22	A
EM + Trichoderma spp	138,25	A
Trichoderma spp	134,10	A
Sin inóculo	133,32	A

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar un rango de significación "A", tenemos a todos los tratamientos: con microorganismos inoculados, sin inóculo y el tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos, estableciendo que si se realizan o no inoculaciones de microorganismos no habrá diferencia estadística significativa para el contenido de hierro.

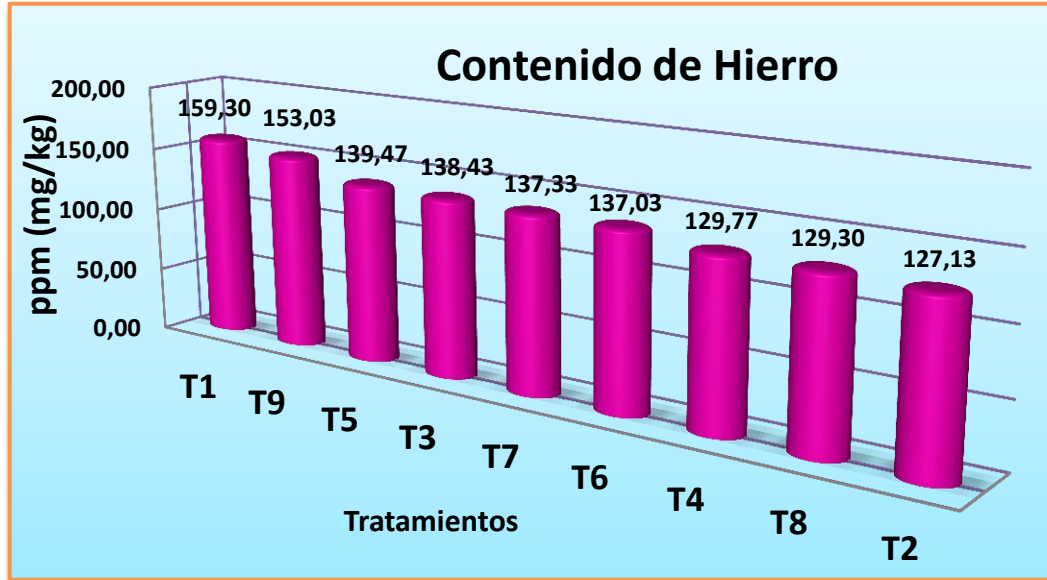
Cuadro 55: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano para el contenido de Hierro.

DOSIS	Medias	RANGOS
D0	153,03	A
D1	143,63	A
D2	130,81	A

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar un rango de significación "A", tenemos a todos los tratamientos con dosis del 0%, 5% y 10% de cabello humano, estableciendo que con o sin el uso de cabello humano no habrá diferencia estadística significativa para el contenido de hierro.

Gráfico 21: Comportamiento de las medias para el contenido de Hierro.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°21 se indican los valores promedio para contenido de hierro, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, estableciendo que el contenido de hierro no está relacionado con el uso de cabello humano ni con la inoculación de microorganismos ya que todos los tratamientos no difieren entre si estadísticamente.

3.6.1.2.10. Contenido de Manganeso.

Cuadro 56: Valores obtenidos para el contenido de Manganeso

CONTENIDO DE Mn (ppm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	X
	I	II	III		
T1	39,9	54,9	49	143,80	47,93333333
T2	65,2	58,4	44,4	168,00	56
T3	68,2	52,6	52	172,80	57,6
T4	77,2	69,7	65,2	212,10	70,7
T5	36,3	50,4	60,6	147,30	49,1
T6	70,5	58,1	61,5	190,10	63,36666667
T7	32,6	50,2	43,5	126,30	42,1
T8	63,1	59,3	66,2	188,60	62,86666667
T9	33,7	27,1	13,9	74,70	24,9
Σ	486,7	480,7	456,3	1.423,70	474,5666667
X	54,07777778	53,41111111	50,7	52,73	52,72962963

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 57: ADEVA para el contenido de Manganeso

FUENTE DE VARIACION	gl	S. C	C. M	F _c	F _t 0,05
TOTAL	26	5837,00			
TRATAMIENTOS	8	4490,74	561,34	7,51	0,0002
ERROR EXPERIMENTAL	18	1346,26	74,79		
COEFICIENTE DE VARIACION.		16,40			
PROMEDIO		52,73			

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 16,40% es aceptable para esta investigación. El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados influyen en el contenido de manganeso al compost.

Cuadro 58: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Manganeso.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	70,70	A
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	63,37	B
T8 CAB10% + SIN INOC	62,87	B
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	57,60	B C
T2 CAB10% + EM2%	56,00	B C
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	49,10	B C
T1 CAB5% + EM2%	47,93	B C
T7 CAB5% + SIN INOC	42,10	C
T9 TESTIGO	24,90	D

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa cuatro rangos de significación A, B, C, y D, correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T4 (0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 65,95% Pasto) con el porcentaje más alto en el contenido de manganeso alcanza un valor de 70,70 ppm y en el rango "D" al tratamiento T9 o testigo (20% Leguminosa, + 28% Estiércol B. + 32% Pasto + 20% Tierra) con el porcentaje más bajo 24,90 ppm.

Cuadro 59: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Manganeso.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
Trichoderma spp	64,15	A
EM + Trichoderma spp	56,23	A B
Sin inóculo	52,48	A B
EM	51,97	B
Testigo Absoluto	24,90	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos inoculados con *Trichoderma* spp, con el mayor contenido de manganeso, en el rango "B" tenemos los tratamientos inoculados con la interacción de Microorganismos eficientes (E.M.) + *Trichoderma* spp, tratamientos que no se inocularon microorganismos y tratamientos con Microorganismos eficientes (E.M.), finalmente en el rango "C" encontramos al tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos, estableciendo, que el cabello con el resto de componentes del compost son un sustrato ideal para el desarrollo de los microorganismos en este experimento.

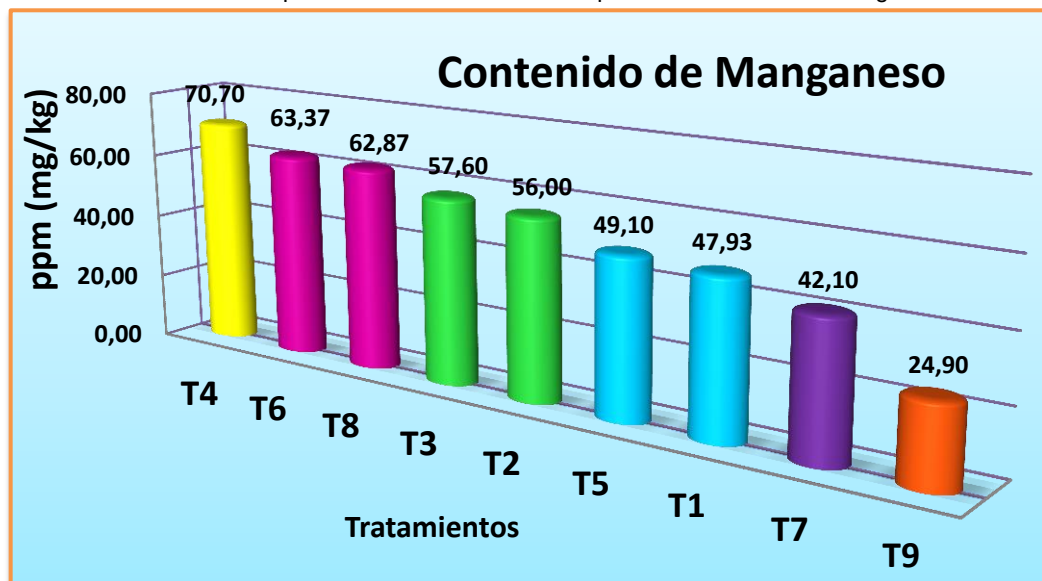
Cuadro 60: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Manganeso.

DOSIS	Medias	RANGOS
D2	63,23	A
D1	49,18	B
D0	24,90	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2) con el porcentaje más alto en el contenido de manganeso continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 5% (D1) y al final los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0), podemos establecer que la utilización de cabello humano favorece en el contenido de manganeso al compost.

Gráfico 22: Comportamiento de las medias para el contenido de Manganeso.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°22 se indican los valores promedios para contenido de manganeso, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el mejor; T4 (0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 65,95% Pasto) con 70,70 ppm (0,0070%) frente al testigo T9 (20% Leguminosas + 28% Estiercol B. + 32% Pasto + 20% Tierra) con 24,90 ppm (0,0029%) considerado el valor más bajo. Podemos afirmar que el contenido de manganeso está relacionado con la cantidad de cabello humano ya que los tratamientos con el 10% de cabello humano alcanzan los valores más altos (T4, T6, T8, T2) continúan los tratamientos con el 5% de cabello humano (T3, T5, T1, T7) y al final el tratamiento testigo que no contiene cabello humano. También podemos asegurar que los microorganismos influyen en la obtención para el contenido de manganeso siendo los más activos 0,05% *Trichoderma* spp.

3.6.1.2.11. Contenido de Zinc.

Cuadro 61: Valores obtenidos para el contenido de Zinc

CONTENIDO DE Zn (ppm)					
	Repeticiones				
Tratamiento	I	II	III	Σ	X
T1	15,69	20,04	13,39	49,12	16,37333333
T2	24,2	23,8	18,87	66,87	22,29
T3	14,21	11,79	14,02	40,02	13,34
T4	16,44	21,11	19,12	56,67	18,89
T5	13,15	15,77	16,61	45,53	15,17666667
T6	17,52	13,96	13,37	44,85	14,95
T7	17,44	16,08	16,74	50,26	16,75333333
T8	21,35	18,59	18,09	58,03	19,34333333
T9	11,85	12,9	9,59	34,34	11,44666667
Σ	151,85	154,04	139,8	445,69	148,5633333
X	16,87222222	17,11555556	15,53333333	16,50	16,50703704

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 62: ADEVA para el contenido de Zinc

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	345,68			
TRATAMIENTOS	8	261,23	32,65	6,96	0,0003
ERROR EXPERIMENTAL	18	84,45	4,69		
COEFICIENTE DE VARIACION.	13,12				
PROMEDIO	16,50				

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 13,12% es aceptable para esta investigación.

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados influyen en el contenido de zinc al compost.

Cuadro 63: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de Zinc.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T2 CAB10% + EM2%	22,29	A
T8 CAB10% + SIN INOC	19,34	A B
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	18,89	A B C
T7 CAB5% + SIN INOC	16,75	B C D
T1 CAB5% + EM2%	16,37	B C D
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	15,18	C D E
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	14,95	C D E
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	13,34	D E
T9 TESTIGO	11,45	E

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa cinco rangos de significación A, B, C, D, y E, correspondiendo al rango “A” tenemos el tratamiento T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) con el porcentaje más alto en el contenido de zinc alcanza un valor de 22,29 ppm y en el rango “E” al tratamiento T9 o testigo (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) con el porcentaje más bajo 11,45 ppm.

Cuadro 64: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de Zinc.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
EM	19,33	A
Sin inóculo	18,05	A B
Trichoderma spp	16,12	B C
EM + Trichoderma spp	15,06	C
Testigo Absoluto	11,45	D

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar cuatro rangos de significación A, B, C y D, correspondiendo al rango “A” tenemos los tratamientos inoculados con Microorganismos eficientes (E.M.), con el mayor contenido de zinc, en el rango “B” tenemos los tratamientos que no se inocularon microorganismos y los tratamientos inoculados con *Trichoderma* spp, en el rango “C” encontramos los tratamientos inoculados con la interacción de Microorganismos eficientes (E.M.) + *Trichoderma* spp, finalmente en el rango “D” tenemos el tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos, estableciendo, que

el cabello con el resto de componentes del compost son un sustrato ideal para el desarrollo de los microorganismos en este experimento.

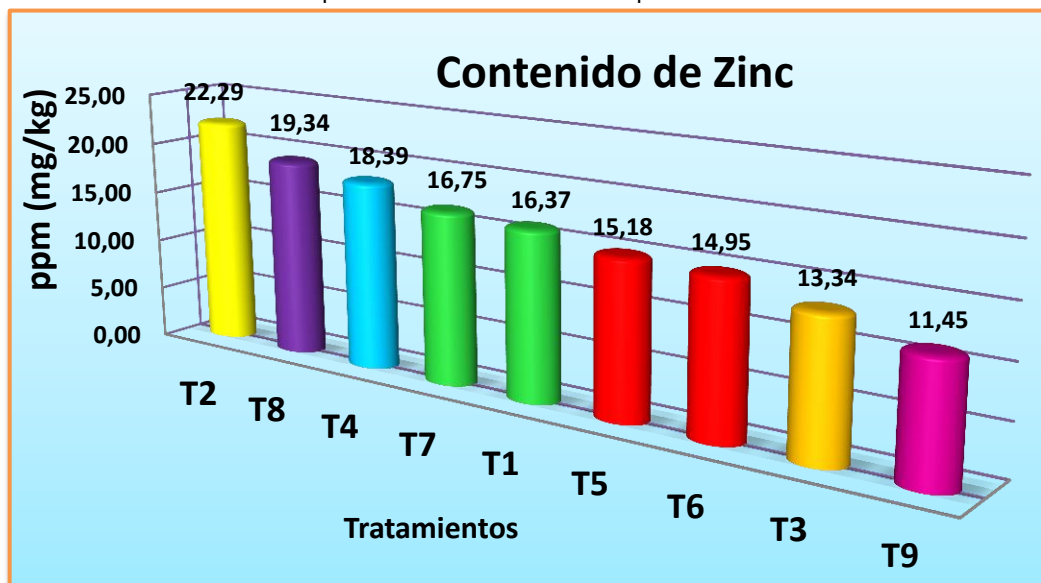
Cuadro 65: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de Zinc.

DOSIS	Medias	RANGOS
D2	18,87	A
D1	15,41	B
D0	11,45	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2) con el porcentaje más alto en el contenido de zinc continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 5% (D1) y al final los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0), podemos establecer que la utilización de cabello humano favorece en el contenido de zinc al compost.

Gráfico 23: Comportamiento de las medias para el contenido de Zinc.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°23 se indican los valores promedios para contenido de zinc, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el mejor; T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiercol C. + 64%Pasto) con 22,29 ppm (0,002%) frente al testigo T9 (20%Leguminosas + 28%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con 11,45 ppm (0,001%) considerado el valor más bajo. Podemos afirmar que el contenido de zinc está relacionado

con la cantidad de cabello humano ya que los tratamientos con el 10% de cabello humano alcanzan los valores más altos (T2,T8,T4,T6) continúan los tratamientos con el 5% de cabello humano (T7,T1,T5,T3) y al final el tratamiento testigo que no contiene cabello humano. También podemos asegurar que los microorganismos influyen en la obtención para el contenido de zinc siendo los más activos los microorganismos eficientes (E.M.).

3.6.1.3. Características físico - químicas.

Para la caracterización del compost se analizó las variables químicas de pH, y conductividad eléctrica y las variables físicas de temperatura interna, contenido de materia orgánica y rendimiento.

3.6.1.3.1. Análisis del Potencial Hidrogeno (pH)

Para esta variable se presenta la curva de pH durante el proceso de elaboración del compost de todos los tratamientos y se analiza estadísticamente los valores del pH final del producto.

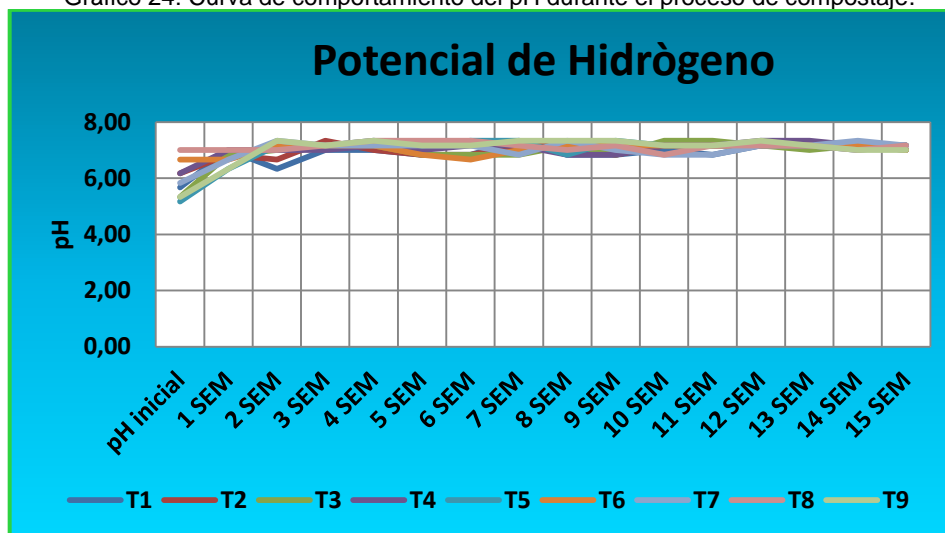
Cuadro 66: Control de pH durante el proceso de compostaje.

pH									
semanas de compostaje	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
pH inicial	5,67	6,17	5,33	6,17	5,17	6,67	5,83	7,00	5,33
1 SEM	7,00	6,83	6,83	7,00	6,33	6,67	6,67	7,00	6,33
2 SEM	6,33	6,67	7,00	7,00	7,17	7,17	7,33	7,00	7,33
3 SEM	7,00	7,33	7,17	7,00	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17
4 SEM	7,00	7,00	7,17	7,17	7,33	7,17	7,17	7,33	7,33
5 SEM	6,83	6,83	6,83	7,00	7,17	6,83	7,17	7,33	7,17
6 SEM	6,83	6,83	6,83	7,17	7,33	6,67	7,17	7,33	7,17
7 SEM	7,33	7,17	6,83	7,17	7,33	7,00	6,83	7,17	7,33
8 SEM	6,83	7,17	7,17	6,83	6,83	7,17	7,33	7,00	7,33
9 SEM	6,83	6,83	6,83	6,83	7,33	7,17	7,00	7,17	7,33
10 SEM	7,00	7,17	7,33	7,17	7,17	7,17	6,83	6,83	7,17
11 SEM	6,83	7,17	7,33	7,17	7,17	7,17	6,83	7,17	7,17
12 SEM	7,17	7,17	7,17	7,33	7,17	7,17	7,17	7,17	7,33
13 SEM	7,17	7,17	7,00	7,33	7,17	7,17	7,17	7,17	7,17
14 SEM	7,17	7,17	7,17	7,17	7,00	7,17	7,33	7,00	7,00
15 SEM	7,00	7,17	7,00	7,17	7,17	7,00	7,17	7,17	7,00
pH final	6,45	6,27	6,50	6,12	6,61	5,86	6,32	5,78	6,52

Elaborado por: Jácome, G (2013)

El cuadro 66 Indica el registro del potencial hidrogeno (pH) de todos los tratamientos en estudio; durante el proceso de compostaje, registrado semanalmente.

Gráfico 24: Curva de comportamiento del pH durante el proceso de compostaje.



Elaborado por: Jácome, G (2013)

En el gráfico N° 24 se observa que al inicio del proceso de compostaje la mayoría de tratamientos presentaron un pH ligeramente ácido, a la tercera semana de elaboración toman valores prácticamente neutros, y se mantienen esos valores hasta terminar el proceso de elaboración.

Cuadro 67: Valores obtenidos del pH al finalizar el proceso de compostaje.

pH					
	Repeticiones				
Tratamiento	I	II	III	Σ	X
T1	6,5	6,75	6,11	19,36	6,453333333
T2	6,41	6,41	6	18,82	6,273333333
T3	6,37	6,53	6,6	19,50	6,5
T4	6,2	5,73	6,44	18,37	6,123333333
T5	6,67	6,61	6,54	19,82	6,606666667
T6	5,94	5,75	5,89	17,58	5,86
T7	6,49	5,93	6,54	18,96	6,32
T8	5,68	5,83	5,82	17,33	5,776666667
T9	6,46	6,38	6,73	19,57	6,523333333
Σ	56,72	55,92	56,67	169,31	56,43666667
X	6,30222222	6,213333333	6,296666667	6,27	6,270740741

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 68: ADEVA para el contenido del pH

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	3,05			
TRATAMIENTOS	8	2,10	0,26	4,98	0,0022
ERROR EXPERIMENTAL	18	0,95	0,05		
COEFICIENTE DE VARIACION.	3,66				
PROMEDIO	6,27				

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 3,66% es aceptable para esta investigación.

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados influyen en el valor final del pH en el compost.

Cuadro 69: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos de la variable pH.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	6,61	A
T9 TESTIGO	6,52	A B
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	6,50	A B
T1 CAB5% + EM2%	6,45	A B
T7 CAB5% + SIN INOC	6,32	A B
T2 CAB10% + EM2%	6,27	A B
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	6,12	B C
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	5,86	C
T8 CAB10% + SIN INOC	5,78	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T5 (2%EM + 0,05%Trichoderma spp + 5% Cabello + 32% Estiércol C. + 60,95%Pasto) con el valor prácticamente neutro en el rango de pH 6,61 y en el rango "C" al tratamiento T8 (10% Cabello + 24% Estiércol C. + 66%Pasto) con el valor ligeramente ácido en el rango de pH 5,78.

Cuadro 70: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos de la variable pH.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
Testigo Absoluto	6,52	A
EM	6,36	A B
Trichoderma spp	6,31	A B
EM + Trichoderma spp	6,23	A B
Sin inóculo	6,05	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A, y B, correspondiendo al rango "A" tenemos al tratamiento testigo absoluto, los tratamientos inoculados con Microorganismos eficientes (E.M.), los tratamientos inoculados con *Trichoderma* spp, y los tratamientos inoculados con la interacción de Microorganismos eficientes (E.M.) + *Trichoderma* spp, en el rango "B" tenemos los tratamientos que no se inocularon microorganismos, estableciendo, que el cabello con el resto de componentes del compost son un sustrato ideal para el desarrollo de los microorganismos en este experimento, que influyen en los valores del rango del pH.

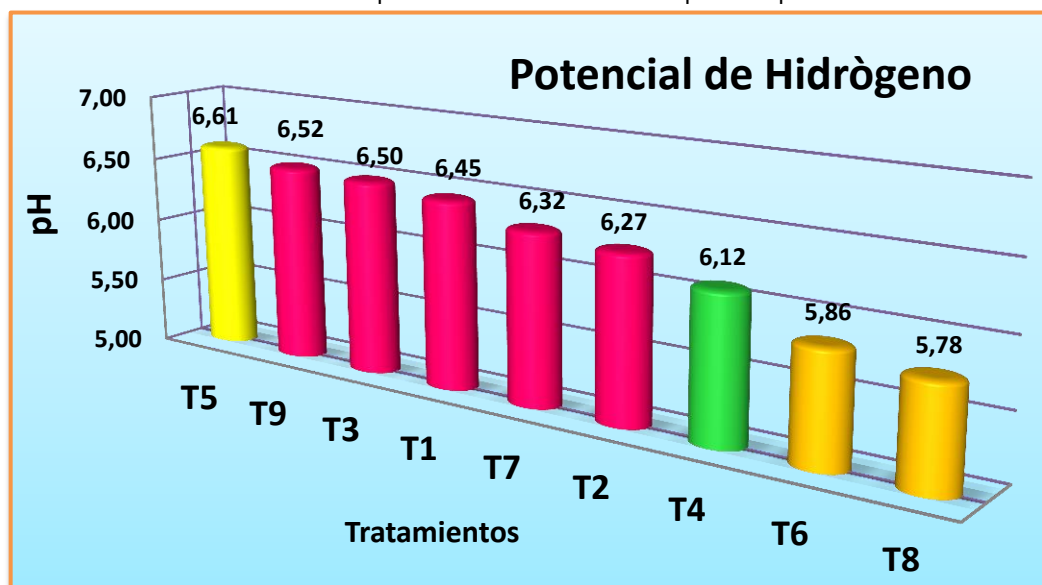
Cuadro 71: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano de la variable pH.

DOSIS	Medias	RANGOS
D0	6,52	A
D1	6,47	A
D2	6,01	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A, y B, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0) y del 5%(D1) con valores prácticamente neutros en el rango de pH, continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2) con valores ligeramente ácidos en el rango de pH, podemos establecer que la utilización de cabello humano con dosis del 5% influyen para alcanzar valores de pH prácticamente neutros al finalizar el proceso de compostaje.

Gráfico 25: Comportamiento de las medias para el pH final.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°25 se indican los valores promedios del pH al finalizar el proceso de compostaje, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificados estadísticamente como los tratamientos que alcanzan valores prácticamente neutros; el T5 (2%EM + 0,05%*Trichoderma* spp + 5% Cabello + 32% Estiércol C. + 60,95%Pasto) con 6,61, le sigue el tratamiento testigo T9 (20%Leguminosas + 28%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con 6,52 y el T3 (0,05%*Trichoderma* spp + 5% Cabello + 32% Estiércol C. + 62,95%Pasto) con 6,50 el resto de tratamientos alcanzan valores ligeramente ácidos. Podemos afirmar que los valores de pH están relacionados con el uso y la cantidad de cabello humano, para este caso con la dosis del 5% de cabello humano podemos obtener valores de pH prácticamente neutros (6,5 – 7,5), a diferencia de la dosis del 10% en donde obtenemos valores de pH ligeramente ácidos (5,5 – 6,5), además podemos asegurar que los microorganismos influyen en los valores del pH siendo los más activos la interacción de Microorganismos eficiente (EM) + 0,05%*Trichoderma* spp para valores prácticamente neutros.

3.6.1.3.2. Análisis de la Temperatura

Para esta variable se presenta la curva de Temperatura durante el proceso de elaboración del compost de todos los tratamientos, datos registrados semanalmente.

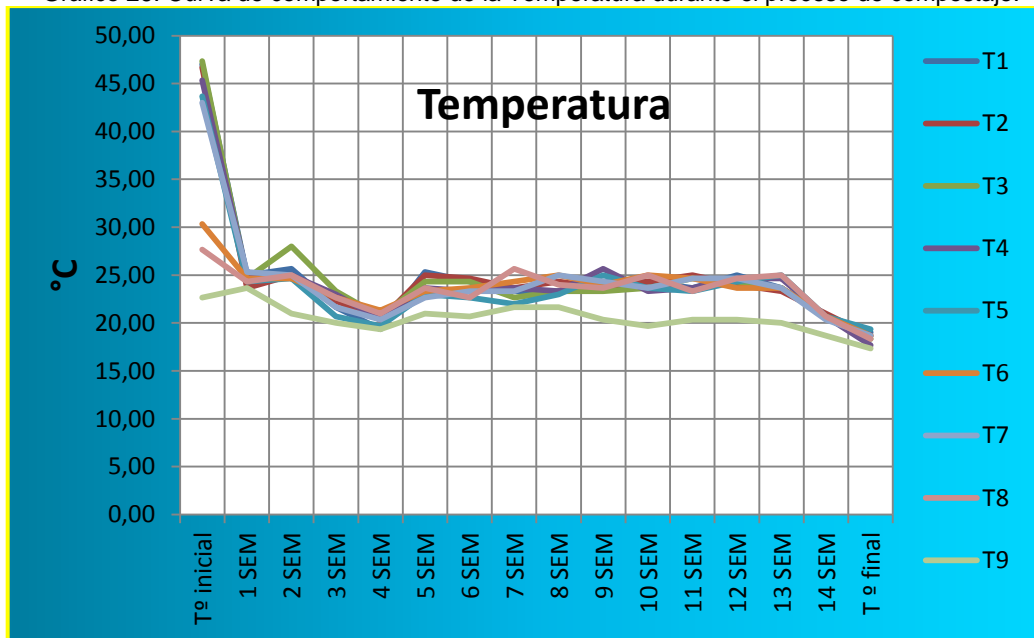
Cuadro 72: Control de Temperatura durante el proceso de compostaje.

Temperatura (°C)									
semanas de compostaje	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
T° inicial	47,00	46,67	47,33	45,33	43,67	30,33	43,00	27,67	22,67
1 SEM	25,00	23,67	24,67	25,00	24,33	24,67	25,33	24,33	23,67
2 SEM	25,67	25,00	28,00	25,00	24,67	24,67	25,00	25,00	21,00
3 SEM	21,67	22,33	23,33	23,00	20,67	22,67	21,67	22,67	20,00
4 SEM	19,33	20,33	20,67	20,33	19,67	21,33	20,33	21,00	19,33
5 SEM	25,33	25,00	24,33	23,67	23,00	23,33	22,67	23,67	21,00
6 SEM	24,33	24,67	24,33	23,33	22,67	23,67	23,33	22,67	20,67
7 SEM	23,33	23,67	22,67	23,67	22,00	24,33	23,33	25,67	21,67
8 SEM	23,33	24,33	23,33	23,33	23,00	25,00	25,00	24,00	21,67
9 SEM	24,33	23,67	23,33	25,67	25,00	24,00	24,33	23,67	20,33
10 SEM	24,33	24,33	23,67	23,33	23,67	25,00	23,67	25,00	19,67
11 SEM	23,67	25,00	24,67	23,67	23,33	24,67	24,67	23,33	20,33
12 SEM	25,00	24,00	24,33	24,67	24,33	23,67	24,67	24,67	20,33
13 SEM	23,67	23,33	23,67	24,67	25,00	23,67	23,67	25,00	20,00
14 SEM	20,67	21,00	20,67	20,67	20,67	20,67	20,33	20,67	18,67
T° final	19,00	18,67	18,33	17,67	19,33	18,67	18,67	18,33	17,33

Elaborado por: Jácome, G (2013)

El cuadro 72 Indica el registro de la temperatura de todos los tratamientos en estudio; durante el proceso de compostaje, registrado semanalmente.

Gráfico 26: Curva de comportamiento de la Temperatura durante el proceso de compostaje.



Elaborado por: Jácome, G (2013)

En el gráfico N°26 se puede observar que al inicio de la fermentación todos los tratamientos partieron de una temperatura que oscila entre 22 y 47°C, a partir de la segunda hasta la cuarta semana la temperatura descendió a valores que oscilan de 25 a 19°C, a partir de la quinta hasta la semana trece la temperatura se mantuvo con valores que oscilan entre 19 y 21°C y en las dos últimas semanas la temperatura descendió a valores que oscilan entre 19 y 17°C, en relación al tratamiento testigo este se mantuvo con temperaturas que oscilan de 23 a 17°C desde el inicio hasta el final del proceso de compostaje.

3.6.1.3.3. Análisis de la conductividad eléctrica.

Cuadro 73: Valores obtenidos de la CE al finalizar el proceso de compostaje.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mS/cm)					
Tratamiento	Repeticiones			Σ	X
	I	II	III		
T1	12,655	10,625	11,764	35,04	11,68133333
T2	12,944	12,973	12,814	38,73	12,91033333
T3	11,203	12,875	12,094	36,17	12,05733333
T4	12,859	13,119	13,054	39,03	13,01066667
T5	11,606	13,518	12,509	37,63	12,54433333
T6	11,655	11,829	11,077	34,56	11,52033333
T7	11,341	10,637	12,407	34,39	11,46166667
T8	12,059	13,953	12,35	38,36	12,78733333
T9	6,805	8,437	6,431	21,67	7,224333333
Σ	103,127	107,966	104,5	315,59	105,1976667
X	11,45855556	11,99622222	11,61111111	11,68	11,68862963

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 74: ADEVA para la conductividad eléctrica

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	87,58			
TRATAMIENTOS	8	75,98	9,50	14,73	<0,0001
ERROR EXPERIMENTAL	18	11,61	0,64		
COEFICIENTE DE VARIACION.	6,87				
PROMEDIO	11,68				

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 6,87% es aceptable para esta investigación.

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados si influyen estadísticamente para los valores de la conductividad eléctrica en el compost.

Cuadro 75: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en la variable de CE.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	13,01	A
T2 CAB10% + EM2%	12,91	A
T8 CAB10% + SIN INOC	12,79	A
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	12,54	A
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	12,06	A
T1 CAB5% + EM2%	11,68	A
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	11,52	A
T7 CAB5% + SIN INOC	11,46	A
T9 TESTIGO	7,22	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa dos rangos de significación A, y B, correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T4 (0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 65,95%Pasto), con el valor más alto de conductividad eléctrica 13,01 mS/cm y en el rango "B" con el menor valor de conductividad eléctrica tenemos al tratamiento T9 o testigo (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) con 7,22 mS/cm.

Cuadro 76: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en la variable de CE.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
<i>Trichoderma</i> spp	12,53	A
EM	12,30	A
Sin inóculo	12,12	A
EM + <i>Trichoderma</i> spp	12,03	A
Testigo Absoluto	7,22	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A y B, correspondiendo al rango "A" tenemos todos los tratamientos con microorganismos inoculados también el tratamiento sin inóculo y en el rango "B" tenemos al tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos estableciendo, que los tratamientos del rango "A" no tienen diferencia estadística significativa, y que el cabello con el resto de componentes del compost son un sustrato ideal para el desarrollo de los microorganismos en este experimento.

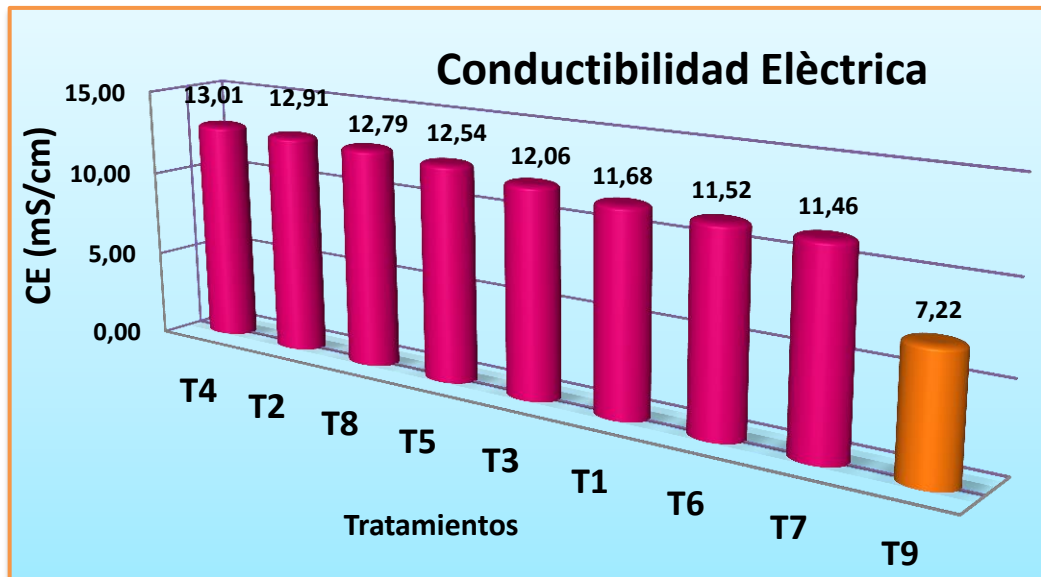
Cuadro 77: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en la variable de CE.

DOSIS	Medias	RANGOS
D2	12,56	A
D1	11,94	A
D0	7,22	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A, y B, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2) y del 5%(D1) con el valor más alto de conductividad eléctrica, continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0), podemos establecer que la utilización de cabello humano favorece en la variable de conductividad eléctrica en el compost.

Gráfico 27: Comportamiento de las medias para la conductividad eléctrica.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°27 se indican los valores promedios para la conductividad eléctrica, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el tratamiento con el mayor valor de conductividad eléctrica; T4 (0,05% *Trichoderma* spp + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 65,95%Pasto) cuyo valor es 13,01 mS/cm, frente al testigo T9 (20%Leguminosas + 28%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con un valor de 7,22 mS/cm. Podemos afirmar que los valores de la conductividad eléctrica están relacionados con la cantidad de cabello humano ya que los tratamientos

con el 10% de cabello humano alcanzan los valores más altos (T4,T2,T8,T6) continúan los tratamientos con el 5% de cabello humano (T5,T35,T1,T7) y al final el tratamiento testigo que no contiene cabello humano. También podemos asegurar que los microorganismos influyen en valores de la conductividad eléctrica siendo los más activos 0,05% *Trichoderma* spp. Debemos considerar que los valores de conductividad eléctrica indican la concentración total de sales en la solución del suelo, concentraciones altas afectan el crecimiento radicular de las plantas, la conductividad eléctrica en un suelo normal debe ser < 2mS/cm, los valores de todos los tratamientos del compost se encuentran en un rango de salinidad fuerte que va de 7 a 16mS/cm. Con la utilización del compost no habría afectación a los cultivos ya que este al adicionarse en el suelo reacciona de manera que no causaría daño a las plantas.

3.6.1.3.4. Contenido de materia orgánica

Cuadro 78: Valores obtenidos del contenido de materia orgánica al finalizar el proceso de compostaje.

CONTENIDO DE MO (%)					
	Repeticiones				
Tratamiento	I	II	III	Σ	X
T1	14,94	14,87	13,18	42,99	14,33
T2	14,67	17,43	17,41	49,51	16,50333333
T3	13,65	15,08	15,59	44,32	14,77333333
T4	15,93	14,49	13,89	44,31	14,77
T5	13,36	15,58	17,54	46,48	15,49333333
T6	12,45	12,98	11,09	36,52	12,17333333
T7	13,28	12,44	14,19	39,91	13,30333333
T8	10,58	12,94	11,07	34,59	11,53
T9	16,25	14,73	12,29	43,27	14,42333333
Σ	125,11	130,54	126,25	381,90	127,3
X	13,90111111	14,50444444	14,02777778	14,14	14,14444444

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 79: ADEVA para el contenido de materia orgánica

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	93,65			
TRATAMIENTOS	8	59,13	7,39	3,85	0,0083
ERROR EXPERIMENTAL	18	34,51	1,92		
COEFICIENTE DE VARIACION.			9,79		
PROMEDIO			14,14		

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 9,79% es aceptable para esta investigación. El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados si influyen estadísticamente para los valores de la conductividad eléctrica en el compost.

Cuadro 80: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el contenido de materia orgánica.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T2 CAB10% + EM2%	16,50	A
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	15,49	A B
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	14,77	A B C
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	14,77	A B C
T9 TESTIGO	14,42	A B C
T1 CAB5% + EM2%	14,33	A B C
T7 CAB5% + SIN INOC	13,30	B C D
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	12,17	C D
T8 CAB10% + SIN INOC	11,53	D

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa cuatro rangos de significación A, B, C, y D, correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T2 (2% EM +10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) con el porcentaje más alto en el contenido de materia orgánica con un valor de 16,50% y en el rango "D" al tratamiento T8 (10% Cabello + 24% Estiércol C. + 66%Pasto) con el porcentaje más bajo 11,53%.

Cuadro 81: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el contenido de materia orgánica.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
EM	15,42	A
Trichoderma spp	14,77	A
Testigo Absoluto	14,42	A
EM + Trichoderma spp	13,83	A B
Sin inóculo	12,42	B

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar dos rangos de significación A y B, correspondiendo al rango "A" tenemos todos los tratamientos con microorganismos inoculados también el tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismo y en el rango "B" tenemos al tratamiento sin inóculo estableciendo, que los

tratamientos del rango “A” no tienen diferencia estadística significativa, y que el cabello con el resto de componentes del compost son un sustrato ideal para el desarrollo de los microorganismos en este experimento.

Cuadro 82: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el contenido de materia orgánica.

DOSIS	Medias	RANGOS
D1	14,48	A
D0	14,42	A
D2	13,74	A

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar un rango de significación “A”, tenemos a todos los tratamientos con dosis del 5%, 0% y 10% de cabello humano, estableciendo que con el uso de cabello humano habrá mayor diferencia estadística significativa para el contenido de materia orgánica utilizando la dosis de 5%.

Gráfico 28: Comportamiento de las medias para el contenido de materia orgánica.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°28 se indican los valores promedios para contenido de materia orgánica, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el mejor T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) con 16,50% frente al testigo T9 (20%Leguminosas + 28%Estiercol B. +32%Pasto + 20%Tierra) con un valor de 14,42%. Podemos afirmar que para el contenido de materia orgánica con la dosis del 10% de

cabello humano alcanzamos los valores más altos y los microorganismos que influyen en la obtención son los microorganismos eficientes (E.M.).

3.6.1.4. Rendimiento del compost.

Cuadro 83: Valores obtenidos para el rendimiento del compost

RENDIMIENTO (%)					
	Repeticiones				
Tratamiento	I	II	III	Σ	X
T1	68	71	70	209,00	69,66666667
T2	60	63	62	185,00	61,66666667
T3	71	68	70	209,00	69,66666667
T4	64	65	66	195,00	65
T5	72	71	72	215,00	71,66666667
T6	62	64	65	191,00	63,66666667
T7	64	66	65	195,00	65
T8	58	59	56	173,00	57,66666667
T9	74	73,2	70	217,20	72,4
Σ	593	600,2	596	1.789,20	596,4
X	65,8888889	66,6888889	66,2222222	66,26	66,26666667

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Cuadro 84: ADEVA para el rendimiento del compost

FUENTE DE VARIACION	gl	S.C	C.M	Fc	Ft 0,05
TOTAL	26	621,92			
TRATAMIENTOS	8	584,96	73,12	35,61	<0,0001
ERROR EXPERIMENTAL	18	36,96	2,05		
COEFICIENTE DE VARIACION.			2,16		
PROMEDIO			66,26		

Elaborado por: Jácome G. (2013)

El Coeficiente de Variación de 2,16% es aceptable para esta investigación.

El análisis de varianza indica alta significación estadística para los tratamientos, esto muestra, que la dosis de cabello humano y los microorganismos inoculados influyen en el contenido de materia orgánica en el compost.

Cuadro 85: Prueba de Duncan al (5%) para tratamientos en el rendimiento del compost.

TRATAMIENTOS	Medias	RANGO
T9 TESTIGO	72,40	A
T5 CAB5% + (EM2% + TRIC 0,05%)	71,67	A B
T3 CAB5% + TRICH 0,05%	69,67	B
T1 CAB5% + EM2%	69,67	B
T2 CAB5% + SIN INOC	65,00	C
T4 CAB10% + TRICH 0,05%	65,00	C
T6 CAB10% + (EM2% + TRIC 0,05%)	63,67	C D
T7 CAB10% + EM2%	61,67	D
T8 CAB10% + SIN INOC	57,67	E

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Al realizar la prueba de Duncan al 5%, en los tratamientos se observa cinco rangos de significación A, B, C, D, y E correspondiendo al rango "A" tenemos el tratamiento T9 o testigo (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) con el porcentaje más alto en el contenido de materia orgánica con un valor de 72,40% y en el rango "D" al tratamiento T8 (10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) con el porcentaje más bajo 57,67%.

Cuadro 86: Prueba de Duncan al (5%) para Grupos de Microorganismos en el rendimiento del compost.

MICROORGANISMOS	Medias	RANGOS
Testigo Absoluto	72,40	A
EM + Trichoderma spp	67,67	B
Trichoderma spp	67,33	B C
EM	65,67	C
Sin inóculo	61,33	D

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar cuatro rangos de significación A, B, C y D, correspondiendo al rango "A" tenemos al tratamiento testigo absoluto al cual no se inocularon microorganismos con el mayor rendimiento, en el rango "B" tenemos los tratamientos con la interacción de Microorganismos eficientes (E.M.) + *Trichoderma* spp y los tratamientos inoculados con *Trichoderma* spp, en el rango "C" encontramos los tratamientos inoculados con Microorganismos eficientes (E.M.), finalmente en el rango "D" tenemos el tratamientos que no se inóculo con ningún tipo de microorganismos, estableciendo, que para el

contenido de materia orgánica no influiría hacer inoculaciones con microorganismos.

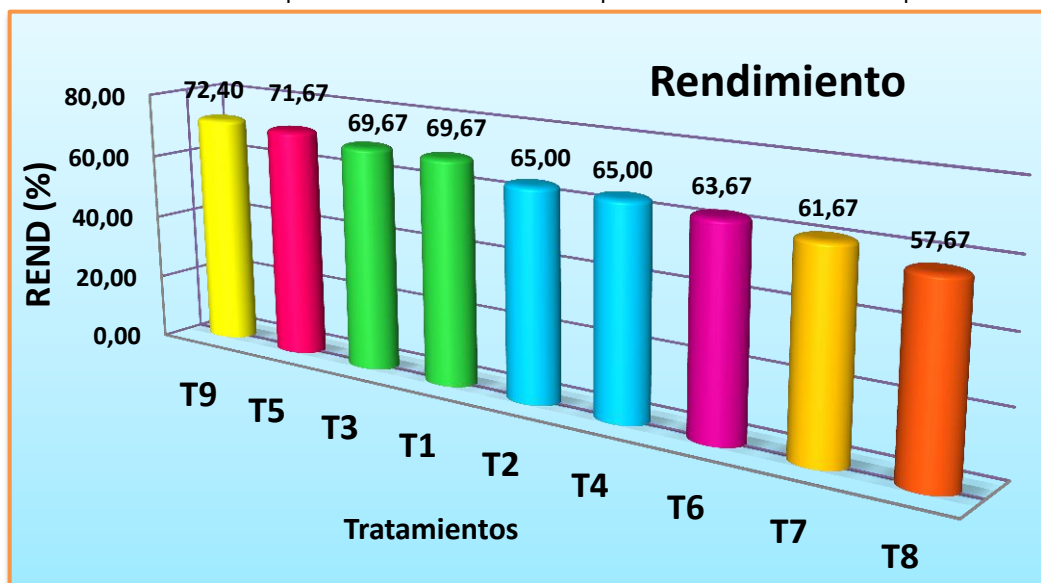
Cuadro 87: Prueba de Duncan al (5%) para Dosis de cabello humano en el rendimiento del compost.

DOSIS	Medias	RANGOS
D0	72,40	A
D1	69,00	B
D2	62,00	C

Elaborado por: Jácome G. (2013)

Podemos observar tres rangos de significación A, B, y C, correspondiendo al rango "A" tenemos los tratamientos con la dosis de cabello del 0% (D0) con el porcentaje más alto en el contenido de magnesio continuamos con el rango "B" en el que se encuentran los tratamientos con la dosis de cabello del 5% (D1) y al final los tratamientos con la dosis de cabello del 10% (D2), podemos establecer que la utilización de cabello humano no favorece en el contenido de materia orgánica al compost.

Gráfico 29: Comportamiento de las medias para el rendimiento del compost.



Elaborado por: Jácome, G. (2012)

En el gráfico N°29 se indican los valores promedios para el rendimiento correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio, siendo identificado estadísticamente como el mejor; T9 (20%Leguminosa, + 28%Estiércol B. + 32%Pasto + 20%Tierra) cuyo valor es de 72,40%, frente al resto de tratamientos que igual se pueden considerar con valores aceptables. Entonces

podemos afirmar que para el contenido de materia orgánica influye el uso de cabello humano y la inoculación de microorganismos siendo los más activos la interacción de 2% microorganismos eficientes (E.M.). + 0,05% *Trichoderma* spp.

3.6.1.5. Análisis de costos.

Para la determinación de esta variable solo se consideró el valor de la materia prima y transporte de materiales.

El costo por un kilogramo de compost de cabello humano, considerando el valor de todos los materiales, mano de obra del 20%, imprevistos un 5% y una utilidad del 20% es de 0,07 USD.

Cuadro 88: Costo de producción por Kg de compost de cabello humano

Costo de producción del mejor tratamiento de compost de cabello humano (T2)				
Detalle	Cantidad	Unidad	Valor Unitario	Valor Total (en USD)
Materia prima				
Cabello humano	5	kg	0,00	0,00
Estiércol	12	kg	0,01	0,12
Poda de pasto	33	kg	0,01	0,33
m/o	1	L	0,10	0,10
SUBTOTAL 1				0,55
Transporte de materiales	1	alquiler	1,00	1,00
SUBTOTAL 2				1,00
Mano de Obra 20%				0,31
Imprevistos 5 %				0,07
Total				1,93
Utilidad 20%				0,38
Costo de producción				2,31
Rendimiento				32,5kg
Costo por kg de compost				0,07 USD

Elaborado por: Jácome G, 2013

3.6.2. Interpretación de datos (ppm).

	N	P	K	Ca	S	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MO (%)	CE (mS/cm)
T1	611,6	267,8	6422	5450	698,0	599,3	10,3	3,1	159,3	47,9	16,3	14,3	11,6
T2	1272,3	281,1	6084	5696	859,9	594,0	6,0	4,1	127,1	56,0	22,2	16,5	12,9
T3	694,3	284,6	6981	5248	827,5	617,6	6,93	2,0	138,4	57,6	13,3	14,7	12,0
T4	1199,7	271,2	5720	5657,3	908,4	562,4	8,2	3,3	129,7	70,7	18,3	17,7	13,0
T5	667,5	276,2	6006	5279,3	651,6	585,6	8,3	3,2	139,4	49,1	15,1	15,4	12,5
T6	1469,5	254,4	4095	4839,3	893,9	538,4	6,1	4,9	137,0	63,3	14,9	12,1	11,5
T7	610,8	266,4	5967	5304,6	739,2	605,6	8,3	6,9	137,3	42,1	16,7	13,3	11,4
T8	1253,8	266,9	4329	5162,6	860,8	525,2	7,3	5,3	129,3	62,8	19,3	11,5	12,7
TESTIGO	174,8	263,4	3978	5242,6	414,7	655,6	9,3	4,7	153,0	24,9	11,4	14,4	7,2

Alto: Medio: Bajo:

Para el contenido de Nitrógeno, Fósforo y Potasio, el tratamiento T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) adquiere valores más altos del contenido de estos nutrientes, con relación al testigo.

En cuanto al contenido de nutrientes secundarios: Calcio Azufre y Magnesio, de la misma manera el tratamiento T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) alcanza valores más altos con relación al testigo.

Para los micronutrientes Boro, Cobre, Hierro, Manganeso, y Zinc, el tratamiento T8 (10% Cabello + 24% Estiércol C. + 66%Pasto) adquiere los contenidos más altos con relación al testigo y el tratamiento T2 es el que adquiere los valores más próximos al tratamiento T8, hay que considerar la toxicidad del elemento Boro los tratamientos T1 Y testigo T9 alcanzan los valores más altos le sigue el tratamiento T8 y el T2 alcanza el contenido más bajo convirtiéndose así en el mejor tratamiento en relación al contenido de macro, micronutrientes, contenido de materia orgánica y no presenta toxicidad por el contenido de boro.

Según los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio se obtuvo que los tratamientos elaborados con dosis del 5% de cabello humano al finalizar el proceso de compostaje alcanzaron un pH prácticamente neutro (6,5 – 7,5), a

diferencia de la dosis del 10% en donde los tratamientos adquieren valores de pH ligeramente ácidos (5,5 – 6,5). Hasta ahora el tratamiento T2 considerado el mejor tendría un pH ligeramente ácido a diferencia del testigo que alcanza un valor prácticamente neutro.

Además se determinó que los tratamientos elaborados con dosis del 5 y 10% de cabello humano presentan una salinidad fuerte, de la misma manera que el testigo T9. Debemos considerar que los valores de conductividad eléctrica indican la concentración total de sales en la solución del suelo, concentraciones altas afectan el crecimiento radicular de las plantas, la conductividad eléctrica en un suelo normal debe ser $< 2\text{mS/cm}$, los valores de todos los tratamientos del compost se encuentran en un rango de salinidad fuerte que va de 7 a 16mS/cm . Con la utilización del compost no habría afectación a los cultivos ya que este al adicionarse en el suelo reacciona de manera que no causaría daño a las plantas.

La temperatura interna de las composteras al inicio alcanzo temperaturas que oscilan entre 22 y 47°C , a partir de la quinta hasta la semana trece la temperatura se mantuvo con valores que oscilan entre 19 y 21°C y en las dos últimas semanas la temperatura desciende a valores que oscilan entre 19 y 17°C , en relación al tratamiento testigo este se mantuvo con temperaturas que oscilan de 23 a 17°C desde el inicio hasta el final del proceso de compostaje.

En cuanto al rendimiento se observa que todos los tratamientos evaluados adquieren porcentajes adecuados de rendimiento por debajo del tratamiento testigo T9 debido a que el tratamiento testigo en sus materiales contiene tierra.

3.6.3. Verificación de la hipótesis.

En base al análisis de cada una de las variables evaluadas, es posible afirmar que se puede obtener compost utilizando cabello humano con altos valores de nutrientes, con un buen contenido de materia orgánica, con valores de pH, Conductividad eléctrica que no afectan al suelo y a las plantas, además con un rendimiento aceptable y con un costo de producción acorde al de un compost comercial.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. CONCLUSIONES.

Luego de haber realizado la investigación sobre la elaboración de compost utilizando cabello humano y aplicando dos fuentes de microorganismos: Microorganismos Eficientes (EMs) y *Trichoderma* spp, como agentes aceleradores de compostaje, se plantea las siguientes conclusiones:

- No se obtuvo información relevante sobre el compostaje con cabello humano, con nuestra investigación se aportó importante fundamentación bibliográfica sobre el proceso de compostaje y sobre las ventajas de usar cabello humano como materia prima en el compost.
- Se demostró que el factor dosis de cabello humano influye significativamente en la calidad nutricional del compost, ya que para obtener el mayor contenido de nutrientes primarios, Nitrógeno, Fósforo, Potasio y macro nutrientes Calcio, Azufre, Magnesio, el porcentaje de cabello humano a utilizar debe ser del 10%, además se evidencio que el contenido de nitrógeno y azufre se incrementó por el uso del cabello humano en el proceso de compostaje.
- Para el factor tipo de microorganismo se afirma que los microorganismos eficientes (E.M.), con la dosis comercial llevan a cabo una adecuada biosíntesis de los macronutrientes y elementos secundarios produciendo una mayor concentración de estos, para los micronutrientes no hay diferencia significativa entre los grupos de microorganismos.
- Se comprobó que la formulación del tratamiento T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto) es la más adecuada para obtener una concentración óptima de macronutrientes, elementos secundarios y micronutrientes con valores de: 0,12% de N, 0,028% de P, 0,60% de K, 0,56% de Ca, 0,085% de S, 0,059% de Mg, 6,01 ppm de B, 4,11 ppm de Cu, 127,13 ppm de Fe, 56 ppm de Mn y 22,29 ppm de Zn.
- El T2 (2%EM + 10% Cabello + 24% Estiércol C. + 64%Pasto); es un compost con concentraciones altas de macronutrientes, elementos

secundarios y micronutrientes, con un pH ligeramente ácido de 6,27, con una concentración salina fuerte de 12,91 mS/cm y un rendimiento de 65%.

- El costo de producción de un kilogramo de compost de cabello humano es de 0,07 USD, lo que lo convierte en un producto de bajo costo y accesible para el productor agrícola, se debe considerar que en su mayor parte los materiales utilizados en su elaboración son desperdicios de otras explotaciones.
- El cabello humano no se degradó en su totalidad pero en base al análisis físico químico de laboratorio y el análisis estadístico de resultados el cabello humano aportó cantidades significativas de nutrientes al compost con relación al tratamiento testigo en el cual no se utilizó cabello humano.

4.2. RECOMENDACIONES

- Debido a que el cabello humano no se degradó en su totalidad una causa a parte de su composición y estructura química fue el tamaño de la partícula entonces para lograr mayor degradación sería necesario obtener polvillo de cabello mediante algún método físico, dejando de lado el uso de químicos para evitar posiblemente la pérdida de nutrientes.
- Se puede enriquecer el compost con la adición de ciertos componentes en el proceso de elaboración, por lo tanto se recomienda adicionar roca fosfórica o sales minerales de zinc, magnesio, cobre, hierro, cobalto, o molibdeno.
- Realizar más investigaciones con la posibilidad de usar cabello humano para la producción de bioabonos o enmiendas edáficas para mejorar las características de textura y estructura del suelo.
- Se sugiere realizar aplicaciones del compost con cabello humano, en la producción agrícola al suelo en diferentes dosis para evaluar el efecto en relación al contenido de sales.
- Se recomienda fomentar la creación de una organización de productores de abonos orgánicos para implementar un sistema de recolección del cabello humano, que por su contenido nutricional puede ser utilizado en la producción de bioabonos.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Achával, A. (2006). Crecimiento demográfico y contaminación ambiental. Buenos Aires: Dunken.
- Aguilar, M. (2009). Reciclamiento de Basura. México: Trillas S. A. de C. V.
- Anrango, M. (2010). Microbiología, notas de clase. Madrid: Graw hill.
- APROLAB. (2007). Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Lima: Pase.
- Barrena, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Barcelona.
- Bonifaz, N. (2012). Obtención de bioabono (compostaje) a partir de las aves de desecho (mortalidad) en la granja avícola "Jatumpamba". Quito, Pichincha, Ecuador.
- Campos, B. (2003). Biología 1. México: LIMUSA S.A.
- Campos, M. (2010). Evaluación de los proyectos de compostaje en el Ecuador. Quito: GTZ.
- Castro, A., & Rivillas, C. (2012). Trichoderma spp. Modos de acción, eficacia y usos en el cultivo de café. Chinchina Colombia: Cenicafe.
- Del Pilar, M. (2000). Estudio sobre la preparación del compost estático y su calidad. Camaguey, Cuba.
- Eche, P. (22 de abril de 2013). Elaboración de compost, utilizando desechos orgánicos del centro de faenamiento de Julio Andrade. Carchi-Ecuador. Julio Andrade, Carchi, Ecuador.
- EcoTECNOLOGIAS. (Enero de 2012). Compostaje con EM. Tinaquillo, Falcon, Venezuela.
- ECOTECNOLOGIAS. (Enero de 2012). Tecnología EM - Microorganismos Eficaces. Municipio Falcón, Tinaquillo, Venezuela.
- Flores, M. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG Vol. 9, Nº 17, 77,76.

- Galapagar. (2004). Manual básico para hacer compost. Madrid: Amigos de la Tierra.
- García, B., Hugo, R., & Et.al. (2007). Guía tecnológica para el manejo integral del sistema productivo de la caña panelera. Bogotá: Produmedios.
- Gracia, B., & Rodríguez, E. (2008). Evaluación de la actividad queratinolítica de *Fusarium* aislados de lesiones en plantas, animales y humanos. Bogotá, Colombia.
- Higa, T., & Parr, J. (2010). Manual de uso de EM microorganismos benéficos y eficaces. Maryland, EE.UU.
- Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). Aprovechamiento de los Residuos sólidos en Colombia. Antioquia, Medellín, Colombia.
- López, O. (2006). Agroecología y Agricultura Orgánica en el Trópico. Tunja, Boyacá, Colombia: UPTC.
- Montoya, H. (2008). Microbiología básica para el área de salud y afines. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Moreno, J. (2007). Compostaje. Madrid: Mundi Prensa.
- Palomino, a. (2010). Agricultura Alternativa.: Quebecor world Bogotá S.A.
- Peña, J. (2011). Cómo hacer compost. Madrid: Mundi prensa.
- Pumisacho, M. (2008). Cultivo de la papa en Ecuador. Quito: CIP-INIAP.
- RECAI. (2005). Diccionario Ambiental.
- Rocha, A. (2009). Estudio de diferentes tipo de inóculos en la elaboración de compost, a partir de desechos domésticos orgánicos. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Rodríguez, M., & Córdova, A. (2006). Manual de Compostaje Municipal. México: GTZ.
- Romero, A. (2010). Contaminación Ambiental y Calentamiento Global. México: Trillas, S. A. DE C. V.

- Ruda, E. (2004). Contaminación y Salud del Suelo. Argentina: UNL.
- SENPLADES. (05 de noviembre de 2012). Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013. Quito, Ecuador.
- Silva, J., López, P., & Valencia, P. (2006). Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Cali, Colombia.
- Suquilanda, M. (2006). Agricultura orgánica alternativa tecnológica del futuro. Quito-Ecuador: Fundación para el desarrollo Agropecuario.
- Sztern, D., & Pravia, M. (2009). Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. Perú: OPS.
- Tortora, G., Funke, B., & Case, C. (2007). Introducción a la Microbiología. Buenos Aires, Argentina: Médica Panamericana.
- Vargas, C. A. (2007). "Estudio de 2 Grupos de Microorganismos como Agentes Aceleradores de Descomposición de los Desechos Sólidos Orgánicos Originados en los Comedores de ESPOL". Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Villaruel, A. (2011). Estudio técnico financiero de la implementación de una planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Santa Cruz, Bolivia.

LINKOGRAFIA

Compostadores. (20 de diciembre de 2012). Los nutrientes en el compost.

Obtenido de Compostadores:

<http://www.compostadores.com/buscador?g=nutrientes+en+el+compost>

Consortio para el Derecho Socio-Ambiental. (2008). Obtenido de

http://www.derechoambiental.org/Derecho/Legislacion/Constitucion_Asamblea_Ecuador_4.html

Del Pozo, H. (12 de octubre de 2010). slideshare. Obtenido de

<http://www.slideshare.net/Anrubjc/ley-de-educacin-superior-ecuatoriana>

Duiops. (22 de enero de 2012). Duiops.net. Obtenido de

<http://www.duiops.net/seresvivos/cianoficeas.html>

EcuRed. (22 de octubre de 2011). Enciclopedia Online cubana. Obtenido de

http://www.ecured.cu/index.php/Trichoderma_spp

Escalona, F., & Ledesma, A. (2010). Queratinolisis causada por hongos no

dermatofitos aislados en una teneria y un matadero en Maracaibo-Venezuela. Revycyh Luz (revistas cientificas y humanisticas), <http://revistas.luz.edu.ve/index.php/km/article/view/365/346>.

KEROS. (20 de enero de 2012). recuperarelpelo.com. Obtenido de

<http://www.recuperarelpelo.com/noticias/queratina.html>

Morales, J. (26 de octubre de 2011). INFOJARDIN. Obtenido de

<http://foroarchive.infojardin.com/orquidea/t-39804.html>

Ochoa, M. (26 de junio de 2002). Habitat. Obtenido de Habitat:

habitat.aq.upm.es/bpal/onu02/bp014.html

Roben, E. (2002). Manual de Compostaje de Municipios. Loja, Loja, Ecuador.

Recuperado el 19 de enero de 2012, de <http://www.resol.com.br/Cartilha7/ManualCompostajeparaMunicipios.pdf>

Sidibeauty. (15 de enero de 2012). Sidibeauty. Obtenido de <http://sidibeauty.blogspot.com/2012/05/composicion-quimica-del-pelo.html>

Talens, D. (24 de enero de 2012). Biogenmol La ciencia de la vida, la biología. Obtenido de <http://biogenmol.blogspot.com/2011/02/protistas-que-se-creen-hongos.html#uds-search-results>

Toni. (20 de enero de 2012). Imagen personal. Obtenido de <http://toni-imagenpersonal.blogspot.com/2010/07/la-queratina.html>

VOLCAP. (10 de ENERO de 2008). VOLCAP ES. Recuperado el 20 de abril de 2011, de Volcap Es:
<http://valcap.es/html/consejos/consejos%20sobre%20jardineria/historia%20del%20compostaje.htm?ObjectID=1252>

Wordpress. (22 de enero de 2012). Microorganismos Eficientes. Obtenido de <http://microorganismoseficientes.wordpress.com/tag/bacterias-fotosinteticas/>

VII. ANEXOS.

Anexo 1: Análisis de laboratorio mejor tratamiento: Tratamiento 2 Repetición 1



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: GUILLERMO JÁCOME

MUESTRA: COMPOS

N. CAMPO: T2 R1

ANÁLISIS: COMPLETO

REPORTE: 4800

FECHA: 15/05/2013

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	1280,93	0,1281
FÓSFORO	273,94	0,0274
AZUFRE	873,79	0,0874
POTASIO	5889,00	0,5889
CALCIO	5484,00	0,5484
MAGNESIO	589,20	0,0589
ZINC	24,20	0,0024
COBRE	4,52	0,000452
HIERRO	154,30	0,0154
MANGANESO	65,20	0,0065
BORO	4,35	0,00044
MO		14,67

* Nitrógeno amoniacal

ppm = partes por millón (mg/litro)

MO = % Materia orgánica

RESULTADOS ADICIONALES

pH	6,41
CE**	12,944 mS/cm

** Conductividad eléctrica

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 2: Análisis de laboratorio mejor tratamiento: Tratamiento 2 Repetición 2



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: GUILLERMO JÁCOME

MUESTRA: COMPOS

N. CAMPO: T2 R2

ANÁLISIS: COMPLETO

REPORTE: 4794

FECHA: 15/05/2013

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	1270,62	0,1271
FÓSFORO	283,19	0,0283
AZUFRE	822,71	0,0823
POTASIO	6864,00	0,6864
CALCIO	5604,00	0,5604
MAGNESIO	632,40	0,0632
ZINC	23,80	0,0024
COBRE	2,15	0,000215
HIERRO	161,10	0,0161
MANGANESO	58,40	0,0058
BORO	6,37	0,00064
MO		17,43

* Nitrógeno amoniacal

ppm = partes por millon (mg/litro)

MO = % Materia orgánica

RESULTADOS ADICIONALES

pH	6,41
CE**	12,973 mS/cm

** Conductividad eléctrica

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 3: Análisis de laboratorio mejor tratamiento: Tratamiento 2 Repetición 3



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: GUILLERMO JÁCOME

MUESTRA: COMPOS

N. CAMPO: T2 R3

ANÁLISIS: COMPLETO

REPORTE: 4805

FECHA: 15/05/2013

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	1265,46	0,1265
FÓSFORO	286,38	0,0286
AZUFRE	883,30	0,0883
POTASIO	5499,00	0,5499
CALCIO	6000,00	0,6000
MAGNESIO	560,40	0,0560
ZINC	18,87	0,0019
COBRE	5,65	0,000565
HIERRO	66,00	0,0066
MANGANESO	44,40	0,0044
BORO	7,30	0,00073
MO		17,41

* Nitrógeno amoniacal

ppm = partes por millon (mg/litro)

MO = % Materia orgánica

RESULTADOS ADICIONALES	
pH	6,00
CE**	12,814 mS/cm

** Conductividad eléctrica

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 4: Análisis de laboratorio tratamiento testigo: Tratamiento 9 Repetición 1



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: GUILLERMO JÁCOME

MUESTRA: COMPOS

N. CAMPO: T9 R1

ANÁLISIS: COMPLETO

REPORTE: 4790

FECHA: 15/05/2013

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	141,75	0,0142
FÓSFORO	254,39	0,0254
AZUFRE	402,87	0,0403
POTASIO	4017,00	0,4017
CALCIO	5112,00	0,5112
MAGNESIO	674,40	0,0674
ZINC	11,85	0,0012
COBRE	2,27	0,000227
HIERRO	154,30	0,0154
MANGANESO	33,70	0,0034
BORO	10,80	0,00108
MO		16,25

* Nitrógeno amoniacal

ppm = partes por millon (mg/litro)

MO = % Materia orgánica

RESULTADOS ADICIONALES

pH	6,46
CE**	6,805 mS/cm

** Conductividad eléctrica

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 5: Análisis de laboratorio tratamiento testigo: Tratamiento 9 Repetición 2



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: GUILLERMO JÁCOME

MUESTRA: COMPOS

N. CAMPO: T9 R2

ANÁLISIS: COMPLETO

REPORTE: 4799

FECHA: 15/05/2013

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	231,96	0,0232
FÓSFORO	282,59	0,0283
AZUFRE	536,18	0,0536
POTASIO	3822,00	0,3822
CALCIO	5582,00	0,5582
MAGNESIO	667,20	0,0667
ZINC	12,90	0,0013
COBRE	5,68	0,000568
HIERRO	118,60	0,0119
MANGANESO	27,10	0,0027
BORO	9,81	0,00098
MO		14,73

* Nitrógeno amoniacal

ppm = partes por millon (mg/litro)

MO = % Materia orgánica

RESULTADOS ADICIONALES

pH	6,38
CE**	8,437 mS/cm

** Conductividad eléctrica

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT



Anexo 6: Análisis de laboratorio tratamiento testigo: Tratamiento 9 Repetición 3



REPORTE DE ANÁLISIS QUÍMICO

RESULTADOS EXPRESADOS EN PPM Y PORCENTAJE

NOMBRE: GUILLERMO JÁCOME

MUESTRA: COMPOS

N. CAMPO: T9 R3

ANÁLISIS: COMPLETO

REPORTE: 4806

FECHA: 15/05/2013

RESULTADOS

ELEMENTO	CONTENIDO	
	ppm	%
NITRÓGENO*	150,77	0,0151
FÓSFORO	253,32	0,0253
AZUFRE	305,05	0,0305
POTASIO	4095,00	0,4095
CALCIO	5034,00	0,5034
MAGNESIO	625,20	0,0625
ZINC	9,59	0,0010
COBRE	6,15	0,000615
HIERRO	186,20	0,0186
MANGANESO	13,90	0,0014
BORO	7,34	0,00073
MO		12,29

* Nitrógeno amoniacal

ppm = partes por millón (mg/litro)

MO = % Materia orgánica

RESULTADOS ADICIONALES

pH	6,73
CE**	6,431 mS/cm

** Conductividad eléctrica

Dr. Quím. Edison M. Miño M.
RESPONSABLE DE LABONORT

