

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE MANABÍ

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO, INVESTIGACIÓN

RELACIONES Y COOPERACIÓN INTERNACIONAL (CEPIRCI)

MAESTRIA EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

TEMA:

**“USO DE BIOPREPARADOS DEGRADADORES DE MATERIA
ORGANICA POR METODO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO RESIDUOS
ORGANICOS DE BARES DE LA ULEAM. PERIODO FEBRERO - JULIO
DEL 2013.”**

AUTOR:

ING. CHURCHILL AVEIGA VILLACIS

TUTOR:

Dr. RAMON VICENTE MENDOZA CEDEÑO, Mg.As

MANTA-MANABÍ-ECUADOR

2013

TESIS DE GRADO

TEMA:

“USO DE BIOPREPARADOS DEGRADADORES DE MATERIA ORGANICA POR EL METODO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO RESIDUOS ORGANICOS DE BARES DE LA ULEAM. PERIODO DE FEBRERO - JULIO DEL 2013.”

Sometida a configuración del Tribunal de Revisión y Sustentación de Tesis de Grado del Centro de Estudios de Postgrado, Investigación Relaciones y Cooperación Internacional de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, como requisito previo a la obtención del grado de:

MAGISTER EN GESTIÓN AMBIENTAL

Aprobada por el Tribunal

Presidenta del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

Miembro del Tribunal

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor de Tesis, certifico que el trabajo sobre:

“USO DE BIOPREPARADOS DEGRADADORES DE MATERIA ORGANICA
METODO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO RESIDUOS ORGANICOS DE
BARES DE LA ULEAM. PERIODO DE FEBRERO - JULIO DEL 2013.”

Presentado previo a la obtención del grado de Magister en Gestión Ambiental, fue elaborado bajo mi dirección, orientación y supervisión; sin embargo el proceso investigativo, los conceptos y resultados, son de exclusiva responsabilidad del autor:

ING. CHURCHILL AVEIGA VILLACÍS

Consecuentemente me permito dar su aprobación y autorizo su presentación y sustentación de grado.

Dr. Ramón Vicente Mendoza Cedeño, Mg.As

TUTOR DE TESIS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Dejo constancia que la presente Tesis de Grado:

“USO DE BIOPREPARADOS DEGRADADORES DE MATERIA ORGANICA
POR EL METODO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO RESIDUOS ORGANICOS
DE BARES DE LA ULEAM. PERIODO DE FEBRERO - JULIO DEL 2013.”

Es el resultado del trabajo de investigación emprendido por el autor y cuya
responsabilidad asume del mismo.

Ing. Churchill Aveiga Villacis

DEDICATORIA

Como testimonio de gratitud dedico el presente trabajo de investigación con todo cariño a mi Madre que con su sacrificio y su fe me supo respaldar en la vida.

A Glinis

A Anay

A Valentina

Churchill Aveiga Villacis.

AGRADECIMIENTO

El autor deja constancia de su agradecimiento:

Al Centro de Estudio de Postgrado de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí

Al Tutor de tesis Dr. Ramón Mendoza Cedeño, Mg.As.

Al Ing. Ángel Guzmán Cedeño, Mg.As

Al Ing. Rubén Rivera Fernández

Al Tribunal de Grado

A los miembros de la Comisión del CEPIRCI

Ing. Churchill Aveiga Villacis

ÍNDICE GENERAL

	Pág
APROBACION DEL TRIBUNAL.....	I
CERTIFICACION.....	II
DECLARACION DE AUTORIA.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
CAPITULO I.	
RESUMEN EJECUTIVO.....	1
CAPITULO II	
INTRODUCCION.....	4
CAPITULO III	
3 ANTECEDENTES.....	6
3.1 PLANTEAMIENTO Y FORMULACION DE PROBLEMA.....	6
3.2.- JUSTIFICACIÓN.....	8
3.3. OBJETIVOS.....	10
• 3.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	10

• 3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
3.4. HIPOTESIS.....	11

CAPITULO IV.

4. MARCO TEÓRICO.....	12
4.1. LA MATERIA ORGÁNICA Y LOS ABONOS EN LA AGRICULTURA.....	12
4.2. COMPOSTAJE.....	13
4.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE.....	17
• 4.3.1. Relación C/N	18
• 4.3.2. Temperatura	19
• 4.3.3. Naturaleza química del sustrato.....	24
• 4.3.4. pH.....	24
• 4.3.5. Humedad.....	25
• 4.3.6. Naturaleza química del sustrato.....	28
• 4.3.7. Oxígeno	28
• 4.3.8. Tamaño de la partícula	29
• 4.3.9. Efectos en las propiedades del suelo.....	29
4.4. CALIDAD DEL COMPOST.....	40
4.5. ENZIMAS EN PROCESOS DE COMPOST.....	46
4.6. SISTEMAS DE COMPOSTAJE.....	47
• 4.6.1. Sistema de pilas volteadas:.....	49

• 4.6.2. Sistema de pilas estáticas:.....	50
• 4.6.3. Sistemas cerrados:.....	50
4.7. EL COMPOST COMO ABONO.....	50
4.8. MADUREZ Y ESTABILIDAD DE COMPOST.....	52
• 4.8.1. Pruebas empleadas para evaluar estabilidad / madurez:.....	53
4.8.1.1. Relación C/N:.....	53
4.8.1.2. Relación NH ₄ ⁺ -N/NO ₃ ⁻ — N en extractos acuosos:.....	53
4.8.1.3. Indicadores de humificación:.....	53
4.8.1.4. Prueba de actividad microbial:.....	55
4.8.1.5. Capacidad de Intercambio de Cationes:.....	55
4.8.1.6. Prueba de fitotoxicidad:.....	56
4.8.1.7. Métodos respirométricos:.....	56
4.8.1.8. Métodos de análisis bioquímicos:.....	56
4.8.1.9. Grado de descomposición.....	56
4.8.1.10. Variación del contenido en polisacáridos.....	56
4.9. PATOGENOS DESCRITOS POR EPA.....	57
4.10. PATOGENOS DE PLANTAS.....	58
4.11. LOS EM.....	58
• 4.11.1. Tipos de organismos presentes en EM Bacterias Ácido Lácticas...61	
• 4.11.2. Bacterias fotosintéticas.....	63
• 4.11.3. Levaduras.....	66

- 4.11.4. Actinomicetes.....67
- 4.11.5. Hongos de fermentación.....67
- 4.11.6. En semilleros.....69
- 4.11.7. En las plantas.....69
- 4.11.8. En los suelos.....69
 - 4.11.8.1. Efectos en las condiciones físicas del suelo.....70
 - 4.11.8.2. Efectos en las condiciones químicas del suelo.....70
- 4.11.9. Condiciones ideales para el uso de microorganismos
 - Eficientes autóctonos.....70
- 4.11.10. Duración y conservación de microorganismos
 - eficientes autóctonos.....71

CAPÍTULO V.

- 5. DESAROLLO METODOLÓGICO.....73
- 5.1. UBICACIÓN.....73
- 5.2. PROCEDIMIENTOS:.....73
 - A. Delineamiento experimental.....73
 - B. Compostaje.....74
 - C. Manejo de la pila de compostaje.....75

D. Prueba fitotoxicidad.....	76
E. Datos tomados y método de evaluación.....	76
5.3. MARCO LÓGICO.....	78

CAPITULO VI.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	79
A.CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL MATERIAL COMPOSTADO.....	79
B. PARÁMETROS DURANTE EL COMPOSTAJE.....	79
1. Temperatura.....	79
2. pH.....	82
C. PRUEBA DE FITOTOXICIDAD.....	84
D. ANÁLISIS DEL COMPOST.....	86
E. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LAS VARIANTES DE COMPOST.....	91

CAPITULO VII.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	92
7.1. CONCLUSIONES.....	92
7.2. RECOMENDACIONES.....	92

BIBLIOGRAFIA.....	93
--------------------------	-----------

ANEXOS	1
Construcción de cobertizo.....	2
Construcción de composteras.....	3
Recolección de residuos orgánicos de los bares.....	4
Preparación de material y llenado de las composteras.....	5
Inoculación de microorganismos en los sustratos.....	6
Toma de datos.....	7
Prueba de germinación.....	12
Pruebas de laboratorio.....	14
Secuencia de la investigación.....	16
Reportes de laboratorio del análisis del compost.....	17

ÍNDICE DE CUADROS

Número	Título	Página
2.1.	Características de un compost comercialmente aceptable.....	41
2.2.	Nivel de toxicidad de un abono orgánico de acuerdo al porcentaje de germinación.	44
2.3.	Porcentaje de germinación de diferentes abonos orgánicos analizados en el laboratorio de microbiología agrícola.....	45
2.4.	Clases y concentración de microorganismos presente en los compost.....	68
6.1.	Promedio de temperatura en los tratamientos durante el Compostaje.....	80
6.2.	Promedio de pH en los tratamientos durante el compostaje.....	83
6.3.	Prueba de germinación de semillas de caupí a los 30 y 60	

	días de compostaje.....	85
6.4.	Peso de biomasa de las plántulas de caupi en los dos ensayos de germinación (g).....	86
6.5.	Parámetros químicos del compost.....	87
6.6.	Micronutrientes del compost.....	88
6.7.	Análisis microbiológico del compost (Logaritmo Neperiano).....	89
6.8.	Conversión de material inicial a compost.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Número	Título	Página
6.1.	Evolución de la temperatura en las pilas de Compostaje.....	81
6.2.	Correlación de la temperatura en el tiempo.....	82
6.3.	Evolución del pH en las pilas de compostaje.....	83
6.4.	Correlación de pH en el tiempo de compostaje.....	84

ABREVIATURAS

EM	Microorganismos Eficientes
Kg	Kilogramos
ADEVA	Análisis de varianza
E. colí	Echerichia coli
pH	Potencial de hidrogeno
E:E	Error experimental
Cm	centímetro
Mg. Sc.	Magister en Ciencias
m	metro
ESPAM	Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí
C	Carbono
N	Nitrógeno
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
Mo	Materia orgánica
P	fósforo
mL	Mililitro
K	Potasio
B	Boro
Cu	Cobre

Mn	Manganeso
Fe	Hierro
Zn	Zinc

SIMBOLOGIA

C/N	Relación Carbono Nitrógeno
°C	Grados centígrados

CAPITULO I

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se lo desarrollo en el área de compostaje del Departamento de Medio Ambiente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí y tuvo como objetivo dar un manejo adecuado a los residuos orgánicos de bares y jardinería, generados al interior de los predios de la ULEAM para lo cual se empleó el compostaje en cajoneras de 50 cm ancho x 2 m largo x 20 cm de alto que contenían 27 kg de material inicial que fue inoculando con aceleradores del proceso; se evaluaron tres variantes: testigo (sin inoculo), EM comercial y microorganismos nativos que fueron asperjados sobre los materiales al inicio del compostaje que duró ocho semanas, en este tiempo se monitoreo pH, humedad y temperatura. Al final del proceso se tomó una muestra compuesta de cada replica de tratamiento y se realizó determinaciones físico-químicas y pruebas de fitotoxicidad empleando semillas de caupi (*Vigna unguiculata*). Se encontró que la temperatura, pH y humedad durante el proceso de compostaje, no variaron en los tratamientos estudiados, sin embargo los indicadores de estabilidad y madurez del compost (C/N, MO, N, P, microelementos y % de germinación) fueron favorables para el compost que había sido inoculado con micoorganismos nativos, alcanzando valores señalados como óptimos para este insumo orgánico.

Palabras claves: Compost, inóculos microbianos, compostaje, fitotoxicidad.

ABSTRACT

The present work is the development in the area of composting Environment Department Secular University " Eloy Alfaro " Manabí and aimed to give a proper handling organic waste , bars and gardening , generated within the premises ULEAM of which was used for composting drawers 50 cm wide x 2 m long x 20 cm high containing 27 kg of starting material was inoculating process accelerators , three alternatives were evaluated : control (no inoculum) , commercial MS native microorganisms that were sprayed on the beginning of the composting materials that lasted eight weeks, in this time pH monitoring , humidity and temperature. At the end of the composite sample was taken from each treatment and replicate determinations performed physicochemical and phytotoxicity tests using cowpea seeds . It was found that the temperature , pH and moisture during the composting process variants not studied varied , however indicators maturity and stability of the compost (C / N , MO , N , P, and microelements % germination) were favorable for compost that had been inoculated with native microorganisms , reaching values identified as optimal for this organic input .

KEY WORDS: Compost, microbial inoculants, compost, phytotoxicity.

CAPITULO II

2. INTRODUCCION

El presente trabajo de investigación tuvo como punto principal dar un óptimo tratamiento a los residuos sólidos orgánicos que se generan en bares de los predios de la ULEAM. En este experimento se tomó como factor principal el uso de dos fuentes de microorganismos degradadores de materia orgánica como son EM comercial y Microorganismos nativos inoculados en unidades experimentales para compararlos en un sistema estándar de manejo de residuos orgánicos (testigo).

Los pocos reportes de investigación que tenemos en nuestro medio sobre compostaje de residuos orgánicos urbanos y periurbanos, hará de esta investigación una herramienta útil para futuros proyectos encaminados al desarrollo de esta tecnología y de esta manera dar un buen uso de este recurso y producir un abono natural y a bajo costo.

El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo principal Obtención de compost de calidad a partir de residuos orgánicos generados en la ULEAM, mediante la inoculación de microorganismos descomponedores. Y como objetivos específicos (i) Realizar caracterización físico-química de los residuos orgánicos compostados y el compost obtenido, (ii) Determinar la eficiencia biotransformadora de los microorganismos inoculados, (iii) Estimar económicamente las variantes en estudio.

Los objetivos planteados nos permitieron validar la hipótesis de que los microorganismos autóctonos produjeron un abono orgánico de calidad, frente a los EM comerciales y al testigo.

Para la presente investigación se constituyó una compostera (tipo cajón) con dimensiones de 50 cm ancho x 2 m largo x 20 cm alto que contenían 27 kg de mezcla de material compostado. En total se realizaron nueve composteras.

Para el establecimiento del ensayo se empleó un Diseño Completamente al Azar y tres replicas por tratamiento. El procesamiento estadístico de los resultados se lo realizó con ADEVA en las variables que lo permitieron, además se realizó categorización estadística mediante prueba de media de tukey en las variables que tuvieron significación estadística.

CAPITULO III

3. ANTECEDENTES

3.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Las actividades agrícolas intensivas generan detrimento en las reservas de materia orgánica reduciendo la fertilidad del suelo (Álvarez y Solís., 2004). Los residuos orgánicos producto de la actividad agrícola en la mayoría de los casos contamina el entorno donde son depositados, generando mal olor, incremento de insectos transmisores de enfermedades, reservorio de agentes patógenos, entre otros (Tan, 2000). Esta biomasa residual no es utilizada ni reincorporada al suelo, lo que conlleva una pérdida de humus, el cual es considerado como el responsable de la reserva de nutrientes en el suelo, sus características físico-químicas provocan efectos positivos tanto en el suelo como en la planta: mejora la estructura del suelo, al facilitar la formación de agregados estables lo que aumenta la permeabilidad, incrementa la capacidad de retención de agua del suelo y estimula el desarrollo de la planta; también se pierden las sustancias húmicas que son compuestos muy importantes de la materia orgánica responsables de muchos efectos positivos en el suelo, entre los que destacan el mejoramiento de las cadenas tróficas del suelo (Fernández, 2003).

También en las urbes se aprecia el inadecuado manejo de los desechos y residuos domiciliarios, hospitalarios, etc provocando daños al entorno inmediato; en ocasiones se observan esfuerzos institucionales por reciclar estos materiales, particularmente en los

centros de educación intentan transformar los residuos orgánicos en abonos para su uso interno, sin embargo no se tienen validadas tecnologías que garanticen un proceso y producto final inocuo. En la ULEAM, los residuos orgánicos se generan en bares y áreas verdes, ya que dichos desperdicios no son aprovechados adecuadamente. El proceso que se adopte para el manejo de estos materiales requiere ser validado en procura de obtener un producto terminado en el menor tiempo posible, de calidad y respetando el entorno ambiental. Se pretende con esta investigación dejar sentadas las bases para aprovechar los residuos orgánicos como insumo en prácticas agronómicas urbanas y periurbanas.

3.2.- JUSTIFICACIÓN

La población en el planeta crece exponencialmente y uno de los problemas que enfrenta es la producción de alimento. El reto es mayor si se considera la disminución del área cultivable en el mundo y la degradación de los recursos agro productivos. Esta realidad conduce a la búsqueda de alternativas tecnológicas, que sean consecuente con la naturaleza, accesibles desde el punto de vista técnico y económico, pero además que sea aceptada social y culturalmente.

Bajo este paradigma resurgieron los modelos de agricultura ecológica, orgánica o biológica, en todas ellas se emplean los abonos orgánicos que son resultante de los procesos del reciclaje de la materia orgánica, en esta recirculación de biomasa juega un rol protagónico los microorganismos heterótrofos que están presente en todos los hábitat terrestre, aunque con mayor variabilidad y dinámica en las zonas tropicales que son ricas en microclimas más cálidos y húmedos. Bajo esta percepción se pretende usar el compostaje como alternativa de manejo de los residuos orgánicos generados en la ULEAM.

El compostaje es un proceso bioxidativo gobernado por microorganismos heterótrofos que transforman los materiales orgánicos en un producto llamado compost que aporta beneficios físicos, químicos y biológicos a los suelos o sustratos donde se lo aplique. En estado natural los microorganismos están presentes en los materiales a compostar sin embargo se ha desarrollado la técnica de inoculación de organismos específicos que aceleran la

descomposición de los materiales. En tal sentido se comercializan productos biológicos importados que merecen ser validados para conocer su eficiencia frente a los aislamientos nativos.

El tratamiento biotecnológico de los residuos de cocina y áreas verdes de la ULEAM permitirá una reutilización de los mismos, disminución de los focos de contaminación en el predio universitario y obtención de un insumo orgánico para los modelos de producción alternativos que se desarrollan en las ciudades como son los huertos familiares.

3.3. OBJETIVOS

3.3.1. OBJETIVO GENERAL

Obtención de compost de calidad a partir de residuos orgánicos generados en la ULEAM, mediante la inoculación de microorganismos descomponedores.

3.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar caracterización físico-química de los residuos orgánicos compostados y el compost obtenido.
- Determinar la eficiencia biotransformadora de los microorganismos inoculados.
- Estimar económicamente las variantes en estudio.

3.4. HIPOTESIS

Los microorganismos descomponedores autóctonos inoculados en el compostaje de los residuos orgánicos generados en la ULEAM son más eficientes en el proceso de obtención de compost de calidad

CAPITULO IV.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. LA MATERIA ORGÁNICA Y LOS ABONOS EN LA AGRICULTURA

La materia orgánica junto con el abono mineral es necesaria, además de complementarlo. Por ello, se recomienda la mezcla del compost con el abono químico. El abono proporciona al suelo de cultivo la fertilidad química y el compost la estructura física y biológica, necesaria para que se consigan las condiciones idóneas para el crecimiento de las plantas (López, 2002).

Los factores más importantes que afectan el éxito de la aplicación del compost para los propósitos de la agricultura son el grado de estabilidad y la madurez. La aplicación de un compost inestable o inmaduro puede inhibir la germinación de las semillas, reducir el crecimiento de la planta, causar daños en los cultivos como fitotoxicidad en las plantas o una competencia por el oxígeno (Wu *et al.*, 2000).

La biodegradación de materia orgánica es el principal proceso que envuelve la bioestabilización de los residuos orgánicos y es usualmente expresada en función de la biodisponibilidad de materia orgánica; se define en términos de tasa o grado de descomposición de materia orgánica, estando fuertemente relacionada con la tasa de actividad microbiana en el proceso de compostaje (Said-Pullicino, 2007).

Lasardi (1998), ha reportado que existe una fuerte relación entre la estabilidad del compost y la concentración de carbono orgánico disuelto. Durante el compostaje, procesos tales como la solubilización llevada a cabo por la degradación microbiana de la materia orgánica, síntesis bioquímica de compuestos de bajo peso molecular son los responsables de los cambios en la concentración y composición química de la materia orgánica disuelta (Said-Pullicino, 2007).

4.2. COMPOSTAJE

Es un proceso bio-oxidativo (fermentación aerobia), lo que exige un condicionante biológico para su funcionamiento y por tanto, como todo lo vivo, estará sometido a factores muy diversos, que influirán en mayor o menor grado en la optimización de la actividad microbiana; el proceso Implica sustratos orgánicos heterogéneos en su composición y procedencia y homogéneos en su tamaño; durante la transformación se suceden diferentes etapas lo que concluye en reacciones de diferente significado, con producciones metabólicas intermedias que pueden resultar fitotóxicas, de ahí la importancia del control de la maduración y de la gestión adecuada, finalmente, el proceso de compostaje conduce a la liberación de CO₂, agua, minerales y materia orgánica más o menos estabilizada, rica en poblaciones microbianas útiles y en bioactivadores de la fisiología vegetal (Ganjyal *et al.*, 2007).

El mismo autor sostiene que es evidente, que en el compostaje influyen todos los parámetros que actúan sobre la actividad de la vida microbiana, naturaleza del sustrato, humedad, temperatura, nutrientes, relación C/N, pH, y los que están en relación con el proceso mismo de compostaje, diferencias en el suministro de oxígeno y en la realización.

El compost, que es el producto del proceso de compostaje, es un sólido de color café oscuro o negro y huele a tierra. Se caracteriza porque mejora la textura y apariencia del suelo, aumenta su fertilidad, mejora la estructura y aireación, aumenta la habilidad del suelo para retener agua y nutrientes, modera la temperatura, reduce la erosión y suprime el crecimiento de malezas y la aparición de enfermedades en las plantas (EPA, 1994). Se utiliza en la agricultura, horticultura, paisajismo, viveros, residencias y otros y, sirve para acondicionar suelos, enmendar suelos y/o como cubierta protectora. También se utiliza en biorremediación, prevención de la contaminación, control de la erosión, reforestación, restauración de humedales, rehabilitación de hábitat, etc. (EPA, 1997).

En el proceso de compostaje o descomposición de la materia orgánica se produce una sucesión de actividades de diferentes microorganismos donde participan activamente bacterias y hongos; en menor grado participan, en una etapa inicial, otros microorganismos tales como nematodos, colémbolos, escarabajos, lombrices y otros, que ayudan a mover, mascar y reducir el tamaño del material orgánico. El proceso de compostaje tiene tres fases, pero la mayor actividad ocurre en las dos primeras (De la Maza, 2001).

Fase mesofílica: corresponde a la digestión de carbohidratos y sacáridos de bajo peso molecular por medio de la población microbiana presente, esta población se desarrolla en temperaturas que fluctúan entre los 25°C y 45°C y el pH tiene un valor promedio comprendido entre 4,5 y 5,5. La actividad continua de los microorganismos hace que la temperatura de los residuos se eleve dando origen a la 2° fase (Arellano, 2002).

Fase termofílica: en esta fase se descomponen las proteínas y carbohidratos superiores mediante la acción de microorganismos termofílicos que proliferan en esta etapa entre los 45°C y los 70°C. A consecuencia de la descomposición de proteínas y otros compuestos nitrogenados aumenta el pH por acumulación de amoníaco llegando a valores entre 8 y 9. Por efecto de la temperatura se desarrolla un proceso de pasteurización del producto lo que garantiza la esterilidad del mismo y la ausencia del contenido de sustancias patógenas (EPA, 1994).

Fase de enfriamiento: esta fase se caracteriza por la disminución de la actividad microbiológica, lo que hace nuevamente bajar la temperatura. La digestión de la celulosa se realiza principalmente durante la etapa termofílica y en menor medida en la fase de enfriamiento. El agotamiento de la materia orgánica del residuo en compostaje y la consecuente disminución de la actividad microbiológica producen la estabilización del compost. En esta fase también puede tener lugar la nitrificación, que es el proceso mediante

el cual las bacterias del género nitrosomas y nitrobacter convierten el amoníaco acumulado en las etapas anteriores en nitrato orgánico, todo esto a través de un proceso de óxido-reducción del cual las bacterias obtienen su energía (EPA, 1994). Esta fase final convierte entonces el residuo orgánico en un compuesto estable con contenido de nitrato, fosfato, potasio y otros componentes que dependen del tipo de material compostado. Esto es lo que da origen al "compost" (De la Maza, 2001).

Todos los sistemas de compostaje van orientados a fomentar la optimización de los parámetros que regulan el proceso, para obtener un buen compost en las circunstancias más favorables de menor tiempo de fermentación, lo que precisará una menor superficie de parque de fermentación y por consiguiente un menor costo. Además se intenta reducir el impacto desagradable de los olores, generalmente se considera al compostaje desde dos puntos de vista; el primero encierra las prácticas que facilitan la gestión óptima del ecosistema microbiano mientras que el segundo no. La gestión efectiva del ecosistema microbiano sostiene un proceso eficiente, y, así, entre otros beneficios económicos y prácticos están: a) capital y costos de operación reducidos; b) minimización de manejo del material; c) prevención de olores; y d) producción de compost mejor estabilizado (Bidlingmaier y Papadimitriou, 1998).

Dentro del proceso de compostaje, los microorganismos primarios que intervienen son bacterias, hongos y actinomicetos produciendo enzimas extracelulares, como amilasas,

lipasas y proteasas que en pequeñas cantidades promueven actividad química catalizando la descomposición de materia orgánica. No obstante, existen ciertos factores que pueden afectar el proceso de compostaje como los factores ambientales, los microorganismos involucrados, el tipo de residuos y su manejo (Dávila et al., 2002).

Las pérdidas de nitrógeno por volatilización durante el compostaje reducen el valor del abono orgánico y constituye una importante pérdida económica. La disponibilidad de carbono, el tamaño de la partícula, el contenido de humedad y la aireación son factores que afectan la volatilización del nitrógeno en el compost, ya que una alteración en estas variables puede impedir que el nitrógeno se inmovilice en las células microbianas (Barrington *et al.*, 2001).

4.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Los factores que influyen en un proceso de compostaje son muchos y de gran importancia ya que si no se manejan adecuadamente se genera un desequilibrio que puede afectar drásticamente el proceso, lo que tiene graves consecuencias en la obtención del producto deseado. Dichos factores incluyen relación carbono/nitrógeno (C/N), temperatura, pH, humedad, oxígeno, tamaño de la partícula, naturaleza química de los sustratos, entre otros Zhu, (2006).

4.3.1. Relación C/N

El carbono y el nitrógeno son nutrientes muy importantes para los microorganismos en el proceso de compostaje. En primer lugar, el carbono provee energía y el nitrógeno es usado para la reproducción y la síntesis de proteínas. En general cerca de 25 veces más de carbono es necesitado por un organismo comparado con la necesidad de nitrógeno por lo cual es necesario tener una proporción adecuada de ambos elementos 25:1 – 30:1 (Sherman, 1999).

Según Castillo *et al.*, (2002) es necesario para que ocurra un proceso adecuado de compostaje, un balance entre los materiales con una concentración de carbono (residuos de color marrón), empleados para generar energía y materiales con una concentración alta de nitrógeno (residuos de color verde) que son necesarios para el crecimiento y la reproducción.

La relación teórica e ideal para una fabricación rápida se ubica entre 25 y 35. Con relaciones menores se volatiliza mucho nitrógeno y con relaciones mayores la descomposición orgánica es muy lenta (Castillo *et al.*, 2002). Para Zhu, (2006) la relación C/N considerada como óptima al principio del proceso es de 20 a 30; y a medida que la materia orgánica es atacada y descompuesta por los microorganismos va descendiendo la relación C/N hasta acercarse al valor del humus de alrededor de 10:1.

Se precisa que en la mezcla inicial este parámetro presente un valor entre 25 y 30. Cuando los residuos del sustrato superan el nivel de 30 denotan unos materiales ricos en carbohidratos y pobre en compuestos nitrogenados, y en tales circunstancias las reacciones

biológicas se ralentizan por falta de nitrógeno, mientras que si la relación es inferior a este rango, el nitrógeno puede perderse por volatilización en forma de amoníaco, especialmente a pH alcalino y temperaturas elevadas. En general, se debe garantizar que exista una proporción considerable de nitrógeno disponible y necesario para el desarrollo de la actividad microbiana que interviene en la descomposición de los residuos (Van Der Selt *et al.*, 2006).

4.3.2. Temperatura

Debido a que todas las reacciones que se llevan a cabo dentro del proceso de compostaje son exotérmicas la temperatura es un buen indicador del proceso. La temperatura aumenta rápidamente luego de la formación de las pilas, disminuyendo gradualmente a la vez que el proceso de descomposición va terminando. El amplio rango de temperaturas que se manejan hace que se encuentren diferentes grupos de microorganismos lo que facilita y aumenta el proceso de descomposición. El compostaje ha mostrado ser factible cuando la temperatura ambiente oscila entre los 20 y 30°C (Margesin *et al.*, 2006).

La temperatura durante el proceso de compostaje aumenta conforme los microorganismos realizan las actividades metabólicas para degradar la materia orgánica. Las altas temperaturas son necesarias para lograr un compostaje efectivo ya que contribuyen sustancialmente a los altos índices de degradación alcanzados en el proceso, pero temperaturas por debajo de los 20°C han demostrado que causan la inhibición del proceso.

Por otra parte, cuando la temperatura excede los 60°C se reduce la actividad de las poblaciones microbianas, es por esta razón que se recomienda que la temperatura máxima se encuentre entre los 52 y los 60°C (Liang *et al.*, 2002).

Las altas temperaturas alcanzadas durante el proceso de compostaje (especialmente durante la fase termofílica), así como del proceso, son factores que causan la muerte de los patógenos aerobios más comunes como *Salmonella sp.* *Escherichia coli* (Turner *et al.*, 2004). Por otra parte, estudios realizados por Boulter - Bitzer *et al.*, (2005) mostraron que en las pilas de compost que alcanzaron temperaturas mayores a los 55°C, los fitopatógenos murieron. Sostienen además que la fase termofílica durante la cual se alcanzan estas altas temperaturas, es fundamental para lograr la estabilidad y madurez del compost el cual será utilizado para aumentar la actividad microbiana en el suelo.

Según Thivierge y Seito (2005) la temperatura es uno de los factores que mejor indica el desarrollo del proceso de descomposición de la materia orgánica. El incremento en la temperatura de la abonera tiene dos efectos importantes: acelerar la descomposición y eliminar o disminuir las poblaciones de los microorganismos patogénicos existentes, además de eliminar a través de altas temperaturas (pasteurización) las larvas de moscas presentes en los materiales utilizados en el proceso. Expresan además que es importante que el compost alcance la temperatura de la pasteurización para que todas las semillas de malas hierbas y las esporas sean afectadas. La fase de pasteurización ocurre cuando las pilas alcanzan las

temperaturas de 55 - 65°C, dichas elevaciones de temperatura son la consecuencia de la actividad de microorganismos que degradan el material orgánico en presencia del oxígeno.

Restrepo y Rodríguez (2002) afirman que la temperatura de las pilas puede llegar a alcanzar hasta más de 80 grados centígrados. Esto es una prueba de que el montón está bien aireado porque en efecto el metabolismo en ausencia del oxígeno no podrá alcanzar estas temperaturas. El aumento de temperatura lo producen los gérmenes termófilos y en particular los actinomicetos productores de una serie de antibióticos que sirven para preparar el nicho ecológico de los hongos humificadores, los cuales son resistentes a esos antibióticos.

En base a la evolución de las temperaturas, el proceso de descomposición aerobia de los restos orgánicos se inicia en una fase mesofílica, con la descomposición microbiológica de los compuestos solubles y de elevada disponibilidad (azúcares, aminoácidos) a través de la acción de poblaciones de bacterias y hongos mesófilos, cuando la temperatura alcanza alrededor de los 40 °C, se desarrollan las poblaciones de bacterias y hongos termófilos, y los primeros actinomicetos, los cuales desarrollan elevadas tasas de degradación. Las bacterias que predominan a 65 °C son las esporuladas como *Bacillus brevis*, *B. circulans*, *B. coagulans*, *B. licheniformis*, *B. subtilis* y *B. setaeothermophilus*, que realizan aproximadamente un 10 % de la descomposición (Goyal *et al.*, 2005) los principales actinomicetos termotolerantes identificados en esta fase son: *Nocardia* spp., *Streptomyces*

rectus, *S. thermofuscus*, *S. thermovulgaris*, *S. thermoviolaceus*, *Thermoactinomyces vulgaris* y *Thermomonospora*, los cuales son responsables de un 15 – 30 % de la descomposición.

Por encima de 70°C disminuye la actividad microbiana. En esta fase es muy importante llevar un seguimiento intenso de la evolución de la temperatura y humedad a diferentes profundidades de las pilas, debido a que son los parámetros principales a tomar en cuenta para realizar los volteos en sistemas abiertos. El volteo regular de los residuos durante esta fase permite prolongar la fase termofílica, así como garantizar una adecuada oxigenación de los mismos y la descomposición e higienización de los materiales poco degradados que se hallan en los bordes de la mezcla inicial Restrepo - Rodríguez (2002).

La tercera fase de enfriamiento se produce cuando la fuente de carbono directamente disponible comienza a ser un factor limitante, ocasionando un descenso en la actividad microbiana y en la temperatura. En esta fase predominan los hongos que actúan sobre polímeros, como la lignina y la celulosa, y sobre la biomasa bacteriana. Los hongos son los responsables de la pérdida del 30 al 40 % del peso y están implicados en la humificación de los restos orgánicos (Hassen *et al.*, 2001). Los principales hongos identificados en el compostaje son: *Absidia*, *Mucor*, *Allescheria*, *Cheatomium*, *Thermophilum*, *Dactylomyces*, *Talaromyces* (*Penicillium*), *Coprinus*, *Lenzites* y *Sporotrichum* Restrepo y Rodríguez (2002)

La temperatura: varía ampliamente a lo largo del compostaje, y resulta también de capital importancia para el control de las poblaciones microbianas predominantes en las distintas fases del proceso. Un requisito importante es que en la fase termofílica se alcancen temperaturas suficientemente altas (60 – 70 °C), capaces de reducir la población de microorganismos patógenos (higienización) (García, G. A., *et al.* 2003)

Por último, en la fase de maduración continúa el proceso de humificación y, al igual que en la fase de enfriamiento, aparecen otros organismos como protozoos, nematodos, miriápodos, etc. Al final de esta fase se debe obtener un material caracterizado por unos niveles aceptables de humedad, un alto nivel de estabilidad, con un bajo o nulo grado de fitotoxicidad (Paul y Clark, 1996).

4.3.3. Naturaleza química del sustrato la naturaleza de los compuestos estructurales influyen en la velocidad del proceso de degradación. Así, cuando predominan los compuestos bioresistentes (lignina, celulosa, grasas, etc.) la degradación de los residuos es mucho más lenta que cuando predominan los compuestos orgánicos de bajo peso molecular. Asimismo, el contenido y proporción de los nutrientes esenciales para el metabolismo microbiano (carbono, nitrógeno, fósforo, micro elementos, etc.) También presentan una gran influencia en la velocidad del compostaje (Barrington *et al.*, 2001).

4.3.4. pH

Esta variable es de gran importancia durante el compostaje, ya que está estrechamente relacionada con las variaciones de la temperatura en el proceso, se ha encontrado que el cambio de condiciones mesofílicas a termofílica durante la fase inicial del compostaje, coincide con el cambio de pH, de ácido (4.5 – 5.1) a alcalino (8 – 9), esto se debe a que cuando la temperatura se encuentra por debajo de los 40°C (fase mesofílica) se producen ácidos orgánicos como el lactato y acetato que inicialmente disminuyen el pH del medio. Estos ácidos a su vez son consumidos por los microorganismos durante la fase termofílica, generando un aumento en el pH del compost. Para que el desarrollo del compost sea exitoso es necesario que el valor del pH se encuentre entre 8 y 9 (Sundberg *et al.* 2004). Aunque el valor del pH para los abonos orgánicos puede estar entre 4 y 9 (ICONTEC, 2004).

Un pH bajo (4,5 – 5,1) durante el proceso de compostaje puede resultar en corrosión, malos olores, baja descomposición, mala calidad del compost y dificultad para alcanzar altas temperaturas, apropiadas y requeridas para la sanitización (Sundberg y Jonsson, 2007).

4.3.5. Humedad

El contenido de humedad es una variable ambiental de suma importancia en el compost, teniendo en cuenta que es el agua la que provee el medio requerido para llevar a cabo el transporte y la degradación de los nutrientes por parte de los microorganismos para que puedan realizar sus actividades metabólicas y fisiológicas (Liang *et al.*, 2002). Cuando el

porcentaje de humedad presenta valores muy bajos puede indicar la deshidratación del compost lo que tiene como consecuencia la disminución de las actividades biológicas y la obtención de un compost inestable (Bertoldi *et al.*, 1985). Por otra parte, porcentajes de humedad muy altos (mayores al 65%) pueden generar condiciones anaeróbicas lo cual disminuye la eficiencia del proceso, además de producir malos olores (Tiquia *et al.*, 1996).

La humedad óptima del compostaje se puede situar alrededor del 30 a 55 % aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. El contenido de humedad ideal para el compostaje debe considerar una adecuada humedad para las necesidades fisiológicas de los microorganismos y un adecuado flujo de oxígeno para mantener las condiciones aeróbicas (Avendaño, 2003).

La Humedad es uno de los principales parámetros a controlar, ya que en los casos en que resulte excesiva, el agua desplazaría al aire contenido en los espacios intersticiales dando lugar a reacciones de anaerobiosis, lo que además de reducir la velocidad del proceso, suele generar malos olores. Los niveles óptimos de humedad están comprendidos entre 40 y 60 % (Golueke, 1975).

Según Dalzell *et al.*, (1991) cuando el contenido de humedad está por debajo del 30% en peso fresco las reacciones biológicas en una pila de compost se retardaran considerablemente. Cuando el contenido de humedad es demasiado alto mayores a 70% los espacios entre las partículas del material se saturan de agua impidiendo el movimiento del

aire dentro de la pila. El contenido óptimo de humedad en los ingredientes para el compostaje es 50 - 60 %, el máximo contenido de humedad en la práctica depende de la firmeza estructural en humedad de los materiales. Los materiales de consistencia dura como la cascarilla de arroz, aserrín y partes vegetales como ramas mantienen su firmeza por mucho tiempo y se pueden compostar a contenidos de humedad alto, también porque absorben más agua que las otras mezclas como desperdicios del comedor, estiércol.

Al mantener la humedad requerida durante el proceso de descomposición se permitió que hubiese actividad microbiana y suficiente cantidad de aire entre las partículas de materia orgánica. Según Vansintjan & Vega (1992) para que haya una buena descomposición hay que mantener una humedad estable, controlada por lo que se necesita una buena aireación para un desarrollo óptimo de los microorganismos.

Según Dalzell *et al*; (1991) se debe asegurar un contenido de humedad adecuado en todo momento mojando las mezclas al inicio y cuando sea conveniente durante el proceso, protegiendo la pila de la luz solar directa, cubriéndola con plástico negro para evitar que los rayos solares afecten a los microorganismos y para evitar la deshidratación de la pila o la sobre hidratación por agua de lluvia. Esta recomendación fue tomada en este experimento y las aboneras estaban cubiertas con plástico negro.

El contenido de humedad durante el proceso de compostaje tiende a disminuir,

dependiendo de la frecuencia de volteos y de las condiciones climáticas. Altos niveles de humedad limitan la buena oxigenación del proceso, y puede facilitar una mayor pérdida de nitrógeno, tanto por una pobre actividad microbiana aeróbica, como porque se crean condiciones de reducción que favorecen la desnitrificación (Meléndez y Soto, 2003).

4.3.6. Naturaleza química del sustrato

La naturaleza de los compuestos estructurales influyen en la velocidad del proceso de degradación. Así, cuando predominan los compuestos bioresistentes (lignina, celulosa, grasas, etc.) la degradación de los residuos es mucho más lenta que cuando predominan los compuestos orgánicos de bajo peso molecular. Asimismo, el contenido y proporción de los nutrientes esenciales para el metabolismo microbiano (carbono, nitrógeno, fósforo, micro elementos, etc.) También presentan una gran influencia en la velocidad del compostaje (Barrington *et al.*, 2001).

4.3.7. Oxígeno

El compostaje aeróbico es el proceso de degradación que ocurre en presencia de oxígeno; es la forma más rápida para producir un compost de buena calidad. El compostaje aeróbico es ampliamente aceptado como vía para lograr la estabilización de la materia orgánica proveniente de los residuos agrícolas y convertirla en un producto que pueda ser usado como abono para el suelo (Liang *et al.*, 2002). Los mecanismos empleados para llevar a cabo la

aireación del compost pueden ser manuales, utilizando una pala para mover toda la pila de compost, o mecánicos, utilizando un tractor que realice la homogenización.

4.3.8. Tamaño de la partícula

La actividad microbiana está relacionada con la facilidad de acceso al sustrato. Las partículas pequeñas tienen una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. Sin embargo, las partículas demasiado finas crean poros pequeños restringiendo el paso del oxígeno y por ende causando condiciones de anaerobiosis (Cooperband, 2000).

Dado que la actividad microbiana se desarrolla principalmente en la superficie de las partículas, cuanto mayor es la superficie del sustrato mayor será la rapidez del ataque microbiano. No obstante, un tamaño muy fino de partícula no es conveniente debido a los riesgos de compactación del sustrato, lo que dificultaría una aireación adecuada. Los tamaños de partículas considerados óptimos oscilan entre 1 y 5 cm (Kiehl, 1985).

4.3.9. Efectos en las propiedades del suelo

- En las propiedades físicas, los efectos de los compost sobre las propiedades físicas del suelo han quedado constatados en numerosas investigaciones. A modo de ejemplos cabe indicar las revisiones realizadas por Pinamonti y Sicher (2005). Las mejoras observadas en estas investigaciones dependieron de las características, los tipos de compost y dosis valoradas, así como de las propiedades y tipo de suelo utilizado. Los compost elaborados con residuos de almazara también pueden causar mejoras en las propiedades físicas de los

suelos. A este respecto, Al aplicar compost de orujos a dosis de 8 % (v/v) observaron mejoras en comparación al testigo, sin enmienda, en la infiltración (27 a 36,5 %), en la absorción de agua (34,5 a 35 %) y en el contenido relativo de agua (10,5 a 16,5 %).

En otros estudios, las mejoras en las propiedades físicas del suelo originaron aumentos en el rendimiento de trigo abonado con orujos (Brunetti *et al.*, 2005). Unos resultados que contrastan con el efecto negativo en las propiedades físicas de los suelos tratados con productos con elevados contenidos de lípidos o de sodio intercambiable, unas características que pueden originar un efecto contrario al deseado en la permeabilidad e infiltración del agua en el suelo.

- En las propiedades fisicoquímicas, la conductividad eléctrica es una medida de la salinidad o cantidad de sales solubles contenidas en un extracto acuoso. Los compost y vermicompost son materiales que normalmente contienen cantidades significativas de nutrientes en forma de sales solubles. Junto al exceso de salinidad, las elevadas concentraciones de iones de sodio, cloro o boro, y los elevados niveles de NO₃-N pueden resultar dañinas (Sullivan y Miller, 2005).

Dependiendo del nivel de este tipo de sales, los productos derivados de residuos de almazara, pueden provocar problemas de salinización en el suelo, o en función de la susceptibilidad de la especie pueden manifestar daños foliares así como disminuciones apreciables en el

crecimiento y en la producción de las plantas (Walker y Bernal, 2004) a este respecto, los compost elaborados con alpechines aplicados a 60 t/ha aumentaron la conductividad eléctrica del suelo, debido a un aumento en la concentración de sodio y cloro en la solución del suelo (Paredes *et al.*, 2005). Walker y Bernal (2004) también observaron incrementos significativos de salinidad en suelos tratados con 29,9 g/kg de un compost elaborado a partir de una mezcla de alperujos más residuos de algodón, y confirmaron que este efecto estaba asociado a un aumento en la concentración de SO_4^{2-} y en menor medida de Cl y NO_3^- en el suelo.

La incorporación al suelo de residuos o productos orgánicos produce mejoras en la capacidad de intercambio catiónico (CIC), proporcionándole mejor aptitud para retener más nutrientes y así reducir la pérdida de éstos por lixiviación, lo que puede resultar en un uso más eficiente de los nutrientes minerales. En este aspecto, la incorporación al suelo de compost de alpechines a 60 t/ha (Paredes *et al.*, 2005) o los compost de alperujos incorporados al suelo a la dosis de 14 t/ha, manifestaron unas mejoras considerables en la capacidad de intercambio catiónico en comparación con un control sin enmienda (Cayuela *et al.*, 2004) con la consecuente mejora en la fertilidad del suelo.

-Efectos en las propiedades químicas, en diferentes investigaciones ha quedado constatado que los compost de alpechines contienen materia orgánica humificada, muy resistente a la mineralización, y en trabajos de incubación de muestras de suelo, se constataron incrementos

en los niveles de materia orgánica y el contenido total de nitrógeno y potasio, dependiendo del tipo de suelo utilizado (Cabrera *et al.*, 2005).

Con un compost elaborado a partir de la mezcla de 40% de hojas de olivo más 60% de alperujos aportados a las dosis de 66 t/ha, se obtuvieron aumentos apreciables en la disponibilidad de fósforo y potasio, y en el contenido de materia orgánica del suelo (Ehaliotis *et al.*, 2005). De la misma manera, con compost de alperujos incorporados al suelo a la dosis de 14 t/ha, se pusieron en evidencia elevaciones en el contenido de materia orgánica en el orden de un 145 a un 185 % (Cayuela *et al.*, 2004). Asimismo, con la aplicación de un compost producido a partir de la mezcla de alperujos más residuos de algodón a la dosis de 20,9 g/kg de suelo, se observaron aumentos significativos en las concentraciones de potasio, magnesio y calcio intercambiable, con incrementos apreciables en la concentración de boro en el suelo (Walker y Bernal, 2004). Por el contrario, en otro experimento en condiciones de campo, la aplicación de 30 t/ha de compost de alperujos no dio lugar a efectos significativos en ninguno de los parámetros del suelo analizados. La explicación de estos resultados es atribuible a la capacidad amortiguadora de los suelos para evitar variaciones en su composición fisicoquímica (Pomares y Albiach, 2005).

-Efectos en las propiedades biológicas, la aplicación al suelo de materiales orgánicos estabilizados ha producido en muchos casos incrementos en las actividades enzimática y biológica del suelo (Ros *et al.*, 2003). En otros casos, la aportación de compost también

manifestó un efecto bio fumigante, al disminuir la germinación de semillas, la actividad enzimática y las infecciones ocasionadas por nematodos o por agentes patógenos (*Phythium*, *Fusarium*, *Phytophthora nicotianae* y *Verticillium sp.*).

Asimismo, los residuos de almazara también provocaron efectos depresivos en la formación de nódulos por *Rhizobium leguminosarum*, y alteraciones en la actividad enzimática del suelo (Al-Kahal *et al.*, 2001). Unos efectos depresivos probablemente asociados a la presencia de sustancias fitotóxicas en los residuos.

El efecto positivo en el contenido total de potasio se asoció a una alta relación K:Na, debido a una baja absorción de sodio por la planta. De la misma manera, con la aplicación de 66 t/ha de compost de alperujos se observaron efectos positivos en el contenido de magnesio en hojas de calabacín (*Cucurbita pepo* L.) (Ehaliotis *et al.*, 2005), unos efectos que se relacionaron con el contenido y aporte de estos nutrientes por los residuos de almazara.

Sin embargo, en estos estudios también se observaron menores contenidos de nitrógeno, hierro y boro foliar o contenidos de nitrógeno similares al tratamiento control (Walker y Bernal, 2004). Con estas investigaciones se confirma el bajo aporte de nitrógeno característico de los residuos de almazara. En otros ensayos se constató que únicamente la dosis de 100 t/ha de compost de alperujos más fertilización mineral (300 - 150 - 400 kg/ha de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente) presentó efectos beneficiosos en el aporte de nitrógeno,

así como en unos contenidos aceptables de fósforo y potasio en el cultivo de guisante (*Pisum sativum* L.) (Nogales *et al.*, 2004).

Efectos en el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas Se ha constatado en distintos estudios que la utilización como abono orgánico de los compost elaborados con diferentes residuos puede originar mejoras en el crecimiento y en el rendimiento de plantas cultivadas (Shiralipour *et al.*, 1996). Con los compost de residuos de almazara también se han puesto en evidencia resultados similares. Así, los compost producidos a partir de la mezcla de los alpechines con residuos de algodón, aplicados a dosis de 30 y 60 t/ha, no resultaron fitotóxicos y dieron rendimientos similares a los obtenidos con fertilización mineral en el cultivo de remolacha (*Beta vulgaris* L.) (Paredes *et al.*, 2005).

En la valoración de los composts de alperujos, Walker y Bernal (2004) observaron incrementos significativos en el tamaño de los tallos de col (*Brassica oleracea* L.), los cuales fueron asociados a una mejora en el contenido de potasio y fósforo total, fuertemente relacionado con un contenido de estos elementos en el compost. Sin embargo, con la aplicación del compost no se mejoró significativamente el peso seco de las plantas de col (*Brassica oleracea* L.), y no se observó un efecto residual importante en el crecimiento de las plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Asimismo, los composts de orujos cubrieron satisfactoriamente la demanda de nutrientes sin presentar efectos tóxicos en el cultivo, pero no aumentaron el rendimiento de calabacín (*Cucurbita pepo* L.) (Ehaliotis *et al.*, 2005).

En otros estudios, la aplicación de este tipo de productos se reflejó en un efecto depresivo sobre el crecimiento y desarrollo de flor de pascua (*Euphorbia pulcherrima* L.) (Papafotiou *et al.*, 2004), algo similar a lo observado en el rendimiento de coliflor (*Brassica oleracea* L.) tratado con compost de alperujos (Pomares, 2004), a lo obtenido con la aplicación de alperujos en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) (Aranda *et al.*, 2002) o a lo obtenido con dosis crecientes de orujos (1 a 3 %) en un cultivo de haba (*Vicia faba* L.) (Al-Kahal *et al.*, 2001). Unos efectos depresivos que también fueron observados con la aplicación de residuos sin compostar, con compost inmaduros e incluso con materiales que habían completado hasta 60 días de maduración (Maynard, 1996).

Los extractos acuosos de compost (Diver 2002). Define un “extracto de compost” como un extracto acuoso elaborado con compost o vermicompost en suspensión en agua usualmente obtenido por agitación, que puede ser usado como fertilizante líquido por su contenido en nutrientes solubles. El “té de compost” es un extracto de compost, rico y activado con microorganismos, y que es obtenido a partir de compost después de varios días de maceración en agua, mantenido en agitación y oxigenación o colocado en reposo. El té de compost activado con microorganismos usualmente se aplica para controlar enfermedades ocasionadas por hongos en el sistema radical o en la parte foliar de los cultivos, y en menor medida para mejorar el estado nutricional de las plantas. La efectividad de este tipo de productos está en función de la edad del compost y la naturaleza de los residuos o ingredientes de origen (Labrador, 1996).

-La aplicación de extractos acuosos al suelo los extractos de compost están constituidos por sustancias orgánicas y nutrientes minerales disueltos y fácilmente disponibles para las plantas. Este tipo de extractos aplicados al suelo a razón de 5, 10, 11 y 50 $\mu\text{g C/ml}$ de agua influyeron en la actividad biológica del suelo y favorecieron el desarrollo de microorganismos que intervienen en los ciclos de los nutrientes; en particular promovieron una mayor población de microorganismos reductores de azufre y estimularon la actividad enzimática en el suelo, pero tuvieron nulos efectos en la fijación biológica de nitrógeno (Janzen *et al.*, 1995).

Los mejores resultados se han encontrado con los extractos obtenidos de compost maduros en combinación con la fertilización mineral, con los que se observaron incrementos significativos en el crecimiento de colza (*Brassica napus* L.) bajo solución nutritiva; sin embargo, el efecto promotor de los extractos disminuyó rápidamente a unas proporciones superiores a 1:3 v: v en agua (Keeling *et al.*, 2003). En este mismo sentido, Gramss *et al.* (2003) con extractos de guisante (*Pisum sativum* L.) (9,8 g de peso seco/L de agua) aplicados una sola vez a 0,7 L/kg de suelo en el sistema de riego en diferentes especies cultivadas bajo sistemas de producción ecológica, encontraron que los extractos incrementaron respecto al tratamiento control, el peso fresco de plantas entre un 38 a un 84 %. Asimismo, las plantas tratadas con estos extractos presentaron los mayores contenidos de calcio, potasio, magnesio y nitrógeno orgánico, un bajo contenido de arsénico y níquel, así como un alto valor nutritivo.

Los extractos obtenidos de compost de orujos de vid aplicados al suelo, promovieron un mayor rendimiento y mayores acumulaciones de fósforo en cebolla (*Allium cepa* L.), así como un alto nivel de colonización micorrízica y fósforo disponible en el suelo (Linderman y Davis, 2001). De esta manera, el efecto de los extractos sobre el crecimiento y nutrición de los cultivos es usualmente atribuido tanto a su contenido y aportación de nutrientes como de sustancias húmicas, hormonales y otras sustancias (Gramss *et al.*, 2003).

-La aplicación foliar de extractos acuosos de compost, los extractos de compost en aspersiones foliares han resultado interesantes en el control de enfermedades, un efecto que se ha asociado a su contenido en sustancias fenólicas y en otro tipo de ácidos orgánicos, así como a su contenido de microorganismos beneficiosos. En relación a ello, las aspersiones con extractos de compost mantenidos en agitación o en reposo se han reflejado en un menor daño por *Botrytis*, pero en otros estudios este tipo de productos han dado resultados inconsistentes (Walker, 2004).

Los efectos de las aspersiones foliares sobre la nutrición y el crecimiento de las plantas parece depender tanto de la especie como de las dosis y tipos de productos utilizados para la obtención de los extractos (Alromian y Nassar, 2004). Así, los extractos activados de compost a unas proporciones de 8:1 y 4:1 v:v en agua y aplicados a 1,3 L/m² resultaron más efectivos al aumentar un 24% el rendimiento de fresa (*Fragaria x ananassa*) en comparación con el uso de extractos no activados con microorganismos (Walker, 2004), en tanto que la

aspersión con vermicompost en suspensión en agua a unas proporciones de 1:3 y 1:5 v:v en pimiento (*Capsicum annuum* L.) presentó efectos beneficiosos en el contenido de vitamina C y capsicina, así como en la absorción de fósforo, hierro, cinc, cobre y manganeso (Maheswari *et al.*, 2003, 2004); pero con la aplicación foliar de extractos de residuos sólidos urbanos a unas concentraciones de 1, 2 y 3 % en arugula (*Eruca versicaria* Subsp. *sativa*) y en espinaca (*Spinacia oleracea* L.) se obtuvieron similares rendimientos en peso seco que en un control sin tratamiento foliar (Alromian y Nassar, 2004).

Los organismos patógenos causantes de enfermedades pueden pertenecer a cualquiera de los principales tipos de microorganismos, bacterias, actinomicetos, hongos y protozoos. La mayor parte de estos organismos patógenos prefieren temperaturas por debajo de los 42 °C centígrados ya que normalmente viven a la temperatura corporal del ser humano y animales o a temperatura ambiente de las plantas. La mayor parte morirán si se exponen durante un tiempo a condiciones más severas que las de su ambiente habitual (Dalzell *et al.*, 1991).

IDIAF (2009). Expresa que a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las plantas, manteniendo así la proporción de NPK y CN. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción.

El compost también aporta a la tierra un número importante de bacterias, pero es sobre todo gracias a su riqueza en materia orgánica que favorece a las especies microbianas del mismo suelo (UNED, 1998).

Los organismos presentes durante el proceso de compostaje varían dependiendo de los sustratos y las condiciones del proceso. Bacterias y hongos se encargan de la fase mesófila, especialmente bacterias del género *Bacillus* sp, aunque existen algunos Bacilos termófilos. El 10 % de la descomposición es realizado por bacterias, del 10 -30 % es realizado por actinomicetos (Meléndez & Soto, 2003).

4.4. CALIDAD DEL COMPOST

La calidad de un compost es usualmente determinado por parámetros químicos los cuales dan una determinación exacta de cada sustancia, y los parámetros biológicos los cuales permiten evaluar la estabilidad del compuesto como un todo. Sin embargo, desde el punto de vista práctico la madurez del compost puede ser medido basándose en el potencial de utilización para el propósito agrícola, lo que significa que la calidad del compost puede ser evaluado en función a la producción agrícola y en el mejoramiento de las propiedades del suelo (Kershaw, 1968).

Cómo determinar la calidad del producto final es una de las áreas de mayor investigación en este momento, actualmente los laboratorios de análisis de suelos y foliares han optado por ofrecer como análisis de compost la digestión total, que permite dar información sobre contenidos totales de nutrimentos. Sin embargo se sabe que este análisis sobreestima la disponibilidad de nutrimentos al corto plazo, ya que las tasas de liberación van a ser más lentas. En el cuadro 2.1 se muestra algunas características que debe tener un compost para ser comercialmente aceptable. Otros análisis que se realizan son de germinación, control de enfermedades, contenido de metales pesados y actividad microbiana. (Vandevire y Ramírez, 1995; Salas y Ramírez, 1999).

Cuadro 2.1. Características de un compost comercialmente aceptable

CARACTERÍSTICAS	AMBITO OPTIMO	CARACTERÍSTICAS	AMBITO OPTIMO
N%	>2	P%	0,15 – 1,5
C;N	<20		
CENIZAS	10 – 20	COLOR	CAFÉ – NEGRO
HUMEDAD	10-20 < 40	CICE (meq/100mg	75 – 100

|(Tomado de Paul y Clark 1996)

La importancia del compost como materia orgánica, está dada por la formación de humus que se considera esencial para el mejoramiento de las propiedades de los suelos, siendo estos beneficiados en las labores de maquinaria, aireación de las raíces, solubilidad de elementos, el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y el aporte de micronutrientes, son factores que se combinan para obtener mayores rendimientos de los cultivos y mantener la fertilidad de los suelos (Rynk, 1992).

Al considerar el compost como un abono es importante mencionar que la disponibilidad de nutrimentos (capacidad de ofrecer nutrimentos en forma asimilable para las plantas), va a variar mucho con el tipo de compost, dependiendo de la materia prima utilizada y el grado de madurez del producto final (Meléndez y Soto, 2003).

Según resultados obtenidos en la Universidad de Costa Rica (UNED, 1998) en aboneras con diferentes materias orgánicas como abonera con broza de caña de azúcar, abonera con broza de caña de azúcar y cachaza, y abonera con residuos de naranja obtuvieron los siguientes resultados con relación al nitrógeno: 1,9, 1,5 y 1,2 % de nitrógeno respectivamente.

De acuerdo a Soto (2001) los bajos niveles de nitrógeno en el compost, es una de las principales limitantes para los productores. El manejo del nitrógeno en el proceso de

compostaje se convierte en un elemento clave para el éxito. La madurez y estabilidad son dos términos comunes referidos en la literatura como indicadores de calidad del compost sin embargo sus conceptos aún no están completamente claros y no existe un consenso sobre éstos. Wu, (2000) define la estabilidad como el grado de descomposición de la materia orgánica y madurez como el grado de descomposición de sustancias fitotóxicas producidas durante la fase activa. Ambos términos son importantes en compost porque involucran problemas como contaminación o fitotoxicidad causada por una descomposición incompleta provocando inmovilización del N como consecuencia de las relaciones C/N amplias, daños a raíces por concentraciones de amonio inadecuada, al igual que por la producción de H₂S y NO - bajo condiciones anaeróbicas producto del consumo de oxígeno por la incompleta descomposición. La germinación de semillas también puede afectarse por compuestos fenólicos y ácidos alifáticos producidos durante el proceso de descomposición. Estos compuestos en condiciones de alta pluviosidad y en grandes cantidades pueden producir contaminación de las fuentes de agua.

Otros problemas de la inestabilidad o inmadurez de los compost son los malos olores producidos en el almacenamiento, ya que estos compost inmaduros continúan el proceso de descomposición pero si no hay un adecuado suministro de aire, las condiciones anaerobias llevan a la producción de metano y N₂O, con efectos sobre la atmósfera. Otro problema es la proliferación de moscas con sus consecuencias en la salud humana y animal (Mathur *et al.*, 1993).

Una forma de evaluar la estabilidad/madurez del compost es la prueba de fitotoxicidad a través de la germinación de semilla, elongación de raíces o el crecimiento de plantas en compost solos o en mezcla con el suelo (Morel, 1985). La prueba de germinación presenta desventajas por la diferente susceptibilidad de las semillas utilizadas a varias fitotoxinas (Varnero *et al*, 2006).

A fin de determinar si el abono orgánico a utilizar puede resultar tóxico a plantas, se evalúa la germinación de una planta testigo al utilizar una pasta concentrada de un producto y compararlo con un control. De acuerdo al porcentaje de germinación obtenido, se califica el abono como se detalla en el cuadro 2.2.

Cuadro 2.2. Nivel de toxicidad de un abono orgánico de acuerdo al porcentaje de germinación.

TASA DE GERMINACIÓN	NIVEL DE TOXICIDAD
85-100%	NO TOXICO
70-85%	MODERADAMENTE TOXICO
50-70%	TOXICO
<50%	MUY TOXICO

Tomado de (Godden *et al.*, 1987)

Un enfoque práctico utilizado en el laboratorio de microbiología agrícola resulta en diluir el abono con un suelo o material control. Se evalúa la germinación de una planta testigo en las diferentes muestras y en el control, los resultados se comparan con la germinación del control y se refieren como porcentaje del control. Este análisis presenta la ventaja de que indica a que tasa se puede utilizar el compost en semilleros.

En el cuadro 2.3 se demuestran resultados típicos para tres tipos de abonos orgánicos. Cabe mencionar que se ha observado relación entre el porcentaje de germinación y la estabilidad del material, así, materiales más estables, generalmente presentan mayores tasas de germinación al encontrarse la materia orgánica humificada. Los materiales inestables se encuentran en pleno proceso de descomposición en el que ocurre la liberación de sustancias potencialmente tóxicas a plantas.

Cuadro 2.3. Porcentaje de germinación de diferentes abonos orgánicos analizados en el laboratorio de microbiología agrícola.

TIPO DE ABONO	TASA ABONO SUELO			
	25:75	50:50	75:25	100:0
LOMBRICOMPOST	100	90	88	90
COMPOST	100	85	90	90
BOKASHI	58	10	0	0

Tomado (Hartz *et al.*, 2000)

4.5. ENZIMAS EN PROCESOS DE COMPOST

Las enzimas son proteínas que funcionan como catalizadores biológicos que aumentan la velocidad o rapidez de una reacción química, sin que ella cambie su estructura en el proceso global. La sustancia sobre la cual actúa una enzima se denomina sustrato (Mathews *et al.*, 2002).

Las enzimas pueden ser excretadas de la célula (extracelulares), que son liberadas por el metabolismo o incluso por muerte celular, o pueden estar a nivel intracelular (Kalil *et al.*, 2007).

Las amilasas tienen como sitio de acción los enlaces glicosídicos α 1-4 y α 1-6 del almidón. Durante la degradación del almidón actúan diferentes enzimas como la α -amilasa que hidroliza los enlaces α 1-4 de la amilosa. Las β amilasas, por su parte, actúan sobre los extremos no reductores de la amilosa y la amilopectina, hidrolizando los enlaces glicosídicos alternantes. La pululanasa o isoamilasa hidroliza los enlaces α -1-6 glicosídicos, liberando las ramificaciones de la amilopectina. Durante el proceso de degradación del almidón se generan moléculas de maltosa, que son hidrolizadas por la maltasa generando glucosa (Alexander, 1980)

En el compost se puede encontrar una gran variedad de enzimas, dependiendo del material que se composte. En un estudio realizado por Cayuela *et al.*, (2007) se encontró que en pilas de compost elaboradas a partir de los lodos residuales de la extracción del aceite de oliva enzimas como la β - glucosidasa, fosfatasa alcalina, ureasa, fosfatasa ácida y arilsulfatasa. Por otra parte, en un estudio realizado por Mayende *et al.*, (2006) se obtuvieron celulasa y polifenol oxidasas producidas por *Bacillus spp.* Encontrado en un compost elaborado con desechos de jardín; y Peláez *et al.*, (2004) se encontraron fosfatasas, invertasas, amilasas, proteasas y deshidrogenasas en un compost a base de aserrín y gallinaza.

La actividad enzimática de un inoculante para compost, es usualmente determinada por técnicas colorimétricas, que miden la cantidad de azúcares reductores presente en una matriz. Dentro de dichas técnicas la más empleada es la del ácido dinitrosalisílico (DNS), sin embargo, Deng y Tabatabai (1994) afirman que este método no es lo suficientemente específico ni sensible, luego de haberlo comparado con otros métodos colorimétricos como Azul de Prusia y Somogyi- Nelson.

4.6. SISTEMAS DE COMPOSTAJE

El sistema de compostaje a usar influirá directamente a la calidad del producto (De Bertoldi *et al.*, 1985; Miller *et al.*, 1982). Como termino general decimos que si controlamos el proceso, al final obtendremos un mejor producto aunque su costo va a ser mayor.

El compostaje es una tecnología muy flexible, susceptible de adaptarse a las circunstancias concurrentes en cada caso, desde pequeños volúmenes de residuos orgánicos (huerto familiar, finca agropecuaria, etc.) hasta las enormes cantidades generadas diariamente en las grandes ciudades.

Existe un cierto número de sistemas de compostaje, que pueden agruparse en abiertos y cerrados. En los sistemas cerrados, la degradación se realiza en el interior de unos reactores sometidos a unas condiciones aeróbicas. Las principales ventajas de estos sistemas radican en la rapidez del proceso y en la reducción de los efectos contaminantes, ya que los gases causantes de los malos olores pueden eliminarse mediante adsorción (biofiltros) o tratamientos químicos. Como principales inconvenientes cabe indicar tanto el alto costo de adquisición de los equipos, como la dificultad de su mantenimiento.

Los sistemas abiertos son los más económicos y fáciles de gestionar, por lo que están al alcance de cualquier colectivo y, por tanto, son los más utilizados. En este tipo de sistemas, los residuos orgánicos no se depositan en el interior de reactores, más bien se distribuyen en pilas o montones al aire libre o bajo cubierta, y la aireación se realiza con volteos regulares en forma manual o con el uso de maquinaria. También se pueden usar sistemas más tecnificados en pilas estáticas que dispongan de sistemas de inyección o de extracción de aire, con los que se busca acelerar el proceso de descomposición de los residuos orgánicos (Rynk y Richard, 2005).

El uso de pilas con volteos regulares ha resultado ser el método más adecuado para el procesamiento de los residuos sólidos y semisólidos de almazara (Cegarra *et al.*, 2006). Con este método durante el compostaje de los residuos de almazara se han mostrado parámetros de evolución y características aceptables de los productos finales (Canet *et al.*, 2002; García *et al.*, 2003 a; Paredes *et al.*, 2005), en unos niveles comparables con los obtenidos en sistemas de pilas estáticas con aire forzado y volteos regulares (Cegarra *et al.*, 2006; Albuquerque *et al.*, 2006 a, 2006 b). Éste último si bien es un sistema que acelera la descomposición de los residuos (Cegarra *et al.* 2006), también requiere de una mayor inversión, que puede encarecer el proceso.

Se tienen que medir aspectos técnicos, económicos y sociales antes de elegir uno. Los sistemas de compostaje se dividen en 2 grupos: Sistema abiertos y cerrados. Los sistemas abiertos se dividen a su vez en función de la aireación en dos grupos: pilas volteadas periódicamente y pilas estáticas.

4.6.1. Sistema de pilas volteadas: En este sistema se forman pilas de 2-4 m de altura por 3-6 m de ancho de la base con sección trapezoidal (Trostrup, 1988). La pila se airea por movimiento y difusión del aire por convección volteándolas periódicamente, mediante palas de carga frontal o máquinas especiales, para exponer la materia orgánica al oxígeno ambiental (Haug, 1979).

4.6.2. Sistema de pilas estáticas: En este sistema se forman pilas de 3 a 6 m de altura que permanecen sin moverlas. La aireación forzada procede de un sistema de tuberías colocado bajo las pilas por el cual circula aire bombeado o aspirado por uno o varios compresores, es un sistema eficaz ya se puede controlar temperatura, O₂, humedad (Trostrup, 1988).

4.6.3. Sistemas cerrados: Se realiza en contenedores cerrados o biodigestores, se puede con este sistema controlar las condiciones ambientales, el sistema de aireación se produce por reactores que agitan la masa (Haug, 1979).

4.7. EL COMPOST COMO ABONO

La preferencia en la utilización del compost como fuente de nutrientes para los cultivos en lugar de residuos frescos como excretas de animales, se debe a la disminución de olores (Miller, 1982), efectos tóxicos sobre los cultivos, disminución en la contaminación de aguas y eliminación de patógenos y semillas de malezas que se logra con el compost (Rynk, 1992).

Sin embargo es claro que la velocidad con que los residuos frescos entregan nutrientes es más rápida que un compost (Castellanos y Pratt, 1981). Esto es una ventaja si las demandas de los cultivos son inmediatas, pero se debe considerar los riesgos ya mencionados.

Los productos de procesos de compostaje incompletos como el bocashi aportan más nutrientes al corto plazo que un compost terminado, además de que incorporan una población microbiana diversa para continuar el proceso de descomposición en el campo, con los riesgos de calentamiento en el suelo que deben ser manejados (Soto, 2001). Abonos orgánicos con abundante macro materia orgánica como el bocashi o excretas frescas semi composteadas son recomendados a los productores al iniciar el período de transición entre producción convencional intensiva y producción orgánica, ya que mantienen una tasa de liberación más rápida que un compost.

Por otro lado, la aplicación de un material que aporte sus nutrientes a una velocidad más lenta puede ofrecer ventajas como menor pérdida por lixiviación y volatilización y una fuente de nutrientes a largo plazo. Sobre efecto en las características químicas del suelo Clark *et al.*, (1998) evaluaron durante 4 años los efectos de la aplicación de fertilizantes sintéticos y orgánicos encontrando incrementos en las concentraciones de C, P, K, Ca y Mg en los sistemas que recibieron abonos orgánico.

4.8. MADUREZ Y ESTABILIDAD DE COMPOST

Estos dos términos son comunes en la literatura sin embargo sus conceptos aún no están completamente claros y aún no existe un consenso sobre éstos. Wu *et al*, 2000) definen estabilidad como el grado de descomposición de la materia orgánica y madurez como el grado de descomposición de sustancias fitotóxicas producidas durante la fase activa. Ambos términos son importantes en compost porque involucran problemas como contaminación o fitotoxicidad causada por una descomposición incompleta provocando inmovilización del N como consecuencia de las relaciones C/N amplias, daños a raíces por concentraciones de amonio inadecuada, al igual que por la producción de H₂S y NO₂- bajo condiciones anaeróbicas producto del consumo de oxígeno por la incompleta descomposición. La germinación de semillas también puede afectarse por compuestos fenólicos y ácidos alifáticos producidos durante el proceso de descomposición. Estos compuestos en condiciones de alta pluviosidad y en grandes cantidades pueden producir contaminación de las fuentes de agua.

Otros problemas de la inestabilidad o inmadurez de los compost son los malos olores producidos en el almacenamiento, ya que estos compost inmaduros continúan el proceso de descomposición pero si no hay un adecuado suministro de aire, las condiciones anaerobias llevan a la producción de metano y N₂O, con efectos sobre la atmósfera. Otro problema es la proliferación de moscas con sus consecuencias en la salud humana y animal (Mathur *et al.*, 1993).

4.8.1. Pruebas empleadas para evaluar estabilidad / madurez:

- 4.8.1.1. Relación C/N: La relación ideal de C/N esta alrededor de 10, sin embargo, la disponibilidad del C en esta relación depende del tipo de compuesto en que predomine el C, como lignina, polisacáridos, lo cual determina la resistencia a la descomposición y por lo tanto la disponibilidad de N.
- 4.8.1.2. Relación $\text{NH}_4^+ \text{-N} / \text{NO}_3^- \text{-N}$ en extractos acuosos: Un compost inmaduro tendrá más niveles de amonio que de nitratos, se ha hallado que en compost maduros la relación $\text{NH}_4^+ \text{-N} / \text{NO}_3^- \text{-N}$ en extractos acuosos varía entre 0,03 a 18., 9 (Hirai *et al.*, 1983).
- 4.8.1.3. Indicadores de humificación: El humus formado por el compostaje puede ser extraído con álcali, hidróxido de sodio, o pirofosfato sódico. El humus extraído puede ser medido por oxidación de su carbono. Expresado como un porcentaje del carbono total, el carbono húmico extraído es llamado tasa de extracción. Sin embargo, este valor, varía entre materiales, por ejemplo, materiales ricos en lignina tienden a ser producir más humus que materiales pobres en ésta. Además, la extractibilidad está influenciada por la madurez del compost, y la influencia de materiales arcillosos y metales con los cuales forma complejos insolubles. Por lo cual, la cantidad de humus extraíble no es un buen indicador para todos los tipos de compost (Morel *et al.*, 1985).

Evaluar la estabilización de materia orgánica es una prioridad necesaria para el control de la eficiencia del proceso de compostaje. La fase activa del proceso está caracterizada por una intensa actividad microbiana la cual asegura la estabilidad de la materia orgánica en la fase de maduración lo que evita la presencia de compuestos fácilmente descomponibles que pueden causar por ejemplo toxicidad. Esto lleva que la determinación de ácidos húmicos durante el proceso puede ser un buen indicador o puede generar información acerca de la eficiencia del proceso (Harai *et al.*, 1983).

Actualmente existe un nuevo método analítico para la determinación de sustancias húmicas. El método fue usado en el desarrollo de un nuevo índice para la medición de la materia orgánica estabilizada y humificada. El índice es, el OMEI (Índice de evolución de materia orgánica) que es un método basado en de mejoramiento del índice de estabilidad (SI). En un ensayo de compostaje utilizando tratamientos con peciolos y semillas de aceitunas se encontró que comparando el índice de evolución de ácidos húmicos, el grado de humificación, la tasa y el índice de humificación mostraron que la madurez del compost fue alcanzado alrededor de los 2 meses, la biosíntesis de las moléculas húmicas fue alcanzada después de tres meses de composteado. Una consideración similar puede ser hecha para la relación C/N y el consumo de oxígeno.

- 4.8.1.4. Prueba de actividad microbial: Aunque el compost es un producto estable, su descomposición continúa a una tasa lenta, no obstante si aún persisten compuestos fácilmente degradables la actividad microbial se incrementa (Vandevivere y Ramírez, 1995; Salas y Ramírez, 1999)
- 4.8.1.5. Capacidad de Intercambio de Cationes: el compost tiene una alta capacidad de adsorción físico química de cationes que se incrementa durante el proceso de humificación (Hirai, *et al*, 1981) encontró que la CIC de un compost de desechos urbanos se incrementó de 40 meq/100 g a 70 meq/100 g luego de 5 semanas de compostaje y finalizó en 80 meq/100 g durante su estado maduro. Sin embargo, una gran variación entre compost fue hallada por Ingham, E. (1998) entre 25 muestras de compost, la CIC varió desde 36 a 228,6, además de esta variabilidad, la CIC puede afectarse por el bloqueo de sus sitios de intercambio por iones como Cu, Fe y Al, siendo estas las principales desventajas de esta prueba.
- 4.8.1.6. Prueba de fitotoxicidad: La determinación del índice de germinación indica la presencia de sustancias fitotóxicas y se considera internacionalmente como uno de los ensayos para determinar la madurez de un compost (Varnero *et al*, 2006)
- 4.8.1.7. Métodos respirométricos: Estos estudian la demanda de oxígeno del compost que disminuye durante el proceso según se reduce la actividad microbiana. Se basan

en medidas directas de la absorción de oxígeno (Pressel y Bidlingmaier, 1981) o desprendimiento de anhídrido carbónico.

- 4.8.1.8. Métodos de análisis bioquímicos: Estos se basan en la medida de la evolución de la actividad enzimática que es función de la actividad celular (Inbar *et al.*, 1990)
- 4.8.1.9. Grado de descomposición: Se establece mediante la cuantificación de la materia orgánica hidrolizable con ácido sulfúrico y que disminuye a lo largo del proceso (Godden *et al.*, 1987)
- 4.8.1.10. Variación del contenido en polisacáridos: El grado de madurez de un compost puede determinarse por el contenido en polisacáridos, que disminuye durante el proceso por la acción de los distintos microorganismos que intervienen en el proceso (Iglesias y Pérez, 1992)

4.9. PATOGENOS DESCRITOS POR EPA

Uno de los propósitos de los tratamientos de desechos es reducir o inactivar los patógenos capaces de causar enfermedad humana. Cuando se evalúan las muestras ambientales por la presencia de patógenos, es recomendable incluir análisis de organismos indicadores como

coliformes fecales y *Escherichia coli*. Debido a que es muy raro aislar patógenos entéricos en ausencia de contaminación fecal, se utiliza el grupo coliformes fecal como indicador de este tipo de contaminación. El grupo coliformes consiste en muchos géneros de bacterias que pertenecen a la familia Enterobacteriaceae. Este grupo se define como bacilos anaerobios facultativos, gram negativos, no formadores de esporas que fermentan la lactosa con producción de gas y ácido a 35°C dentro de 48 horas cuando se realiza la técnica de tubos múltiples para su determinación. Estos organismos se encuentran presentes en el tracto intestinal de animales, en el suelo, hojas y frutos. El grupo coliformes fecales incluye organismos únicamente presentes en el tracto intestinal, metodológicamente se recurre al uso de temperaturas elevadas para distinguir este grupo de microorganismos (Clesceri, *et al.*, 1998)

Escherichia coli: Esta bacteria es un miembro del grupo de coliformes fecales y es un habitante normal de la flora microbiana intestinal de animales de sangre caliente. Su presencia en las muestras indica por lo tanto la presencia de contaminación de origen fecal y la posible presencia de patógenos (Clesceri, *et al.*, 1998).

Salmonella: cerca de 2000 serotipos causan enfermedad en humanos, se adquiere por ingerir alimentos, agua y leche contaminada con excretas humana o animal. Los miembros del género *Salmonella* producen infecciones en humanos y en algunos animales, son Gram negativos, facultativos anaeróbicos Actualmente se designa *Salmonella* entérica dividida en

siete subgrupos designados como subespecies. El subgrupo I incluye especies que causan enfermedades en humanos. (Clesceri, *et al.*, 1998; Mahon y Nanuselis, 2000).

4.10. PATOGENOS DE PLANTAS

El compostaje es un proceso microbiano constantemente cambiante producido por las actividades de una sucesión de varios grupos de microorganismos, cada uno de los cuales es apropiado para un medio y de duración relativamente limitado (Dalzell *et al*, 1991).

4.11. LOS EM.

Rodríguez, (2009) manifiesta que los microorganismos eficientes (EM) fueron desarrollados en la década de los 70 por el profesor Teruo Higa de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Teóricamente este producto comercial se encuentra conformando esencialmente por tres diferentes tipos de organismos: levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias fotosintéticas, las cuales desarrollan una sinergia metabólica que permite su aplicación en diferentes campos de la ingeniería, según sus promotores. PIEDRABUENA, (2003) indica que los EM son una combinación de microorganismos beneficiosos de cuatro géneros principales: Bacterias fototróficas, levaduras, bacterias productoras de ácido láctico y hongos de fermentación. Estos microorganismos efectivos cuando entran en contacto con materia orgánica secretan

substancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales quelatados y fundamentalmente sustancias antioxidantes, a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus.

Salgado, D (2006). Indica que los microorganismos efectivos o EM son un cóctel de bacterias fotosintéticas o fototróficas (*Rhodospseudomonas* sp.), bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus* sp.) y levaduras (*Saccharomyces* sp.). Los EMAs ha sido ampliamente utilizados en el sector agropecuario tanto en suelos y cultivos como en producción animal, tratamiento de residuos orgánicos y aguas residuales, reducción drástica de plagas (moscas), eliminación de olores molestos producidos por la descomposición de excretas y orina, siendo aprobado en varios e importantes países, entre ellos los Estados Unidos, cuyo Departamento de Agricultura incluyó a todos los microorganismos presentes en el EMTM, dentro de la categoría de G.R.A.S. (Generally Recognized As Safe)

Biosca (2001). Indica que los microorganismos eficientes actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. Cuando los microorganismos eficientes incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los

ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos. Además reduce la incidencia de enfermedades y estrés en el animal por el mejoramiento de las líneas celulares de defensa a causa de los antioxidantes generados por los EMAs, incidiendo en la disminución del requerimiento de medicamentos (vitaminas, antibióticos y agentes hormonales). Aumenta la conversión de alimento y ganancia de peso, al enriquecer los microorganismos ruminales.

Hurtado, (2001) expresa que los EM viene únicamente en forma líquida y contiene microorganismos útiles y seguros. No es un fertilizante, ni un químico, no es sintético y no ha sido modificado genéticamente. Este se utiliza junto con la materia orgánica para enriquecer los suelos y para mejorar la flora y la labranza. Dichos microorganismos se encuentran en estado latente y por lo tanto se utiliza para hacer otros productos secundarios de microorganismos eficientes, también manifiesta que los microorganismos eficientes autóctonos actúan de manera que toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los microorganismos eficientes para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas.

IDIAF (2009). Expresa que a través de los efectos antioxidantes promueven la descomposición de la materia orgánica y aumentan el contenido de humus. Los efectos antioxidantes de estos microorganismos pasan directamente al suelo e indirectamente a las

plantas, manteniendo así la proporción de NPK y CN. Este proceso aumenta el humus contenido en el suelo, siendo capaz de mantener una elevada calidad de la producción.

4.11.1. Tipos de organismos presentes en los EM Bacterias Ácido Lácticas.-

Biosca, (2001) manifiesta que estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. Ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca (García, 2004).

Dentro de los microorganismos que conforman el multicultivo Em lo más abundantes son las bacterias ácido lácticas. Estos microorganismos producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos generados por bacterias fotosintéticas y levaduras, como parte de su metabolismo. El ácido láctico es un componente con propiedades bactericidas que pueden suprimir a los microorganismos patógenos (Rodríguez Palenzuela, 2009), mientras ayuda a la descomposición de la materia orgánica incluso en los casos de compuestos recalcitrantes como la lignina o la celulosa, ayudando a evitar los efectos negativos de la materia orgánica que no puede ser descompuesta.

No se tiene gran información precisa de la forma por la cual actúa las bacterias ácido lácticas en el tratamiento de las aguas contaminadas pero teniendo en cuenta sus características se plantea disminuir el pH se genera una inhibición de patógenos. Sin embargo, no sólo el ácido láctico es responsable de los efectos antimicrobianos generados por los lactobacilos. En el estudio realizado por Kelly *et al.* (1998), se determinó que parte del comportamiento antagónico frente a los patógenos del ácido láctico se debía a la producción de péptidos antimicrobianos y compuesto bajo el peso molecular, como la bacteriosina clase I, y la nisina, péptido de 34 carbonos que es activo frente a la mayoría de las bacterias Gram positivas.

En lo que se refiere a los requerimientos de crecimiento para el grupo de las bacterias ácido lácticas se encuentran como generalidades que estas son bacterias microaerofílicas, razón por la que se debe procurarse que la incubación se realice una atmósfera con 5 % de CO₂. Por lo general, para su crecimiento se emplean una incubación de 3 días a 37°C o hasta 5 días a 30°C, puesto que son microorganismos de crecimiento relativamente lento a sus rendimientos metabólicos dependen de la temperatura directamente (MERCK 2008).

4.11.2. Bacterias Fotosintéticas.- Biosca, (2001) indica que son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuente de energía. Las sustancias

sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros microorganismos eficientes. EARTH (2008), expresa que estas bacterias funcionan como un componente importante del EM, ayudan a mantener el balance con otros microorganismos benéficos.

Dentro de gremio de organismos fotosintéticos que hacen parte EM se encuentra *Rhodospirillum rubrum*. Estas son bacterias fototróficas facultativas clasificadas dentro de las bacterias púrpuras no de azufre, el cual comprende un grupo variado, tanto en morfología, filogenia y su tolerancia a diferentes concentraciones de azufre.

Son microorganismos capaces de producir aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas como hormonas, vitaminas y azúcares empleados por otros microorganismos, heterótrofos en general, como sustratos para incrementar sus poblaciones (Vivanco, 2003).

R. rubrum es encontrada comúnmente en suelo y aguas y posee un metabolismo muy versátil al degradar y reciclar gran variedad de compuestos aromáticos, como bencénicos de varios tipos encontrados en el petróleo, lignina y sus compuestos constituyentes y por lo tanto está implicado en el manejo y reciclaje de compuestos carbonados. No solo puede convertir CO₂ en material celular, sino también N₂ en amonio y producir H₂ gaseoso. Crece

tanto en ausencia como en presencia de oxígeno (García, 2004) .En ausencia de oxígeno, prefiere obtener toda su energía de la luz por medio de la fotosíntesis, crece y aumenta su biomasa absorbiendo CO₂ pero también crecer degradando compuestos carbonados tóxicos y no tóxicos cuyo el oxígeno está presente llevando a cabo respiración

Este microorganismo presenta un crecimiento fototautotrófico con H₂ sulfuro y tiosulfato como donadores de electrones en presencia de pequeñas cantidades de extracto de levadura. Su crecimiento fotoheterótrofico es posible con varios sustratos orgánicos como azúcares simples y complejos. El sulfato puede ser usado como la única fuente de azufre, mientras que el amonio, dinitrogeno, algunos aminoácidos, y en algunas cepas el nitrato, puede ser usado como fuente de nitrógeno. Como factores de crecimiento requiere de p-aminobenzoato y, algunas cepas biotina. Su crecimiento óptimo ocurre a una temperatura de 30-37°C y Ph 6,9 (rango 5,5-8,5) . En ocasiones no se hace uso de Rhodospseudomonas porque no se conoce detalladamente su metabolismo. Sin embargo, estas bacterias se han utilizado tanto en cultivos puros como mixtos para evaluar su actividad metabólica (Kyun *et al.* 2004).

Debido a la gran variedad de rutas metabólicas que puede llegar a tomar este microorganismo según sus necesidades y condiciones ambientales, como parte del mismo produce una serie de enzimas y coenzimas según sea el caso, dentro de las que se encuentran amilasas, hidrolasas y proteasas, así como ubiquinonas y la coenzima Q10 , las cuales participan directamente en los procesos de remoción de sulfuro de hidrógenos, nitrato,

sulfato, sulfito, hidrocarburos, halógenos y nitratos reduciendo de esta forma la demanda biológica de oxígeno (Cetinkaya. 1999).

Teniendo en cuenta las condiciones de crecimiento para la bacteria fototrófica *R. palustris*, así como los estudios reportados por Honda *et al.*, (2006), en donde se optimiza el crecimiento de estos microorganismos bajo condiciones de anaerobiosis para el tratamiento de AR, se considera que las poblaciones de estos microorganismos pueden llegar a adaptarse de forma exitosa a las condiciones que presenta las ARD.

4.11.3. Levaduras.- Biosca, (2001). Indica que estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomiceto. EARTH (2008). Manifiesta que la levadura ayuda a fermentar la materia orgánica y contiene vitaminas y aminoácidos.

El tercer grupo dentro de los gremios de microorganismos presente en EM son las levaduras. Todos los miembros de *Saccharomyces* emplean diversas fuentes de carbono y energía. En primer lugar se encuentra la glucosa y al sacarosa, aunque también pueden emplearse fructuosa, galactosa, maltosa y suero hidrolizado, ya que *Saccharomyces* no puede asimilar

lactosa. También puede utilizarse etanol como fuente de carbono. El nitrógeno asimilable debe administrarse en forma de amoníaco, urea o sales de amonio, aunque también se puede emplear muestra de aminoácidos. Ni el nitrato ni el nitrito puede ser asimilados (Harvey *et al.*, 1985).

Estos microorganismos sintetizan sustancia antimicrobianas a partir de azúcares y aminoácidos secretados por bacterias fotosintéticas, también producen sustancia bioactivas como hormonas y enzimas que son sustancias empleadas por las bacterias ácido lácticas presentes en el EM (Acara, 2006.).

4.11.4. Actinomicetes.- APNAN, (2003) manifiesta que funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biácidas), benefician el crecimiento y actividad del *Azotobacter* y de las micorrizas. Los actinomicetos actúan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos.

4.11.5. Hongos de Fermentación.- IDIAF (2009). Manifiesta que el mejor uso de EM en agricultura depende de la zona, la calidad del suelo, el clima, los métodos de cultivo y la irrigación, entre otros factores. Con la aplicación de EM el suelo retiene más agua. Este cambio implica una mejora de los cultivos que incrementan su resistencia al estrés hídrico en épocas de sequía o en suelos más arenosos. Esta mejora viene dada tanto por el incremento de materia orgánica en el suelo, reduciendo la porosidad, como consecuencia de la actividad

microbiana, como por el equilibrio iónico que aporta EM al suelo, favoreciendo así la interacción de las cargas superficiales de la estructura física del suelo con las cargas iónicas del agua.

El uso de EM incrementa tanto el crecimiento como la productividad del cultivo. Los principales beneficios para los cultivos se originan en el mantenimiento de la materia orgánica durante la etapa de crecimiento. Los macro y micronutrientes solubles están más disponibles a causa de la rápida descomposición de las macromoléculas que los liberan.

En el cuadro 2.4 se muestran las clases de microorganismos presentes en un proceso de compostaje y producto terminado.

Cuadro 2.4. Clases y concentración de microorganismos presente en los compost.

CLASES DE MICROORGANISMOS "EMA"	VOLÚMENES POR CENTÍMETRO CÚBICO (cc)
<i>Streptomyces albus albus</i>	10 ⁵
<i>Streptomyces albus albus</i>	10 ⁵
<i>Rhodopseudomonas sphaeroides</i>	10 ⁵
<i>Lactobacillus plantarum</i>	10 ⁵
<i>Propionibacterium freudenreichii</i>	10 ⁵
<i>Streptococcus lactis</i>	10 ⁵
<i>Streptococcus faecalis</i>	10 ⁵
<i>Aspergillus oryzae</i>	10 ⁵
<i>Mucor hiemalis</i>	10 ⁵
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	10 ⁵
<i>Cándido utilis</i>	10 ⁵

Tomado (Hartz *et al.*, 2000)

4.11.6. En semilleros.- Silva (2009). Indica que existe aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico, aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia

de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal. Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

4.11.7. En las plantas.- También Manifiesta que genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades, consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades, incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos, y promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas. Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

4.11.8. En los suelos.- Silva (2009). Expresa que los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se enmarcan en:

4.11.8.1. Efectos en las condiciones físicas del suelo:

Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta

manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.

4.11.8.2. Efectos en las condiciones químicas del suelo:

Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los 12 mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical. Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

4.11.9. Condiciones ideales para el uso de microorganismos eficientes autóctonos. - Moa (2003). Manifiesta que el EM se compone de seres vivos; por lo tanto, no deberá ser utilizado de la misma manera que los químicos y los agrotóxicos, pues esto tenderá a reducir su eficacia. Nunca debe ser diluido con agrotóxicos o fertilizantes. Debe tenerse sumo cuidado en su manejo, para asegurar su fijación al suelo. En caso de tener que utilizar agua clorada, se debe colocar dentro de un recipiente o tanque de captación y dejarla en reposo por un periodo de 12 horas, de manera que el cloro se volatilice, y no interfiera con el accionar de los microorganismos.

Los microorganismos son muy sensibles a las sequías, por eso durante el verano, cuando el sol es más fuerte, la aplicación deberá ser hecha al atardecer, o en días nublados. Las condiciones ideales para la aplicación serán antes o después de las lluvias, cuando el suelo está húmedo. El uso del EMA diluido es conveniente hacerlo en un periodo máximo de tres días. En caso de tener que aplicar EMS a nivel foliar, se deberá hacer la dilución con agua de buena calidad, hasta llegar a una dilución con un pH en torno a los 6,5., si este fuera mayor utilizar; por ejemplo, vinagre para disminuir el pH.¹³ Los materiales porosos mejoran el suelo, física y químicamente, aumentan la capacidad de retención de nutrientes. Moa (2003).

4.11.10. Duración y conservación de microorganismos eficientes autóctonos.-, El EMA tiene una duración aproximada de 6 meses a partir de la fecha de envasado, es conveniente almacenarlo en un lugar donde la temperatura sea constante, en la que haya poca variación de temperatura entre el día y la noche, y que sea fresco y oscuro y con poca luz. No es aconsejable almacenar el EM en invernaderos porque durante el día habrá grandes variaciones de temperatura. En el caso en que el EM presente mal olor, no deberá ser utilizado. Podría haber variaciones en la coloración (color té más oscuro o más claro) debido a la materia prima, no variando por ello la calidad del producto. Moa (2003)

CAPÍTULO V.

5. DESAROLLO METODOLÓGICO

5.1. UBICACIÓN.

El presente trabajo, que tuvo una duración de cinco meses comprendido entre febrero y agosto del 2013 y se lo realizó en la unidad de compostaje del Departamento de Medio Ambiente de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, ubicada entre las coordenadas 0°57'35'' de Latitud Sur y 80°43'02'' de Longitud Oeste, a una altitud de 6 msnm. La ULEAM se encuentra en la ciudad de Manta-Manabí-Ecuador, que tiene una precipitación promedio anual de 210 mm y temperaturas promedio de 26° en época lluviosa y 24° en periodo seco (ULEAM, 2012).

5.2. PROCEDIMIENTOS:

A. Delineamiento experimental.

- Factor en estudio.
- Fuente de biopreparado (inoculo)

Niveles del factor

- Biopreparado comercial (E.M. Agearth)
- Biopreparado autóctono (ESPAM M.F.L.)

Tratamientos

Los niveles del factor fueron las variantes en estudio, más un testigo (sin inoculación de microorganismos).

Unidad experimental

Lo constituyó una compostera (tipo cajón) con dimensiones de 50 cm ancho x 2 m largo x 20 cm alto que contenían 27 kg de mezcla de material compostado. En total se realizaron nueve composteras.

Diseño experimental

Para el establecimiento del ensayo se empleó un Diseño Completamente al Azar y tres replicas por tratamiento. El procesamiento estadístico de los resultados se lo realizó con ADEVA en las variables que lo permitieron, además se realizó categorización estadística mediante prueba de media de tukey en las variables que tuvieron significación estadística.

B. Compostaje

Materiales compostados.-Se emplearon residuos orgánicos de los bares de la Uleam, que básicamente estuvieron compuestos de cascaras de hortalizas, residuos de cocina, cascaras de frutas, además se incorporó residuos vegetales de las áreas verdes.

Elaboración de pilas de compostaje.- Previo la elaboración de la pila, se determinó la relación C/N de los materiales compostados para conseguir que la mezcla tenga una relación 25:1, definido los volúmenes de cada componente se procedió a depositar capas alternadas (residuos orgánicos de áreas verdes-residuos orgánicos de bares), en su orden. Se adicionó agua hasta alcanzar una humedad de alrededor del 65%. En cada compostera se depositó 27 kg de residuos orgánicos.

Inoculación de biopreparado

En cada capa de residuo orgánico se inoculó el biopreparado correspondiente, el cual tenía una mezcla de 540 mL de la fuente de microorganismos (comercial-ESPAM) + 540 mL de melaza + 4920 mL de agua = 6000 mL de dilución/tres composteras de cada variante.

C. Manejo de la pila de compostaje

- Se adiciono agua periódicamente para mantener una humedad del 50%, para que exista una actividad microbiana ideal.
- Se registró el pH. Utilizando el ph-metro.
- Se tomó la temperatura cada tres días durante todo el proceso del compostaje. Se empleó el termómetro punzón.
- El primer volteo se lo realizó a los 15 días en cada compostera y luego cada 8 días con la intención de regular temperatura, humedad y pH, para este fin se usó una pala.

- Se realizó la cosecha del compost, cuando se percibió un olor agradable a bosque, el compost presentó un color negro/marrón y el termómetro marcó una temperatura ambiente en la pila. Luego se tomaron muestras de todas las composteras y se enviaron al laboratorio de Bromatología y Química
- Ambiental de la ESPAM MFL para determinar parámetros físico-químicos (anexo 10).

D. Prueba fitotoxicidad.

A los treinta días del compostaje se realizó la primera prueba de germinación, para lo cual se tomó muestra de cada una de las composteras y se la incorporó en los cubículos de las bandejas germinadoras, luego se colocaron 100 semillas de frejol caupi en igual número de cubículos. Al cabo de 10 días se registró el número de semillas germinadas y el peso total de la biomasa.

Una segunda prueba de germinación se realizó al final del proceso de compostaje procediendo de igual manera que en la primera.

E. Datos tomados y método de evaluación

1. En las pilas de compostaje.- Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Temperatura.- La medición se hizo cada tres días con un termómetro tipo punzón.

Humedad.- Se tomaron muestras de las 9 composteras y fueron pesadas para luego secarlas a 70 °C ± 5 °C por 24 horas. A continuación se pesó la masa en gramos de la muestra seca. El cálculo de la humedad se realizó según la siguiente ecuación.

$$H\%=(A-B)/A*100$$

H.- Contenido de agua en base a la muestra humedad.

A.- Masa en gramos de la muestra húmeda.

B.- Masa en gramos de la muestra seca.

pH. La determinación se lo realizó con la ayuda de un pH-metro; cada tres días se tomaron 4 muestras en forma de zigzag dentro de cada compostera.

2. En el compost

Una vez cosechado el compost se tomó una muestra de 200 g por replica de cada tratamiento, que fue enviada al laboratorio de la ESPAM MFL para determinar los siguientes parámetros

MO, C/N, N, P, K, B, Cu, Mn, Fe, Zn y fibra.

También se procedió a tomar una muestra/compostera, de la misma forma que la variable anterior para determinar la presencia o no de agentes patógenos (E. coli, salmonelas, coliformes totales)

5.3. MARCO LÓGICO

OBJETIVOS	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p><u>FIN</u> Producción de compost a partir de residuos orgánicos inoculados con microorganismos aceleradores del proceso de compostaje.</p>	Compost obtenido	Informe final	Variables intervinientes incontrolables
<p><u>PROPÓSITO</u> Evaluar la eficiencia de dos grupos de microorganismos (comercial importado y autóctono de la ESPAM)</p>	Nivel de descomposición de los residuos orgánicos	Reportes de laboratorios de bromatología y microbiología	Uso de técnicas de laboratorio inadecuadas
<p><u>COMPONENTES</u> 1.- Caracterizar la composición física química de los materiales compostados.</p>	Realizar análisis de los materiales a compostar (residuos vegetales)	Laboratorio de bromatología.	Con los resultados de los análisis obtenidos proceder a la elaboración de compost.
<p>2.- Establecer el tiempo en que se logra la estabilidad y madurez del compost.</p>	Llevar una secuencia de tiempo en que se logra la estabilidad y madurez.	Toma de datos de (pH, humedad, temperatura, color y olor).	Análisis de los datos tomados.
<p>3.- Caracterizar físico-químico y biológicamente el compost obtenido.</p>	Tomar muestras representativas	Laboratorios	Obtención de los resultados esperados

CAPITULO VI.

DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

A. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL MATERIAL COMPOSTADO

La cosecha del compost se lo realizó a las 7 semanas, en este tiempo al producto final se le percibió un olor agradable a bosque, color negro/marrón.

Luego de esto se lo llevo a los laboratorios de la ESPAM. Para los análisis respectivos (ver anexos)

B. PARÁMETROS DURANTE EL COMPOSTAJE

1. Temperatura

La temperatura no fue influenciada por el factor en estudio durante el periodo de compostaje a excepción de la tercera semana (cuadro 6.1) donde el valor de temperatura del testigo difiere estadísticamente de las variantes en estudio; esto marca el descenso de las temperaturas en todas las pilas, lo cual puede deberse a la poca altura de las aboneras y que el material es de fácil descomposición y por tanto los microorganismos cumplieron con su función básicamente durante las tres primeras semanas del compostaje, transformando los materiales solubles y de elevada disponibilidad (azúcares, aminoácidos) a través de la acción de poblaciones de bacterias y hongos mesófilos, cuando la temperatura alcanza alrededor de los 40 °C y se desarrollan también los primeros actinomicetos, los cuales realizan elevadas tasas de degradación como lo manifiestan Goyal et al., (2005).

Cuadro 6.1. Promedio de temperatura en los tratamientos durante el compostaje

VARIANTES	SEMANAS						
	1	2	3	4	5	6	7
EM comercial	41.6 6	39.0 0	36.77 b	35.22	30.89	32.89	34.00
ESPAM	42.6 7	39.5 5	34.55 b	34.66	31.11	34.11	35.17
TESTIGO	42.3 3	39.3 3	37.22 a	35.77	30.55	33.89	35.83
PROBABILIDAD	0.15	0.3	0.007	0.49	0.19	0.42	0.06
ERROR ESTANDAR	0.32	0.23	0.40	0.63	0.19	0.62	0.43

El grafico 6.1 muestra la tendencia de la temperatura durante el compostaje identificando que al inicio del compostaje la temperatura fue mayor y esta fue disminuyendo hasta la quinta semana y posteriormente se da un leve incremento, probablemente por una recolonización de la población mesófila. Esta tendencia fue similar en todos los tratamientos.

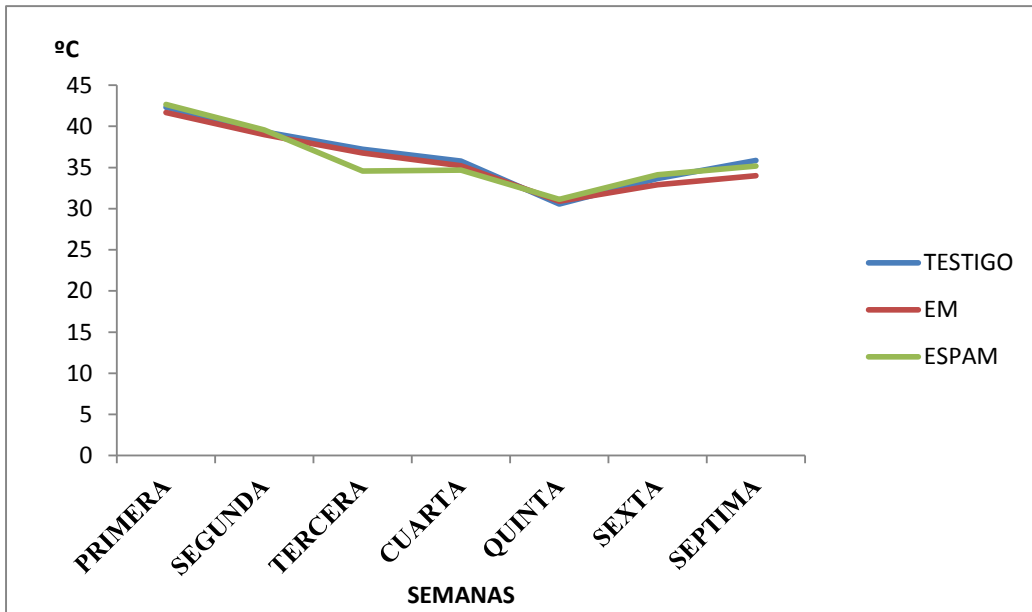


Fig. 6.1. Evolución de la temperatura en las pilas de compostaje

Al realizar un análisis de tendencia, los valores se ajustan a una curva polinómica con un $R^2 = 0,85$ como se indica en la figura 6. 2.

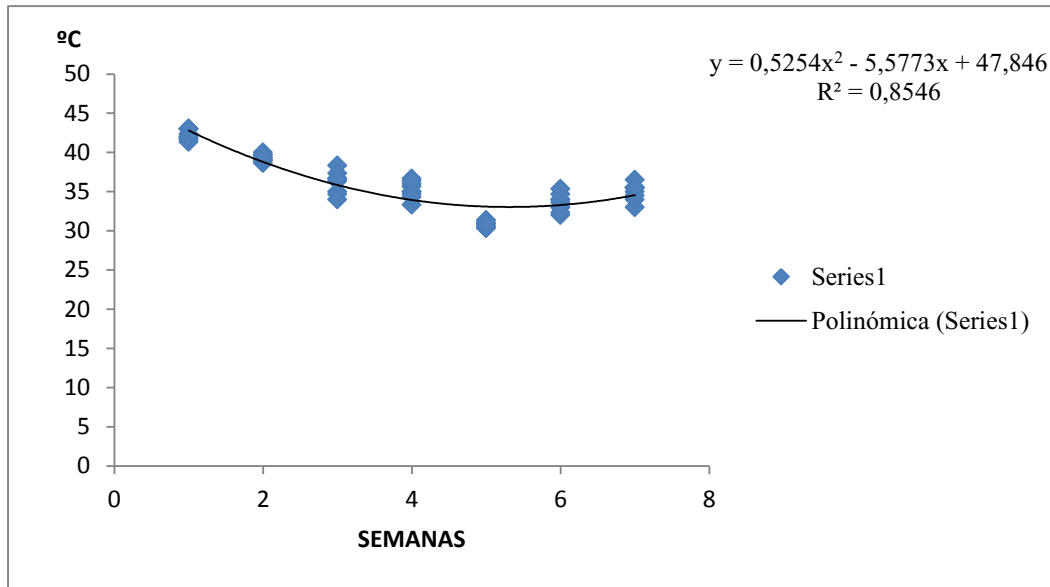


Fig. 6. 2. Correlación de la temperatura en el tiempo

2. pH

Como puede apreciarse en el cuadro 6.2 los valores del potencial hidrogeno no difieren estadísticamente entre las variantes en estudio; en todas las semanas de evaluación prácticamente el pH es neutro lo que significa que los materiales compostados no tienen en su composición sustancias que alteren significativamente este indicador de acidez o alcalinidad. Para Sundberg et al., (2004) el pH debe variar de ácido en las primeras semanas del proceso debido a la liberación de algunos ácidos orgánicos hasta valores más altos en la etapa termofílica donde hay la descomposición de las sustancias nitrogenadas. Los valores alcanzados en el presente trabajo coinciden con los indicados en la norma NTC 5167 de 2004 que lo sitúa entre 4 y 9 (ICONTEC, 2004).

Cuadro 6.2. Promedio de pH en los tratamientos durante el compostaje.

VARIANTES	1	2	3	4	5	6	7
EM	7.4	6.9	7.0	7.0	7.0	6.8	6.7
ESPAM	7.4	7.1	7.0	6.9	7.0	6.8	6.8
TESTIGO	7.3	7.1	7.0	6.9	7.0	6.8	6.7
PROBABILIDAD	0.63	0.18	0.7	0.6	>0.99	0.9	0.62
E:E	0.04	0.079	0.03	0.03	0.07	0.05	0.048

En la figura 6.3 se aprecia la tendencia decreciente del pH durante el proceso de compostaje, empezando con un valor de alrededor de 7.4 y llegando al final del proceso con un promedio de 7.9

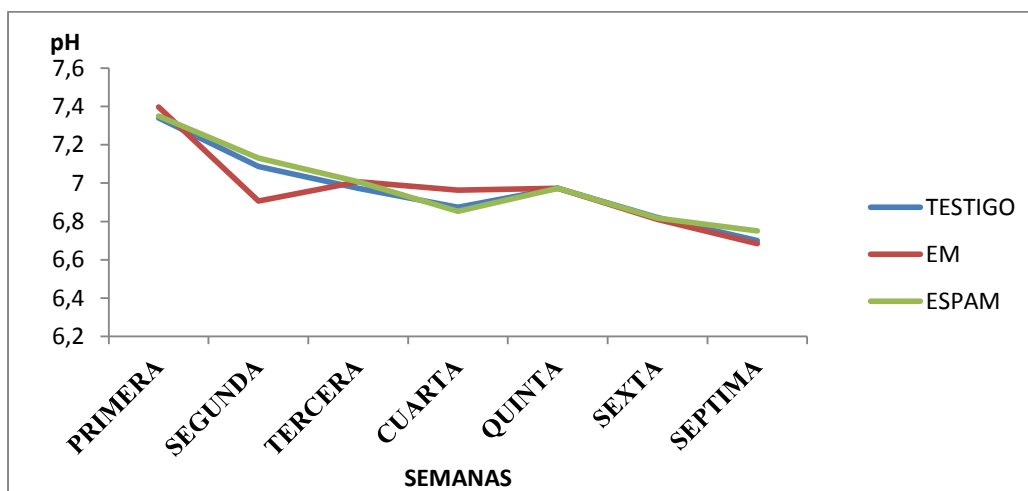


Fig. 6.3. Evolución del pH en las pilas de compostaje

Al realizar un análisis de tendencia, los valores se ajustan a una curva polinómica con un $R^2 = 0,70$ como se indica en la figura 6. 4.

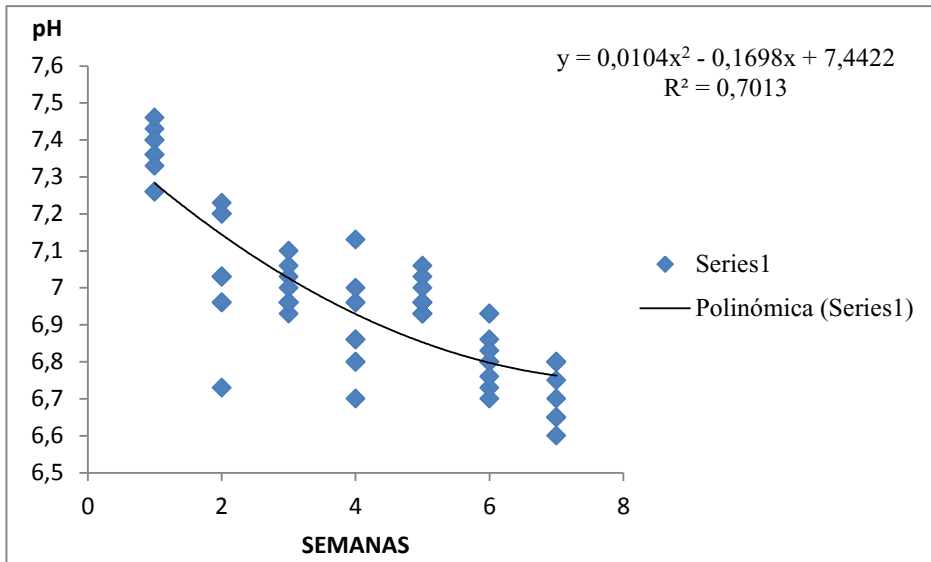


Fig. 6. 4. Correlación de pH en el tiempo de compostaje

C. PRUEBA DE FITOTOXICIDAD

En el cuadro 6.3 se presentan los resultados del análisis de proporciones de germinación de las semillas de caupi ensayado en los sustratos de las tres variantes en estudio, los valores indican la inmadurez del compost a los 30 días del compostaje, lo cual mejora sustancialmente a los 60 días alcanzando promedios por encima del 85 %, considerados como sustratos no tóxicos de acuerdo a Godden *et al.*, (1987). En las pilas inoculadas con el biopreparado a base de microorganismos nativos proporcionados por la ESPAM MFL se alcanzaron los porcentajes más altos de germinación en las dos etapas de evaluación, a los 30 días tuvo diferencias altamente significativas frente al testigo y significativas al ser

comparado con los EM comerciales; a los 60 días difiere significativamente con el testigo y comparte el mismo rango estadístico con el EM comercial.

Cuadro 6.3. Prueba de germinación de semillas de caupí a los 30 y 60 días de compostaje.

comparaciones	30 DÍAS		PROBABILIDAD	60 DÍAS		PROBABILIDAD
	%	%		%	%	
EM vs testigo	63 a	46 b	0,016	88	78	0,063
ESPAM vs testigo	79 a	46 b	<0,0001	92 a	78 b	0,0058
EM vs ESPAM	63 b	79 a	0,013	88	92	0,36

Al pesar la biomasa de las plántulas en los dos ensayos de germinación se encontró que esta variable tiene diferencias altamente significativas entre las variantes estudiadas; en las dos épocas de evaluación el peso de biomasa de las plántulas fue mayor en el compost que había recibido los microorganismos nativos, ocupando la primera categoría estadística a los 30 y 60 días de evaluación (cuadro 4.4).

Cuadro 6.4. Peso de biomasa de las plántulas de caupí en los dos ensayos de germinación (g).

TRATAMIENTOS	30 días	60 días
EM	33,7 b	63,2 b
ESPAM	39,8 a	80,5 a
TESTIGO	22,6 c	47,6 c
PROBABILIDAD	0,0001	0,0003
ERROR ESTANDAR	1,14	2,58

D. ANÁLISIS DEL COMPOST

Los resultados del análisis químico de laboratorio (cuadro 4.5) nos indica que los valores de los macronutrientes N y P difieren estadísticamente entre las variantes en estudio; para el caso del nitrógeno la primera categoría le corresponde al compost inoculado con microorganismos nativos con un promedio de 1,42 %, valor cercano a los encontrados por UNED, (1998) en el compostaje de residuos agrícolas llevados a cabo en Costa Rica, cuyos promedios oscilaron entre 1,2 y 1,9 %; lo mismo ocurre con el fosforo donde lidera la primera categoría que comparte con el compost inoculado con EM comercial. Cabe resaltar que el compost resultante de la pila de compostaje inoculada con microorganismos nativos alcanzó el mayor porcentaje de MO aunque no difiere estadísticamente con las otras variantes; en cuanto a la relación C/N se reporta un valor de 14,5:1 considerado de optima por Castillo *et al.*, (2002) y Zhu. (2006) para su uso agrícola.

Cuadro 6.5. Parámetros químicos del compost.

VARIANTES	N %	P MG/KG	K MG/KG	MO %	RELAC IÓN C/N	FIBRA
EM	0,87 b	10476 ab	17500	23,05	22,3	7,09
ESPAM	1,42 a	1435,6 a	21500	33,64	14,5	6,65
TESTIGO	0,91 b	970,7 b	22500	23,05	14,4	7,69
PROBABILIDAD	<0,001	0,04	20500	0,48	0,16	0,25
ERROR ESTANDAR	0,003	106,08	19500	6,75	2,91	0,39

En cuanto a la disponibilidad de micronutrientes los resultados del análisis favorecen al compost donde se inoculo microorganismos nativos, sobre todo en lo relacionado a B, Mn, Fe y Zn, compartiendo categoría estadística con el compost que recibió EM comercial.

Cuadro 6.6. Micronutrientes del compost

VARIANTES	B	CU	MN	FE	ZN
EM	15.83 a	20.0	23.02 ab	15.81 a	11.0 ab
ESPAM	16.5 a	20.13	26.13 a	18.53 a	12.77 a
TESTIGO	13.4 b	17.3	21.1 b	11.78 b	9.44 b
PROBABILIDAD	0.0136	0.14	0.02	0.0029	0.007
E:E	0.53	0.96	0.93	0.8	0.47

En el cuadro 6.7 se indica la carga de patógenos encontrados en los diferentes compost, sólo E. coli difiere estadísticamente, encontrándose la mayor población en el testigo y el compost que recibió EM comercial. En términos generales puede considerarse un compost con valores permisibles para su uso en agricultura.

Cuadro 6.7. Análisis microbiológico del compost (Logaritmo Neperiano).

VARIANTES	E. COLI	COLIFORMES	HONGOS	SALMONELA
EM	5,9 ab	11,13	11,19	5,35
ESPAM	5,47 b	11,11	11,15	5,07
TESTIGO	6,73 a	11,16	11,23	5,31
PROBABILIDAD	0,01	0,051	0,30	0,24
E:E	0,19	0,015	0,01	0,11

Al evaluar la variación de peso inicial de los materiales compostados frente al peso del producto terminado, se establece un porcentaje de conversión de 64,32 % en el compost que fue inoculado con microorganismos nativos, lo cual difiere estadísticamente con las otras dos variantes que se ubican en categorías distintas (cuadro 6.8).

Cuadro 6.8. Conversión de material inicial a compost

VARIANTES	PESO (KG)	%	RELACIÓN
EM	15.87 b	58.77 b	0.59 b
ESPAM	17.37 a	64.32 a	0.64 a
TESTIGO	14.80 c	54.81 c	0.55 c
PROBABILIDAD	0.0004	0.004	0.0007
ERROR ESTANDAR	0.21	0.78	0.01

E. ESTIMACIÓN ECONÓMICA DE LOS TRATAMIENTOS ESTUDIADOS

Cantidad	Detalle	Valor unitario \$	Total
3	Dosis Inoculo E.M. comercial	7	21
3	Dosis Inoculo ESPAM	2	6
-	Testigo	-	-
9	Análisis de laboratorio Fibra	10	90
9	Análisis de laboratorio Nitrógeno	13	117
18	Análisis de laboratorio Fosforo, Potasio	10	180
9	Análisis Materia orgánica	10	90
9	Análisis de laboratorio microbiológico	3	27
9	Relación carbono nitrógeno (C/N)	10	90
Total			621

CAPITULO VII.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES:

- Los materiales compostados son de fácil descomposición dada la relación C/N de 25/1
- Durante el proceso de compostaje la temperatura máxima estuvo alrededor de 40°C en las primeras tres semanas de compostaje, proliferando los microorganismos mesofílicos que permitieron obtener un compost a las ocho semanas.
- El pH y humedad no varió durante el proceso de compostaje en las tres variantes en estudio.
- Los indicadores de estabilidad y madurez del compost fueron favorables para el compost que fue inoculado con microorganismos nativos.
- El costo de producción de compost es menor con la variantes Testigo

7.2. RECOMENDACIONES:

- Emplear los microorganismos ESPAM como aceleradores de compostaje.
- Incrementar volumen de materiales a compostar, sobretodo la altura de la pila.
- Motivar el compostaje de materiales biodegradables y usar el compost en jardinería y demás prácticas de producción agrícola dentro de la ciudad.

BIBLIOGRAFIA

ACARA. (2006: Buenos Aires). Las levaduras algo sobre Asociaciones de Cerveceros Artesanales de la República Argentina (en línea) :<http://www.cervezargentinas.com.ar/las_levaduras_algo_sobre_ellas.htm> (consulta 10 mayo 2014)

Alexander. M. 1980. Introducción a la microbiología del suelo. México. 163-218, 270-291p.

Al-Kahal, A. A., Mekhemar, G. A. A. and El-Soud, A. A. 2001. Response of faba bean plants to organic fertilization with olive wastes. *Annals of Agricultural Science Cairo*. 46(2):565 – 578.

Alromian, F. M. and Nassar, I. N. 2004. Effect of municipal solid waste on the growth of rocket and spinach plants. *Pakistan Journal of Biological Science*. 7(8):1316-1321.

Álvarez-Solís, J.D., y J. Anzuelo-Martínez. 2004. actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*. 38:13-22.

APNAN. 2003. (Red de Agricultura natural para la Región Asia/Pacífico.) Manual de Aplicación. (en línea). Consultado: 6 de septiembre de 2013. Disponible en: www.apnam.com

Aranda, E., Sampedro, I., Ocampo, J. A. y García, I. 2002. Reducción de la fitotoxicidad del extracto acuoso de alperujo en plantas de tomate mediante el uso de *Fusarium lateritium*. Jornadas de Investigación y Transferencia de Tecnología Oleícola Andalucía 2002. pp. 233-236.

Arellano 2002. Guía “tratamiento de residuos sólidos urbanos”. Curso de Manejo de residuos sólidos urbanos. Magíster de Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile. Santiago, Chile.

Avendaño D. 2003. El proceso de compostaje. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Fruticultura y Enología. Director Claudia Bonomelli de Pinaga. 1 – 38 p.

Barrington S., Choiniere D., Trigui M y Knight W. 2001. Effect of carbon source on compost nitrogen and carbon losses. *Bioresource Technology* 83: 189–194.

Bertoldi M., Vallini G y Pera A. 1985. Technological aspects of composting including 68 células 8i and microbiology. In: Gasser, J.K.R. (Ed.), Composting of Agricultural and Other Wastes Proc. Seminar Environ. Res. Prog. Elsevier Applied Science Publishers, New York. 27 – 40 p.

Bidlingmaier, W. y Papadimitriou, E.K., 1998. RECOVERY OF ORGANICS: COMPOSTING AND ANAEROBIC DIGESTION. Jornadas sobre el Aprovechamiento Integral de Residuos y la Jerarquía Europea de Gestión. Club Español de Residuos, The European Waste Club y Generalitat Valenciana. Valencia, España.

Biosca, A. 2001. Qué son microorganismos eficientes?. (en línea). Consultado: 8 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index?qid=20080731132826aa6mubr>

Boulter-Bitzer. J., Trevors. J y Boland. G. 2005. A polyphasic approach for assessing maturity and stability in compost intended for suppression of plant pathogens. Applied Soil Ecology 34: 65–81

Brunetti, G., Plaza, C. and Senesi, N. 2005. Olive pomace amendment in Mediterranean conditions: Effect on soil and humic acid properties and wheat (*Triticum turgidum* L.) yield. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53:6730-6737.

Cabrera, F., Martín-Olmedo, P., López, R. and Murillo, J. M. 2005. Nitrogen mineralization in soils amended with composted olive mill sludge. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 71:249- 258

Canet, 2002; García et al., 2003a; Paredes et al., 2005. Composting as a management alternative for olive-mill pomace (alperujo) and other agricultural residues from South-Eastern Spain. In: Lowe, P. and Hudson, J A. (Eds.) *Proceedings of the joint CIWEM and Aqua Enviro Technology Transfer 7th European Biosolids and Organic Residuals Conference*. Vol. 1. November 2002. West Yorkshire, UK. Paper 47.

Castellanos, JZ., Pratt, PF. 1981. Mineralization of manure nitrogen-correlation with laboratory indexes. *Soil Science Society of America Journal*. 45: 354-357.

Castillo, A; Eresue, M; Rodríguez, L; Rugama, J, A. 2002. *Manejo integrado de la fertilidad de los suelos en Nicaragua*. Managua, Nicaragua. 130 pp.

Cayuela, M. L., Bernal, M. P. and Roig, A. 2004. Composting olive mill waste and sheep manure for orchard use. *Compost Science and Utilization*. 12(2):130-136.

Cayuela M., Mondini C., Sánchez M., Roig A. 2007. Chemical properties and hydrolytic enzyme activities for the characterisation of two-phase olive mill wastes composting. *Bioresource Technology*. 1-8.

Cegarra, J., Albuquerque, J. A., González, J., Tortosa, G. and Chaw, D. 2006. Effects of the forced ventilation on composting of a solid olive-mill byproduct (“alperujo”) managed by mechanical turning. *Waste Management*. 26:1377 – 1383.

Cetinkaya, Gosturk, A. 1999. Biodegradation of homocyclic y heterocyclic aromatic compounds by *rhodopseudomonas palustis* strain. *Tukey journal of biology* 23:597-511.

Cooperband L. 2000. *Biología del compostaje*. Universidad de Winsconsin – Madison. Departamento de ciencias del suelo. 1–5 p.

Clark, MS., Horwath, WR., Shennan, C., Scow, KM. 1998. Changes in soil chemical properties resulting from organic and low’input farming practices. *Agronomy Journal*, 90: 662-671.

Clesceri, L.S. Greenberg, A.E. and Eaton, A.D 1998 *Standard methods for the examination of water and wastewater* 20th edition.

Dalzell, H., A. Biddlestone, K. Gray y T. Thurairajan, 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos FAO (56), Roma. Italia. 177 pp.

De Bertoldi M, Vallini G, Pera A (1985) Technological aspects of composting including modelling and microbiology. En composting of Agricultural and other wastes. Ed. JKR Gasser. Elsevier Applied Science Publishers. Bruselas. Belgica: 27-40.

De La Maza, F. 2001. Estudios de la Factibilidad Técnico- Económica para una Planta de Compost a gran Escala. Memoria para optar al Título de Ingeniero Civil Industrial. Facultad de Ciencias Matemáticas, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. 103 p

Deng, S y Tabatabai, M.A. 1994. Colorimetric determination of reducing sugars in soils. Soil Biological Biochemistry 26: 4. 473- 477.

Diver, S. 2002. Compost teas for plant disease control. ATTRA. Pest management technical notes. p 1-19.

EARTH. 2008. Tecnología EM. EMRO (Effective Microorganismo Research Organization Inc.) Limon. Costa Rica. 16pg.

Ehaliotis, C., Zervakis, G. I. and Karavitis, P. 2005. Residues and by-product of olive-oil mills for root-zone heating and plant nutrition in organic vegetable production. *Scientia Horticulturae*. 106:293-308.

EPA, 1994a. Composting Yard Trimmings and Municipal Solid Waste (EPA530-R-94-003). United States Environmental Protection Agency. 158 p.

EPA, 1997. Innovate Uses of Compost: Bioremediation and Pollution Prevention (EPA 530-F-97-02), Disease Control for Plants and Animals (EPA530-F-97-44).

Fernández-Zabala M. 2003. Evaluación agronómica de sustancias húmicas derivadas de humus de lombriz. Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Departamento de Ciencias Vegetales. 52pp.

FUNDACION PIEDRABUENA, EM – Detalles .2005

FUNDASES, EM Microorganismos Eficientes. 2005.

Ganjyal. G; Weber. R y Hanna M. 2007. Laboratory composting of extruded starch acetate and poly lactic acid blended foams. *Bioresource Technology* 98: 3176–3179.

Garcia, G. A., Bernal, M. P. and Roig, A. 2003 a. Carbon mineralization and plant growth in soil amended with compost samples at different degrees of maturity. *Waste Management & Research* 21:161-171.

García José, Artículo “Los Microorganismos Eficientes en la Agricultura”, *Revista El Agro* Edición 95, Editorial UMINASA S.A., Guayaquil, Ecuador, 2004.

Goldden B, Mareschal M, Gigliotti G, Businelli G, Benett A (1987) Effects of manure compost on soil microbiological properties. 473-478.

Golueke, C. G. 1975. *Composting. A study of the process and its principles*. Rodale Press Emmaus.

Goyal, S., Dhull, S. K. y Kapoor, K. K. 2005. Chemical and biological changes during composting of different organic wastes and assessment of compost maturity. *Bioresource Technology*. 96:1584 – 1591.

Gramss, G., Voigt, K. D. and Bergmann, H. 2003. Irrigation with plant extracts in ecofarming increases biomass production and mineral and organic nitrogen content of plants. *Journal of Plant Nutrition*. 166(5):612-620.

Hartz, TK., Mitchell, JP., Giannini, C. 2000. Nitrogen and Carbon Mineralization Dynamics of manures and compost. Hort Science 35 (2): 209-212-216.

Harvey, W.B., Dreu, S., Wang, D. 1985. Comprehensive biotechnology. The practice of biotechnology: current commodity products Vol. 3. Ed. Pergamon press United States. 250pp

Hassen, A., Belguith, K., Jeddi, N., Cherif, M. and Boudabous, A. 2001. Microbial characterization during composting of municipal solid waste. Bioresource Technology. 80:217 – 225.

Haug RT (1979) Engineering principles of sludge composting. JWPCF. Vol 51 (8): 2189-2206.

Hirai, M.F., Chanyasak, V., & Kubota, H. (1983). Standard measurement for compost maturity. Biocycle, Nov/Dec, 1983. pp. 5~56.

Honda, R., Fukushi, K., Yamamoto, K. 2006. Optimization of wastewater feeding for single-cell protein production in an anaerobic wastewater treatment process utilizing purple non-sulfur bacteria in mixed culture condition. Journal of biotechnology. 125: 265-273

Hurtado. 2001. Qué son microorganismos eficientes?. (en línea). Consultado: 1 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://es.answers.yahoo.com/question/index? qid=20080731132 826aa6mgbr>.

ICONTEC. 2004. (Instituto Colombiano de Norma Técnica), Norma Técnica Colombiana 5167.

IDIAF. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales 2009. Beneficios de los microorganismos eficientes en la agricultura. (en línea) Consultado: 2 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://www.idiaf.org.do/noticias/detallemain.php ? recordID=971>.

Iglesias E, Perez V (1992) Determination of maturity indices for city refuse compost Agr. Ecosyst. Environ. 38: 331- 343.

Inbar Y, Chen Y, Hadar Y, Hoitink HAJ (1990) New approaches to compost maturity Biocycle 31: 64-68.

Ingham, E. 1998. Replacing Methyl Bromide with compost. Biocycle. 39(12):80-82.

Janzen, R. A., Cook, F. D. and McGill, W. B. 1995. Compost extract added to microcosms may simulate community-level controls on soil microorganisms involved in element cycling. *Soil Biology and Biochemistry*. 27(2):181-188.

Kalil, S., Casas, J y Martínez, M.M. 2007. Seguimiento del proceso de humificación en compost inoculado. Tesis de Pregrado. Pontifica Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias. Departamento de Microbiología. Bogotá. 32- 69 p.

Keeling, A. A., McCallum, R. R. and Beckwith, C. P. 2003. Manure green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water extractable factors. *Bioresource Technology*. 90(2):127-132.

Kelly, W.J., Davey, G.P., Ward, L.J:H: 1998. Characterization of lactococci isolated from minimally processed fresh fruit y vegetables. *International Journal of food microbiology*. 45: 85-92.

Kershaw, 1968. Composting. A general Review. *Process Biochem. Int* 3: 53-56p.

Kiehl, E. J. 1985. Fertilizantes orgánicos. Editorial Ceres Ltda. São Paulo, Brasil. 492 p.

Kyum, M., Choi, K., Yin, C., Lee, K., Wan-Tek, I., Lim, J., Lee, S. 2004. Odorous swine wastewater treatment by purple non sulfur bacterina. *Rhodopseudomona palustris*, isoted from eutrophicated ponds. *Biotechnology letters*. 26: 819-822.

Labrador, M. J. 1996. La materia orgánica en los agroecosistemas. Aproximación al conocimiento de la dinámica, la gestión y la reutilización de la materia orgánica en los agrosistemas. 2ª edición. Ediciones Mundi Prensa. 293 p.

Lasardi. K y Stentiford. E. 1998. A simple respirometric technique for assessing compost stability. *Water Res*. 32: 3717–3723.

Liang. C., Das. K y McClendon R. 2002. The influence of temperature and moisture contents regimes on the aerobic microbial activity of a biosolids composting blend. *Bioresource Technology* 86: 131–137.

Linderman, R. G. and Davis, E. A. 2001. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth response to soil amendment with composted grape pomace or its water extract. *HortTechnology*. 11(3):446-450.

López P. 2002. Compostaje de residuos orgánicos. Universidad del Valle. Facultad de Ingeniería. Santiago de Cali. Colombia. 7 – 29 p.

Maheswari, T. U., Haripriya, K. and Kamalakannan, S. 2003. Impact of foliar organic nutrients on nutrient uptake pattern of chilli (*Capsicum annuum* L.) cv. K2. South Indian Horticulture. 51(1/6):168-172.

Maheswari, T. U., Haripriya, K., Poonkodi, P. and Kamalakannan, S. 2004. Effect of foliar application of organic nutrients on some quality indices and economics of chilli (*Capsicum annuum* L.). Advances in Plant Science. 17(1):259-262.

Marguesin. R., Cimadom. J; Schinner. F. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. 2006. International Biodeterioration & Biodegradation 57: 88–92.

Mathews. C., van Holde. K y Ahern. K. 2002. Bioquímica. Pearson Education. Madrid. 528-529 p. 74.

Mathur, SP; Owen, G; Dinel, H; Schnitzer , M. 1993. Determination of Compost Biomaturity. Biological Agriculture and Horticulture, 10: 65-85.

Mayende L., Wilhelmi B., Pletschke B. 2006. Cellulases (CMCases) and polyphenol oxidases from thermophilic *Bacillus* spp. isolated from compost. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 2963– 2966

Maynard, A. 1996. Cumulative effect of annual additions of undecomposed leaves and compost on the yield of field grown peppers. *Compost Science and Utilization*. 4(2):81 – 88.

Meléndez, G y Soto, G. 2003. Taller de abonos orgánicos. CATIE. Managua, Nicaragua. 86 pp.

MERK. 2003. Manual de medios de cultivo. Agar para *Lactobacillus*. Según De Mann. Rogosa y Sharpe. Barcelona. España. 126pp.

Miller FC, Mcgregor ST, Psarianos KM, Cirello J, Finstein MS (1982) Direction of ventilation in composting wastewater sludge. Ed.: *J. Water Pollut. Control. Fed.* Vol 54 (1): 111 – 113.

Moa. 2003. Mokiti Okada. Extracto del manual “Microorganismos Eficaces EM en la agricultura Nacional”. Sp.

Morel, J.L., Cohn, F., Germon, J.C. Godin, P. & Juste, C. (1985). Methods for the evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In *Composting of Agricultural and Other Wastes*. (J.K.R. Gasser, ed.), pp.56-72. Elsevier Applied Science; London, U.K.

Nogales, R., Alvarez, H., Fernández, M. L., Cifuentes, C. y Gomez, M. 2004. Efectividad de diferentes enmiendas orgánicas oleícolas para suministrar nitrógeno a un cultivo de guisante. En VI Congreso SEAE. II Congreso Iberoamericano de Agroecología. I Encuentro de estudiantes de Agroecología y agricultura Ecológica. Agroecología: Referente para la transición de los sistemas agrarios. SEAE. 27 de septiembre a 2 de octubre de 2004. Almería, Andalucía, España

Papafotiou, M., Phsyhalou, M., Kargas, G., Chatzipavlidis, I. and Chronopoulos, J. 2004. Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia. *Scientia Horticulturae*. 102:167-175.

Paredes, C., Cegarra, J., Bernal, M. P. and Roig, A. 2005. Influence of olive mill wastewater in composting and impact of the compost on a Swiss chard crop and soil properties. *Environmental Internacional*. 32(2005):305-312.

Paul, E. A. and Clark, F. E. 1996. *Soil microbiology and biochemistry*. Academic Press. San Diego. 2ª Edición.

Pelaez. C., Mejía. A y Planas. A. 2004. Development of a solid phase kinetic assay for determination of enzyme activities during composting. *Process Biochemistry* 39: 971- 975.

Pinamonti, F. y Sicher, L. 2005. Utilización de los composts en los sistemas de producción frutal. En Stofella, P. J. y Kahn, B. A. (Eds). *Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola*. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. pp 177 – 199.

Pomares, G. F. 2004. Elaboración de programas de fertirrigación en cultivos hortícolas al aire libre. Resultados de experiencias. En I Congreso Internacional de horticultura intensiva. Fundación Ruralcaja. 2 y 3 de diciembre de 2004. Valencia, España.

Pomares, G. F. y Albiach, R. 2005. Los residuos agrícolas y agroindustriales como soportes de producción en agricultura intensiva. En *Tecnologías aplicables a la reutilización de los residuos orgánicos, agrícolas o alimentarios*. Navarro, G. M. y Bustillo, N. J. M. (coordinadores). Curso de verano 2005. Universidad de Burgos. p 167 – 187.

Pressel F, Bidingmaier D (1981) Analyzing decay rate of compost. *Biocycle* 22, 5: 50-51

Restrepo, J y Rodríguez, J. 2002. *El suelo, la vida y los abonos orgánicos*, editorial enlace, Managua, Nicaragua. 84 pp.

Rodríguez –Palenzuela P. 2009. Los ácidos orgánicos como agentes antibióticos. XVI curso de especialización FEDNA. Departamento de Biotecnología. Universidad Politécnica de Madrid. España.

Ros, M., Hernández, M. T. and García, C. 2003. Soil microbial activity after restoration of a semiarid soil by organic amendments. *Soil Biology & Biochemistry*. 35:463-469.

Rynk, R. 1992. On-farm composting handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. New York, USA. 186 p.

Rynk, R. y Richard, T. L. 2005. Sistemas de producción comercial de compost. En Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Stofella, P. J. y Kahn, B. A. (eds.). Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. p 51 – 93.

Said-Pullicino, D y Gigliotti G. 2007. Oxidative biodegradation of dissolved organic matter during composting. *Chemosphere* 68: 1030–1040.

Salas, E., y Ramírez, C. 1999. Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: calibración de campo. Congreso Agronómico Nacional. In: Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. III Congreso Nacional de Suelos. Vol. III. 71 pp.

Salgado, D. 2006. Microorganismos eficientes en la producción animal.

(en línea). Consultado 20-mayo 2014. Disponible en <http://www.agroca.com.ve>

Sherman, R. 1999. Large-scale organic materials composting. Biological & Agricultural Engineering Department North Carolina State University. North Carolina Cooperative Extension Service.

Shiralipour, A., Faber, B. and Chrowstowski, M. 1996. Greenhouse broccoli and lettuce growth using co-composted biosolids. *Compost Science and Utilization*, 4(3):38 – 43

Silva, M. 2009. Microbiología General. (en línea). Consultado: 10 de septiembre de 2014. Disponible en: <http://microbiologia-general.blogspot.com/2009/05/microorganismos-eficientes.html>

Soto, G. 2003. Abono orgánicos: producción y uso de compost. In: Meléndez, G., y Molina, E. Fertilidad de Suelos y Manejo de la Nutrición de Cultivos en Costa Rica. Universidad de Costa Rica. Agosto, 2001.

Sullivan, D. M. y Miller, R. O. 2005. Propiedades cualitativas, medición y variabilidad de los composts. En Stofella, P. J. y Kahn, B. A. (Eds). Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola. Ediciones Mundi Prensa. Madrid. pp 95 – 119.

Sundberg. C; Smars S; Jonsson H. 2004. Low Ph as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology* 95:145–150.

Tan K.H. 2000. *Environmental Soil Science*. Second Edition. Marcel Dekker, New York, NY.

Thostrup P (1988) Evaluation of composting systems. En *compost Process in Waste Management*. Billingmaier W. Hermite PL. Proceeding of a workshop held at the Monastery of Nereshein. Bruselas: 151-178.

Tiquia S; Tam N; Hodgkiss J. 1996. Microbial activities during composting of spent pig-manure sawdust litter at different moisture contents. *Bioresource Technogy*. 55: 201–206.

Trivierge.C & Seito. M. 2005. *Nuevas Tecnologías de vivero en Nicaragua, bandejas y sustratos mejorados-compost*. Primera edición. Managua, Nicaragua. Pp 23-43.

Turner. C; Williams. A; White. R y Tillett R. 2004. Inferring pathogen inactivation from the surface temperatures of compost heaps. *Bioresource Technology* 96: 521–529.

(UNED). 1998. Universidad Nacional a Distancia. Manejo adecuado de los desechos sólidos en industrias, primera edición, San José, Costa Rica, 171 pp.

Van der Stelt B., Temminghoff E., Van Vliet P y Van Riemsdijk W. 2006. Volatilization of ammonia from manure as affected by manure additives, temperature and mixing. *Bioresource Technology* : 1-7.

Vandevivere, P., y Ramírez, C. 1995. Control de calidad de abonos orgánicos por medio de bioensayos. In: GARCIA, J., y NAJERA, J. MEMORIA. Simposio Centroamericano de Agricultura Orgánica. UNED, Costa Rica. 121-140 p.

Vansintjan, G y Vega, E.1992, La materia orgánica en el suelo y la aplicación de abonos orgánicos. Managua, Nicaragua. 26 pp.

Varnero, M.M; Rojas, A.C y Orellana, R.R. 2006. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje . R.C. Suelo Nutr. Veg., 2007, vol.7, no.1, p.28-

Vivanco, A. 2003. Elaboración de EM bokashi y su evaluación en el cultivar maíz, bajo riego en Zapotillo. Universidad Nacional de Loja. Area Agropecuario y de recursos Naturales Renovales, Carrera de Ingeniería Agronomica. Loja. Ecuador. 75pp.

Walke, D. J. and Bernal, M. P. 2004. Plant nutrition and growth in saline Mediterranean soil amended with organic wastes. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 35(17/18):2495-2514.

Wu L; Ma L; Martinez G. 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *J. Environmental Quality*. 27:424–429.

Zhu N. 2006. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice straw. *Bioresource Technology* 98: 9–13.

A

N

E

X

O

S

ANEXO 1. Construcción de cobertizo



ANEXO 2. Construcción de composteras



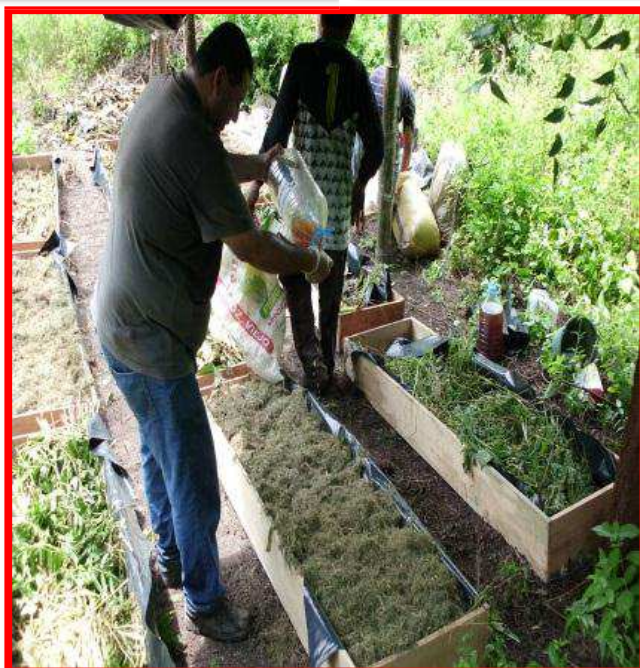
ANEXO 3. Recolección de residuos orgánicos de los bares



ANEXO 4. Preparación de material y llenado de las composteras



ANEXO 5. Inoculación de microorganismos en los sustratos



ANEXO 6. Toma de datos

CAMPO



Tutor de la tesis



Registro de temperatura



Mediciones de pH



Volteos





Peso de compost

ANEXO 7. Prueba de germinación





ANEXO 8. Pruebas de laboratorio





ANEXO 9. Secuencia de la investigación



ANEXO 10. Reportes de laboratorio del análisis del compost

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABI "MFL"		No. 1042 CODIGO: F-G-SGC-007 REVISION: 0
	INFORME DE RESULTADOS		FECHA: 06/04/2005 CLAUSULA: 4.6 PAGINA 1 DE 1
	NOMBRE DEL CLIENTE:		CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
	SOLICITADO POR:		CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
	DIRECCIÓN DEL CLIENTE:		MANTA
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:		INÓCULO ESPAM (3)	
TIPO DE MUESTREO:		CLIENTE	
ENSAYOS REQUERIDOS:		NITROGENO TOTAL, MATERIA ORGÁNICA, FOSFORO, POTASIO, RELACIÓN C/N	
FECHA Y HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRAS:		18-06-13 09H05	
FECHA DE REALIZACION DE LOS ENSAYOS:		12-08-13	
LABORATORIO RESPONSABLE:		QUIMICA AMBIENTAL	
TECNICO QUE REALIZÓ EL ANALISIS:		ING. YESSENIA ZAMBRANO	

ITEM	PARAMETROS	METODO	UNIDAD	RESULTADOS		
				INÓCULO C1	INÓCULO C2	INÓCULO C3
1	NITROGENO TOTAL	KJELDAHL	%	1.34	1.48	1.44
2	MATERIA ORGÁNICA	VOLUMÉTRICO	%	34.78	37.33	28.81
3	FOSFORO	ESPECTROFOTOMÉTRICO	mg/kg	1473.75	1356.10	1476.95
4	POTASIO	ESPECTROFOTOMÉTRICO	mg/kg	52000	48500	44000
5	RELACIÓN C/N	-	-	15,23	15,54	12,71


 FIRMA DEL JEFE DE LABORATORIO
 Fecha: 22-08-2013


 FIRMA DEL GERENTE DE CALIDAD
 Fecha: 22-08-2013

NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

Manabí – Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Via El Morro
 Teléfono (593) 05 685676 Telefax (593) 05 685156 - 685134 Email: espam@mb.satnet.net
 Visite nuestra página web www.espam.edu.ec



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA AGROPECUARIA DE
MANABI "MFL"

No. 1042
CODIGO: F-G-SGC-007
REVISION: 0
FECHA: 06/04/2005
CLAUSULA: 4.6
PAGINA 1 DE 1

INFORME DE RESULTADOS

NOMBRE DEL CLIENTE:	CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
SOLICITADO POR:	CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	MANTA
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	COMPOST TESTIGO (3)
TIPO DE MUESTREO:	CLIENTE
ENSAYOS REQUERIDOS:	NITROGENO TOTAL, MATERIA ORGÁNICA, FOSFORO, POTASIO, RELACIÓN C/N
FECHA Y HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRAS:	18-06-13 09H05
FECHA DE REALIZACION DE LOS ENSAYOS:	12-08-13
LABORATORIO RESPONSABLE:	QUIMICA AMBIENTAL
TECNICO QUE REALIZÓ EL ANALISIS:	ING. YESSENIA ZAMBRANO

ITEM	PARAMETROS	METODO	UNIDAD	RESULTADOS		
				TESTIGO A1	TESTIGO A2	TESTIGO A3
1	NITROGENO TOTAL	KJELDAHL	%	0.89	0.97	0.88
2	MATERIA ORGÁNICA	VOLUMÉTRICO	%	11.57	38.61	18.97
3	FOSFORO	ESPECTROFOTOMÉTRICO	mg/kg	1245.31	877.08	788.98
4	POTASIO	ESPECTROFOTOMÉTRICO	mg/kg	17500	21500	22500
5	RELACIÓN C/N	-	-	7.52	23.11	12.52



FIRMA DEL JEFE DE LABORATORIO

Fecha: 22-08-2013



FIRMA DEL GERENTE DE CALIDAD

Fecha: 22-08-2013

NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

Manabí - Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Vía El Morro
Teléfono (593) 05 685676 Telefax (593) 05 685156 - 685134 Email: espam@mnb.satnet.net
Visite nuestra página web www.espam.edu.ec

	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA AGROPECUARIA DE MANABI "MFL"	No. 1042
		CODIGO: F-G-SGC-007
		REVISION: 0
		FECHA: 06/04/2005
		CLAUSULA: 4.6
INFORME DE RESULTADOS		PAGINA 1 DE 1
NOMBRE DEL CLIENTE:		CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
SOLICITADO POR:		CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:		MANTA
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:		COMPOST + EM COMERCIAL (3)
TIPO DE MUESTREO:		CLIENTE
ENSAYOS REQUERIDOS:		NITROGENO TOTAL, MATERIA ORGÁNICA, FOSFORO, POTASIO, RELACIÓN C/N
FECHA Y HORA DE RECEPCION DE LA MUESTRAS:		18-06-13 09H05
FECHA DE REALIZACION DE LOS ENSAYOS:		12-08-13
LABORATORIO RESPONSABLE:		QUIMICA AMBIENTAL
TECNICO QUE REALIZÓ EL ANALISIS:		ING. YESSENIA ZAMBRANO

ITEM	PARAMETROS	METODO	UNIDAD	RESULTADOS		
				EM B1	EM B2	EM B3
1	NITROGENO TOTAL	KJELDAHL	%	0.91	0.84	0.87
2	MATERIA ORGÁNICA	VOLUMÉTRICO	%	11.57	38.61	18.97
3	FOSFORO	ESPECTROFOTOMÉTRICO	mg/kg	1232.52	1066.06	844.30
4	POTASIO	ESPECTROFOTOMÉTRICO	mg/kg	20500	19500	18000
5	RELACIÓN C/N	-	-	22.08	25.65	19.16

FIRMA DEL JEFE DE LABORATORIO
 Fecha: 22-08-2013

FIRMA DEL GERENTE DE CALIDAD
 Fecha: 22-08-2013

NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

Manabí – Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Vía El Morro
 Teléfono (593) 05 685676 Telefax (593) 05 685156 - 685134 Email: espam@mnbsatnet.net
 Visite nuestra página web www.espam.edu.ec

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABI ESPAM "MFL"	No. 1043 CÓDIGO: F-G-SGC-007 REVISIÓN: 0
	INFORME DE RESULTADOS	
	FECHA: 22/9/2003 CLÁUSULA: 4.6 PAGINA 1 DE 1	
	NOMBRE DEL CLIENTE:	CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
	SOLICITADO POR:	CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	MANTA	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	COMPOS	
TIPO DE MUESTREO:	CLIENTE	
ENSAYOS REQUERIDOS:	FIBRA	
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	18/06/2013 08H40	
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	20/06/2013 – 21/06/2013	
LABORATORIO RESPONSABLE:	BROMATOLOGÍA	
TÉCNICO QUE REALIZÓ EL ANÁLISIS:	ING. JORGE TECA D. – ING. EUDALDO LOOR M.	

ITEM	PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS		
				MUESTRA B ₁	MUESTRA B ₂	MUESTRA B ₃
1	FIBRA	INEN 542	%	7,88	6,54	6,86

OBSERVACIONES:


FIRMA DEL JEFE DE LABORATORIO
 Fecha: 21/06/2013


FIRMA DEL GERENTE DE CALIDAD
 Fecha: 21/06/2013

NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

Manabí – Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Vía El Morro
 Teléfono (593) 05 685676 Telefax (593) 05 685156 – 685134 Email: espam@mnbsatnet.net
 Visite nuestra página web www.espam.edu.ec



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
ESPAM "MFL"

No. 1043
CÓDIGO: F-G-SGC-007
REVISIÓN: 0
FECHA: 22/9/2003
CLÁUSULA: 4.6
PAGINA 1 DE 1

INFORME DE RESULTADOS

NOMBRE DEL CLIENTE:	CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
SOLICITADO POR:	CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	MANTA
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	COMPOS
TIPO DE MUESTREO:	CLIENTE
ENSAYOS REQUERIDOS:	FIBRA
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	18/06/2013 08H40.
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	20/06/2013 – 21/06/2013
LABORATORIO RESPONSABLE:	BROMATOLOGÍA
TÉCNICO QUE REALIZÓ EL ANÁLISIS:	ING. JORGE TECA D. – ING. EUDALDO LOOR M.

ITEM	PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS		
				MUESTRA C ₁	MUESTRA C ₂	MUESTRA C ₃
1	FIBRA	INEN 542	%	6,28	6,67	6,99

OBSERVACIONES:



FIRMA DEL JEFE DEL LABORATORIO

Fecha: 21/06/2013



FIRMA DEL GERENTE DE CALIDAD

Fecha: 21/06/2013

NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

Manabí – Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Vía El Morro
Teléfono (593) 05 685676 Telefax (593) 05 685156 – 685134 Email: espam@mb.satnet.net
Visite nuestra página web www.espam.edu.ec



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA AGROPECUARIA DE MANABI
ESPAM "MFL"

No. 1043
CÓDIGO: F-G-SGC-007
REVISIÓN: 0
FECHA: 22/9/2003
CLAUSULA: 4.6
PAGINA 1 DE 1

INFORME DE RESULTADOS

NOMBRE DEL CLIENTE:	CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
SOLICITADO POR:	CHURCHILL AVEIGA VILLACIS
DIRECCIÓN DEL CLIENTE:	MANTA
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA:	COMPOSTAJE
TIPO DE MUESTREO:	CLIENTE
ENSAYOS REQUERIDOS:	FIBRA
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	18/06/2013 08H40
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:	20/06/2013 – 21/06/2013
LABORATORIO RESPONSABLE:	BROMATOLOGÍA
TÉCNICO QUE REALIZÓ EL ANÁLISIS:	ING. JORGE TECA D. – ING. EUDALDO LOOR M.

ITEM	PARÁMETROS	MÉTODO	UNIDAD	RESULTADOS		
				MUESTRA A ₁	MUESTRA A ₂	MUESTRA A ₃
1	FIBRA	INEN 542	%	6,72	8,46	7,86

OBSERVACIONES:



FIRMA DEL JEFE DE LABORATORIO
Fecha: 21/06/2013



FIRMA DEL GERENTE DE CALIDAD
Fecha: 21/06/2013

NOTA: Los resultados reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) recibida(s) por Laboratorios ESPAM. Este informe de resultados no debe ser reproducido parcial o totalmente sin autorización expresa del laboratorio.

Manabí – Bolívar - Calceta: Campus Politécnico, Km. 2.7 Vía El Morro
Teléfono (593) 05 685676 Telefax (593) 05 685156 – 685134 Email: espam@mnbsatnet.net
Visite nuestra página web www.espam.edu.ec