

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes problemas ambientales en los que deriva la actividad humana es la pérdida de fertilidad de los suelos asociada a la práctica de la agricultura intensiva: la tierra se va empobreciendo progresivamente hasta perder casi totalmente sus nutrientes y, por tanto, su capacidad de albergar vegetación, derivando finalmente en la desertificación de las tierras, favoreciendo la erosión y otros fenómenos asociados a la degradación de suelos¹.

El uso de los fertilizantes químicos parece evitar la dependencia del reciclaje de la materia orgánica, es decir, el devolver esos mismos nutrientes de nuevo a las tierras de cultivo. Sin embargo, el abuso de abonos nitrogenados se ha convertido en un problema grave porque acaba contaminando las aguas que se utilizan para consumo humano con nitratos y nitritos².

El ciclo de la materia orgánica en las sociedades queda interrumpido en el momento de arrojar los restos orgánicos, que, en vez de ir al suelo y ser degradados por los microorganismos pertinentes, han sido acumulados en vertederos o quemados en incineradoras durante mucho tiempo, y los materiales salen del ciclo para no volver.

El compostaje es un proceso donde los residuos orgánicos biodegradables se descomponen mediante una oxidación bioquímica³. Este producto final puede ser utilizado, ya sea como acondicionador de suelos, o bien como componente base para la elaboración de sustratos especializados de uso agrícola. Sin embargo, el emplearlos sin un adecuado grado de madurez, puede provocar efectos negativos en las plantas, debido a la presencia de metabolitos fitotóxicos, entre los cuales destacan los contenidos de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales⁴.

¹ FIDA. 2007. **Compostaje**.

² Perfil Ambiental de España. 2004. **Curso de Compostaje**.

³ Instituto Nacional de Normalización (INN). 2004. Norma Chilena de Compost

⁴ Sans, Ramón y Ribas Joan de Pablo. 1999. **Contaminación y Tratamientos**. Ingeniería Ambiental. Barcelona – España.

Por su parte, el humus es simplemente la materia orgánica en estado avanzado de degradación, la cual adquiere la consistencia de una masa amorfa, homogénea y de color oscuro. Por medio del trabajo directo de la lombriz de tierra, que es una técnica empleada para la transformación de residuos sólidos orgánicos, se obtiene el humus de lombriz, que es uno de los abonos de mejor calidad debido a su efecto en las propiedades biológicas del suelo⁵.

Microorganismos Eficaces (EM) es un concentrado líquido, de unas 80 variedades de microorganismos. Los microorganismos pertenecen a diez géneros de cinco familias distintas e incluye especies aeróbicas y anaerobias, que no sólo pueden sino que potencian la coexistencia entre ellos como cultivo⁶. Estos Microorganismos Eficaces se usan para ofrecer soluciones urgentes y actuales de la Tierra como la contaminación mundial del ambiente y de la salud humana.

El compost tipo Bokashi EM es un proceso exotérmico, que eleva la temperatura de la masa, y elimina agentes patógenos. La fermentación de la materia orgánica incluye la degradación y síntesis de nuevos productos. Por tal motivo, es importante encontrar formas para mejorar el manejo y aprovechamiento agrícola del material vegetal conociendo previamente algunas de sus características como son el pH, su conductividad eléctrica y temperatura durante el compostaje, considerando que puede existir interdependencia entre estos factores durante el proceso⁷.

Por ello, los restos vegetales no pueden ser considerados como un desecho, sino un recurso que garantiza la fertilidad de la tierra, de modo que descomponer el material vegetal en compost y usarlo como abono para los suelos, es una opción a tener en cuenta para vivir de manera sostenible y no perjudicar al medio natural⁸

⁵ Milanes, Masgloiris, Rodriguez, Horacio, Ramos, Raúl et al. 2005.

⁶ Higa, Teruo. 2002. **Una revolución para salvar la tierra.**

⁷ Íbidem

⁸ Op. Cit. 3

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Establecer las principales diferencias entre el compostaje tradicional, bokashi y lombricultura, para facilitar el manejo de material vegetal como desecho de la Finca Florícola RosaPrima.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Minimizar el nivel de material vegetal de desecho de podas y de post-cosecha de la Finca Florícola RosaPrima de manera amigable con el ambiente.
- b) Determinar en los tres tratamientos el contenido de nutrientes: Nitrógeno, Fósforo y Potasio, por medio de análisis de laboratorio.
- c) Establecer la relación Carbono / Nitrógeno de los diferentes tratamientos.
- d) Determinar la carga microbiana de los compost en estudio.
- e) Establecer el análisis de costo-efectividad de los diferentes tratamientos.

1.2 Justificación

La falta de un buen manejo de la materia vegetal de desecho de podas en RosaPrima, ha hecho que se tenga acumulación de éste material, por lo tanto, mediante la utilización de microorganismos eficaces en compost (bokashi) y la lombricultura, la investigación propuesta busca encontrar soluciones tanto a los problemas de acumulación de material vegetal, como a la variable mineralización – tiempo de obtención de abono orgánico en la Finca Florícola RosaPrima, hasta cuando éste tenga su disposición final en las camas de flores de dicha Finca Florícola.

1.3 Hipótesis

En este estudio se ha planteado dos hipótesis, siendo H_0 la hipótesis nula y H_a la hipótesis alternativa. Lo que se pretende es ver si todos los tratamientos se comportan igual o si son diferentes entre ellos.

Donde: $H_0 = t_0 = t_1 = t_2$

$H_a = t_0 \neq t_1 \neq t_2$

CAPÍTULO II

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Generalidades Cantón Cayambe

El cantón Cayambe es uno de los ocho cantones que conforman la provincia de Pichincha. Su capital, la ciudad de Cayambe, se encuentra a 75 km, al nororiente de la ciudad de Quito, está sobre los 2700 msnm, la temperatura promedio es de 12° C y la humedad relativa es del 70%⁹.

2.2 Descripción del Área de Estudio

2.2.1 Antecedentes Finca Florícola RosaPrima

La Finca Florícola RosaPrima se sitúa en la parroquia de Cangahua, desde 1996. Está localizada a 5.0 km del Municipio de Cayambe, colinda al Norte con la Finca Merino Farm, al Sur y Oeste con la Florícola Terra Frut, al Este con la Florícola Mar Marison. RosaPrima, se encuentra localizada a 2.5 km del centro de la parroquia.



Fuente: Finca Florícola RosaPrima 2008.

⁹ Datos tomados del Ilustre Municipio de Cayambe. Septiembre 2.007

2.2.2 Características Finca Florícola RosaPrima

Característica del cultivo:	Cultivo de rosas en el suelo
Área total de la finca:	54 hectáreas
Área destinada al cultivo:	22 hectáreas
Área destinada zonas verdes y caminos:	34 hectáreas
Topografía:	(1.5%) plana

2.3 Evaluación Agrológica

Las características físicas del suelo de la Finca Florícola RosaPrima, presentan un pH ligeramente ácido a neutro, teniendo como valores 6.6 a 7. Es un suelo franco arenoso que no es sódico ni salino, debido a que presenta una salinidad y sodicidad menor a 4 uS/cm. En tanto a sus características químicas, presenta un contenido de nitrógeno de 81 ppm (NO_3) y fósforo de 14 ppm¹⁰.

2.4 Características de los Invernaderos

Los invernaderos son lugares donde se produce la mayor cantidad de desechos vegetales, provenientes de las podas, eliminación de plantas y pre-selección de los tallos.

Este sector genera 8.75 T/ha/mes de desechos vegetales, los cuales son recolectados por los trabajadores de cada bloque y transportados hasta el lugar destinado al compostaje.

2.5 Manejo de Desechos Orgánicos en RosaPrima

El proceso utilizado para procesar los desechos vegetales es a través de compostaje tradicional. Aproximadamente un 100% de estos desechos son aprovechados para la elaboración de abono orgánico.

Existe una picadora y tres trabajadores a tiempo completo, todo el proceso se da a la intemperie.

Los desechos son picados y amontonados en camas, permaneciendo así durante tres meses, que es el tiempo que dura el proceso. Durante este tiempo se riega las camas con agua. Al final de los tres meses el abono es ensacado y aplicado en las camas de flores.

¹⁰ Diagnóstico Ambiental Finca Florícola RosaPrima. 2006.

2.6 Actividad Biológica del Suelo

El suelo debe considerarse como un organismo viviente. La definición de que el suelo es tan solo un sustrato para que las plantas crezcan y se alimenten no debe considerarse en la agricultura orgánica. En su reemplazo, debe abrirse la definición del suelo como un ecosistema muy variado, donde la materia orgánica es transformada como alimento de toda la gama de organismos grandes y pequeños que lo habitan, entregándoles energía y quedando un residuo final, el humus, que forma la base de la fertilidad para las plantas¹¹. Una cucharadita de suelo sano contiene muchos millones de pequeños organismos microscópicos benéficos. Ellos pertenecen a varias familias y especies de bacterias, hongos, nematodos y protozoos. Todas deberían coexistir en cuidadoso balance, alimentándose unas de otras; como una cadena alimenticia. Ocurre algunas veces, en el suelo, que cuando un patógeno se encuentra estimulado puede ocurrir una infección. Un suelo “sano” no tiene dificultades para corregir el problema. El manejo del suelo debería por lo tanto ser considerado verdaderamente una micro- agricultura.

2.7 Importancia de las Características del Suelo

Tabla 1. Conjunto de indicadores físicos, químicos y biológicos propuesto para monitorear los cambios que ocurren en el suelo¹²

Propiedad	Relación con la condición y función del suelo	Valores o unidades relevantes ecológicamente; comparaciones para evaluación
Físicas		
Textura	Retención y transporte de agua y compuestos químicos; erosión del suelo	% de arena, limo y arcilla; pérdida del sitio o posición del paisaje
Profundidad del suelo, suelo superficial y raíces	Estima la productividad potencial y la erosión	cm o m

¹¹ Fernández, Gastón. 2005. **Nutrición Orgánica de Suelos**. PROSUR. S.A Chillán – Chile.

¹² Cruz, Bautista. 2004. **La Calidad del Suelo y sus Indicadores**. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente.

Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	minutos/2.5 cm de agua y g/cm^3
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, transporte, y erosividad; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	% (cm^3/cm^3), cm de humedad aprovechable/30 cm; intensidad de precipitación
Químicas		
Materia orgánica (N y C total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad; erosión	Kg de C o N ha^{-1}
pH	Define la actividad química y biológica	comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	dSm^{-1} ; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
P, N, y K extractables	Nutrientes disponibles para la planta, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental	Kg ha^{-1} ; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos
Biológicas		
C y N de la biomasa microbiana	Potencial microbiano catalítico y depósito para el C y N, cambios tempranos de los efectos del manejo sobre la materia orgánica	Kg de N o C ha^{-1} relativo al C y N total o CO_2 producidos
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	Kg de C $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ relativo a la actividad de la biomasa microbiana; pérdida de C contra entrada al reservorio total de C
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N	Kg de N $\text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$ relativo al contenido de C y N total

Fuente: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente. 2004.

2.8 Abonos Orgánicos¹³

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas y contiene sales solubles con elementos nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, en menores cantidades); también puede tener microorganismos como hongos micorrízicos, bacterias fijadoras de nitrógeno y agentes bioquímicos fisiológicamente activos como enzimas, hormonas, ácidos húmicos y aminoácidos entre otros, que pueden acelerar la toma de los nutrientes por las plantas y/o absorberlos para ser metabolizados. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas, compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados.

Esta clase de abonos no sólo aportan al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retentividad de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas¹⁴.

¹³ Programa Nacional de Agricultura Orgánica. 2008. Proyecto PLAGSALUD de la OPS/OMS Costa Rica.

¹⁴ Escobar, Carlos, et.al. 1997. **Bioabonos**. Alternativa para desarrollar una Agricultura sostenible. Colombia.

2.8.1 Tipos de Abonos Orgánicos

Tabla 2. Diferentes tipos de abonos orgánicos según la fuente de aporte de nutrientes y el grado de procesamiento¹⁵

Fuente de nutrientes	Grado de procesamiento	Sólidos	Líquido
Materia orgánica	Sin procesar	Desechos vegetales: Pulpa de café, de naranja, etc. Desechos animales: gallinaza, estiércol fresco. Coberturas/abonos verdes: <i>Arachis</i> sp., <i>Mucuna</i> sp.	Efluentes: de pulpa de café, etc
	Procesados	Compost Lombricompost Bocashi Ácidos Húmicos	Biofermentos Té de compost Ácidos Húmicos Té de estiércol Extractos de algas
Microorganismos		Biofertilizantes: Inoculante en turba de <i>Rhizobium</i> para leguminosas, micorrizas, <i>Bacillus subtilis</i> .	Biofertilizantes líquidos: ME ² o microorganismos benéficos, etc.

Fuente: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales. 2005

- **Gallinaza:** es la principal fuente de nitrógeno en un abono. El aporte consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo con nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. Dependiendo de su origen, puede aportar otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad.
- **Cascarilla de Arroz:** mejora la estructura física del abono orgánico, facilitando la aireación, absorción de la humedad de la filtración de nutrientes en el suelo. También favorece el incremento de la actividad macro y microbiológica del abono y de la tierra, y al mismo tiempo estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas. Es una fuente rica en sílice, lo que confiere a los vegetales mayor resistencia contra el ataque de plagas de insectos y enfermedades. A largo plazo, se convierte en una constante fuente de humus. En la forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, y al mismo tiempo ayuda a corregir la acidez de los suelos.

¹⁵ Muñoz, José. 2005. *Compostaje en pescador, cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales*

- **Carbón:** mejora las características físicas del suelo en cuanto a aireación, absorción de humedad y calor. Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiana del abono y de la tierra; al mismo tiempo funciona como esponja con la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles de la planta, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo.

2.9 Índices de Calidad del Abono Orgánico

Los abonos pueden ser considerados como un “alimento” para la cadena trófica del suelo, como una “siembra” promotora de la actividad biológica de los microorganismos del suelo, como un sustrato con propiedades de “control de enfermedades” de las plantas cultivadas¹⁶.

La calidad de un abono orgánico está inicialmente determinada por el material original (composición y naturaleza de los materiales, grado de digestión, contenido original de nutrientes, etc.) y por el sistema de compostaje.

El objetivo sería lograr una “bioaumentación” o crecimiento incrementado de las poblaciones y actividad biológica de los microorganismos que realizan el proceso de obtención del abono, y la adecuada sucesión de los mismos a lo largo del proceso.

Cuando se tiene MO mayor a 30% es un abono muy bueno y se puede afirmar que ha contribuido en el desarrollo de los microorganismos¹⁷.

2.9.1 Índices de madurez y estabilidad

La madurez y la estabilidad son parámetros importantes para determinar la calidad de un compost. La madurez se usa para describir si un compost es adecuado para un determinado uso final. Normalmente la madurez está relacionada con el potencial de crecimiento de las plantas. Por su parte, la estabilidad se define en términos de biodisponibilidad de la materia orgánica, refiriéndose a su grado de descomposición. Un

¹⁶ Gómez, José María y Estrada de Luis, Belén. 2005. **Índices de Calidad de Suelos y Compost desde la Perspectiva Agro-ecológica.**

¹⁷ Yépez, Silvana. 2008. *Natural Geos.*

material se considera inestable si contiene una elevada proporción de materia fácilmente biodegradable. El conocimiento del grado de estabilidad de la materia orgánica, bien durante la evolución de un proceso biológico, bien en el producto final, es de gran importancia.

La madurez es un parámetro muy a tener en cuenta en la producción del compost, ya que un compost inmaduro puede ser inestable y fitotóxico para el desarrollo de las plantas.

Las diferentes condiciones para estimar la madurez de un abono son:¹⁸

- Observación en el campo:
 - *Temperatura 30° C o menos.
 - *Desintegración, por lo menos parcial, de los materiales más gruesos.
 - *Color oscuro
 - *Desaparición de olores desagradables.
 - *Típico olor agradable a tierra.
 - *Relación C/N <12

2.9.2 Índices bioquímicos

Los índices bioquímicos son una medida de la actividad metabólica de la biomasa microbiana. Por lo tanto, la respiración se considera una medida de la actividad biológica.

Este parámetro puede proporcionar una medida fiable y repetitiva de la actividad microbiológica de un material. Las técnicas respirométricas consisten en la medida del O₂ consumido o el CO₂ producido por los microorganismos heterótrofos aerobios que hay en el compost, y en consecuencia son indicadoras de la actividad biológica que en él ocurre.

2.10 Ciclos de los Elementos en los Abonos Orgánicos¹⁹

Cada elemento que constituye el material vegetal sigue una vía única de descomposición, determinada por transformaciones bioquímicas particulares. Las transformaciones que

¹⁸ Benzing, Albrecht. 2.001. **Agricultura Orgánica**. Fundamentos para la Región Andina. Alemania.

¹⁹ Op. Cit. 17

cambian los elementos a formas biológicas se denominan **asimiladoras**, y las que devuelven los nutrientes a formas minerales son llamadas **desasimiladoras**. No todas las transformaciones de los elementos están mediadas por seres vivos, ni todas comprenden la liberación de energía utilizable. Muchas se producen en el aire, el suelo o el agua.

La mayor parte de las transformaciones de energía se asocian con la oxidación y la reducción bioquímica del carbono, oxígeno, nitrógeno y azufre. Un átomo se **oxida** cuando expulsa electrones y se **reduce** cuando los acepta²⁰. Podemos decir que estos electrones se llevan consigo una parte de la energía que puede ser utilizada en las transformaciones biológicas. Una reacción liberadora de energía (oxidación) siempre se conjuga con una que acepta energía (reducción). La energía (en forma de electrones) se desplaza de los reactivos a los productos. Como la oxidación tiene que tener al menos tanta energía como necesita la reducción, muchas veces sobra energía que no se puede utilizar en otra reducción y se pierde en formas más degradadas, como por ejemplo el calor.

2.10.1 Enzimas del Proceso de Descomposición del Material Vegetal

Las enzimas son proteínas elaboradas por las células a partir de aminoácidos. Son catalizadores orgánicos producidos por microorganismos y utilizados por ellos para acelerar la velocidad de miles de reacciones de producción de energía y formación de células que ocurren dentro de la célula²¹.

Las reacciones catalizadas por enzimas dependen del pH que afectan poderosamente a la estructura de las enzimas. La sensibilidad al pH de microorganismos es, en cierta medida, el resultado complejo de multitud de reacciones enzimáticas implicadas en todo el metabolismo²². La temperatura también afecta a la actividad enzimática individual de forma parecida a su efecto total sobre los microorganismos.

²⁰ Cooperband, Leslie. **Definición de Compostaje**. Departamento de Ciencias del Suelo. Universidad de Wisconsin-Madison.

²¹ Rittmann, Bruce. 2.001. **Biotecnología del Medio Ambiente**. Principios y Aplicaciones.

²² Ruiz, Manuel. 1.999. **Bioquímica Estructural**.

La principal fuente de energía es suministrada a través de las reacciones de oxidoreducción, que implican la transferencia de electrones de un átomo a otro o de una molécula a otra. Los portadores de electrones mueven los electrones de un compuesto a otro.

En la oxidación aerobia de celulosa, los electrones y los átomos de hidrógeno son eliminados de la celulosa por medio de un complejo conjunto de reacciones de oxidoreducción. Una vez transferida la energía, los electrones compartidos se combinan finalmente con oxígeno elemental para formar agua. En este caso, la celulosa es el donante de electrones primario y el oxígeno el aceptor de electrones terminal²³.

Los microorganismos pueden producir cientos de enzimas diferentes, cuya producción debe ser regulada de forma coordinada para que el organismo pueda responder adecuadamente a los cambios de tipo de sustrato, concentraciones, condiciones ambientales y sus necesidades de energía para el movimiento, reproducción y crecimiento. Como una célula no puede producir siempre todas las enzimas posibles, el organismo debe ser capaz de sintetizar cantidades suficientes de ciertas enzimas cuando son necesarias y para su producción cuando ya no lo son a fin de evitar derroches de energía y conservar un espacio limitado. Además debe producir la cantidad apropiada de cada enzima para que sea producida la cantidad correcta de cada sustancia que necesita la célula.

2.10.2 Metabolismo

Para obtener energía y elaborar nuevos componentes celulares, los organismos tienen que disponer de materias primas o nutrientes. Los nutrientes son sustancias que se emplean en la biosíntesis y producción de energía y, en consecuencia, son necesarios para el crecimiento microbiano²⁴.

²³ Blanco, José. 2006. **Acondicionadores y Mejoradores del Suelo.**

²⁴ Prescott, Lansing. 2002. **Microbiología.**

La célula microbiana está constituida esencialmente por carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre, fósforo éstos seis son componentes de los hidratos de carbono, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, mientras que el potasio, calcio magnesio y hierro, se encuentran en la célula en forma de cationes y desempeñan diversos papeles. Éstos 10 elementos son denominados macronutrientes porque los microorganismos los captan en cantidades relativamente grandes. Mientras que los micronutrientes son principalmente magnesio, zinc, cobalto, molibdeno, níquel y cobre, todos estos formando parte de enzimas, y facilitan la catálisis de reacciones y el mantenimiento de la estructura de proteínas.

Es la suma total de todos los procesos químicos de la célula. El catabolismo es el conjunto de procesos involucrados en la oxidación de sustratos con el fin de obtener energía, el anabolismo que incluye a todos los procesos de síntesis de componentes celulares a partir de fuentes de carbono²⁵. Por ellos el catabolismo suministra la energía requerida por el anabolismo y suministra también la energía necesaria para el movimiento y otros procesos que requieren energía.

Las células microbianas obtienen energía para su crecimiento y mantenimiento por medio de la oxidación del material vegetal como la celulosa (quimioheterótrofos). La energía química liberada se transfiere para el emparejamiento, normalmente a través de coenzimas como la ATP. La energía de la ATP es utilizada para generar procesos tales como el crecimiento celular o mantenimiento.

2.11 COMPOST

Según Gómez de la Torre, Diana el compostaje es un abono orgánico que se lo obtiene a partir de la biotransformación del material vegetal, gracias a la acción de miles de microorganismos y es una forma de reciclaje del material vegetal²⁶.

²⁵ Op. Cit. 22

²⁶ Desarrollo del estudio propuesto en fase de campo. 2008

El compost es un abono orgánico (ni mineral ni químico) obtenido a partir de la descomposición aerobia de la materia orgánica. Es lo que se produce cuando los materiales de origen animal o vegetal se biodegradan por la acción de miles de microorganismos. Es un producto estable, de olor agradable y con multitud de propiedades beneficiosas para los suelos y las plantas²⁷.

El **compostaje** se puede definir como la técnica por la cual la materia orgánica es descompuesta de forma controlada, imitando los procesos naturales de fermentación termófila para producir humus, convirtiéndose en un producto válido para abonar nuestros suelos y plantas. Es, asimismo una forma de reciclaje. Podemos decir, por tanto, que el compostaje es el cierre artificial del ciclo de la materia orgánica²⁸.

2.11.1 Beneficios del compost

El compost, al tratarse de un abono natural, mantiene la actividad biológica del suelo y le aporta los elementos nutritivos más importantes y oligoelementos. Pero su función más importante con respecto al suelo es la reestructurante. Además, gracias a los procesos microbianos permite movilizar los oligoelementos bloqueados en el suelo y ponerlos a disposición de las plantas. Los microorganismos y las enzimas sirven de catalizadores para la absorción de gran parte de los elementos nutritivos. Por tanto, el uso principal del compost es el de cerrar el ciclo de la materia orgánica.

Desglosando estos datos, los beneficios del uso del compost se pueden enumerar de la siguiente forma:²⁹

2.11.1.1 Efectos en la estructura del suelo

Los millones de microorganismos que viven en el compost contribuyen a formar y estabilizar la tierra. Esta materia orgánica presente en el compost capta las partículas del suelo (arena, arcilla y limo), actuando como aglomerante. Estos agregados que se han formado mantienen la estructura del suelo, para que no se los lleve el viento ni el agua. Estos efectos se observan en un aumento de la capacidad del suelo para retener agua, un

²⁷ Asociación Colectivo para el Desarrollo Rural de tierra de Campos. 2006. **Investigación para Usos Agrícolas de la Lana.**

²⁸ Op. Cit. 20

²⁹ Op. Cit. 37

incremento de la porosidad de suelos difíciles, una mejora en la ventilación y calentamiento de los suelos y, en definitiva, la creación de una estructura aterronada.

2.11.1.2 Efectos sobre los nutrientes de las plantas

La materia orgánica, al mineralizarse, libera una serie de elementos que permiten a los microorganismos fijar el nitrógeno del aire y descomponer los minerales liberando los nutrientes. Esto es debido a que el compost contiene una gran reserva de nutrientes que poco a poco entrega a las plantas, además al aumentar el contenido de materia orgánica del suelo, evita la erosión y la desertificación.

2.11.1.3 Efectos sobre la salud del suelo

El compost, al aumentar la actividad biótica, proporciona sustancias activas como hormonas vegetales y antibióticos, es rico en microbios y frena la acción y proliferación de microorganismos dañinos.

2.11.1.4 Efectos sobre la calidad del suelo

Únicamente proporciona elementos orgánicos que son transformados y pasan al ciclo de la materia orgánica, evitando así el peligro que supone para el suelo y las aguas subterráneas, el uso de fertilizantes químicos.

2.11.2 Riesgos Asociados del Compost³⁰

- a) Reducción en la calidad del compost.
- b) Deterioro de la calidad del entorno del proyecto.
- c) Problemas sanitarios.
- d) Riesgos para la manipulación de los desechos.

³⁰ Op. Cit. 15

2.11.3 Fases o Etapas de Biotransformación del Compost³¹

2.11.3.1 Fase de Biotransformación

2.11.3.1.1 Fase de latencia y crecimiento

Es el tiempo que necesitan los microorganismos para aclimatarse a su nuevo medio y comenzar a multiplicarse. Esta fase suele durar de 48 a 96 horas y depende de la temperatura y de la carga microbiana que contenga el material³²; al final de ella la temperatura alcanza más de 50° C. El valor de pH se encuentra en torno a 6, debido a la reacción ácida de los jugos celulares y a la actividad bacteriana (incrementada por el aumento de la temperatura) con formación de ácidos provoca la disminución del pH hasta aproximadamente 5,5. En esta fase, bacterias y hongos mesófilos, disponen de todas las sustancias directamente asimilables contenidas en estado natural en el medio orgánico. Estos microorganismos liberan ácidos a partir de la materia orgánica. La duración de esta etapa y puede durar de 24 a 72 horas.

Las bacterias son las que predominan en esta etapa. Son las responsables de la mayoría de los procesos de descomposición, ya que poseen un amplio rango de enzimas que degradan una gran variedad de materiales orgánicos, así como de la producción de energía calorífica en el compost. La mayoría de las bacterias mesofílicas son las que normalmente se encuentran en el suelo vegetal.

2.11.3.1.2 Fase termófila

Dependiendo del producto de partida y de las condiciones ambientales, este proceso suele durar entre una semana, en los sistemas acelerados, y de uno a dos meses en los de fermentación lenta. El aumento de la temperatura, como consecuencia de la intensa actividad, provoca la proliferación de las primeras especies termófilas presentes en los residuos en estado latente. Especies de bacterias y de hongos termófilos entran en actividad hasta temperaturas de 65° C, en ese momento aumenta la actividad enzimática,

³¹ Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2006. **Manual para la elaboración de Compost.**

³² Íbidem

la hidrólisis, transformación de las grasas y el ataque superficial de la celulosa y lignina formando sustancias orgánicas simples. La etapa mesotérmica es particularmente sensible al binomio óptimo humedad-aireación.

La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura lo cual elimina gérmenes patógenos, larvas y semillas. Sólo sobreviven las bacterias termófilas, se debilita la actividad biológica y se produce la pasteurización y estabilización del medio. La falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable³³.

En cuanto a las bacterias responsables ahora de la degradación, tanto de proteínas como de lípidos y grasas, se han conseguido aislar miembros del género *Bacillus* (temperatura óptima 50-55° C) y del género *Thermus*, cuando se alcanzan las temperaturas más altas del compost. Los hongos, que incluyen mohos y levaduras, son los responsables de la degradación de desechos resistentes, permitiendo a las bacterias continuar el proceso de descomposición una vez que la mayoría de la celulosa ha sido degradada. En lo referente a los actinomicetes hay que destacar su papel, ya que degradan compuestos orgánicos complejos (celulosa, lignina, quitina y proteínas). Sus enzimas les permiten descomponer químicamente desechos duros como cortezas, tallos, troncos, raíces y papeles³⁴.

Si la compactación y ventilación son adecuadas, se producen visibles emanaciones de vapor de agua. El CO₂ se produce en volúmenes importantes y juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO₂ alcanzada resulta letal para las larvas³⁵.

Por encima de los 70° C cesa prácticamente la actividad microbiana. Cuando la temperatura vuelve a bajar reaparecen las formas activas (formas no esporuladas), y

³³ Op. Cit. 32

³⁴ Nogués, Fernando. **Compostaje**.

³⁵ Íbidem 34

presentan entonces también mucha actividad los protozoos, que actúan como consumidores secundarios ingiriendo bacterias y hongos, los nemátodos, los miriápodos, etc.

El medio se alcaliniza como consecuencia de la formación de amonio. Los valores máximos que se alcanzan se encuentran en torno a 8,5.

2.11.3.1.3 Fase de maduración

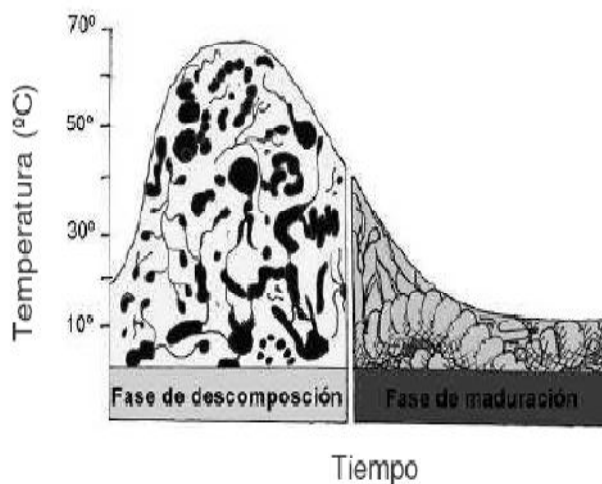
Es un período de fermentación lenta. Puede llegar a durar tres meses. Los microorganismos termófilos disminuyen su actividad y aparecen otros, como hongos que continúan el proceso de descomposición: los basidiomicetes van degradando la lignina, los actinomicetes descomponen la celulosa, etc.

En esta fase, a partir de componentes orgánicos, se sintetizan coloides húmicos, hormonas, vitaminas, antibióticos y otros compuestos que favorecerán el desarrollo vegetal. Se agota la materia orgánica susceptible de aportar carbono, disminuye la actividad biológica y presencia de bacterias termófilas, dando lugar a un descenso progresivo de las temperaturas, presentando valores muy cercanos a la temperatura ambiente.

El pH disminuye tendiendo a la neutralidad en esta fase. En estos momentos se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso³⁶.

³⁶ Op. Cit. 27

Gráfico 1. Evolución de la temperatura en las distintas fases



Fuente: Proyecto medioambiental sobre reutilización de la materia orgánica realizado por el colectivo KIMA BERDEA. 2007

2.11.3.2 Factores relativos al propio proceso de compostaje³⁷

2.11.3.2.1 Temperatura

Cada tipo de microorganismo tiene una temperatura óptima de desarrollo. Así, para los criófilos es de 5°C a 15°C, para los mesófilos de 15°C a 45°C y para los termófilos de 45°C a 75°C aproximadamente. El grupo que resulte favorecido por una temperatura concreta descompondrá la materia orgánica del residuo, utilizándola como fuente de energía y de obtención de materiales para reproducirse.

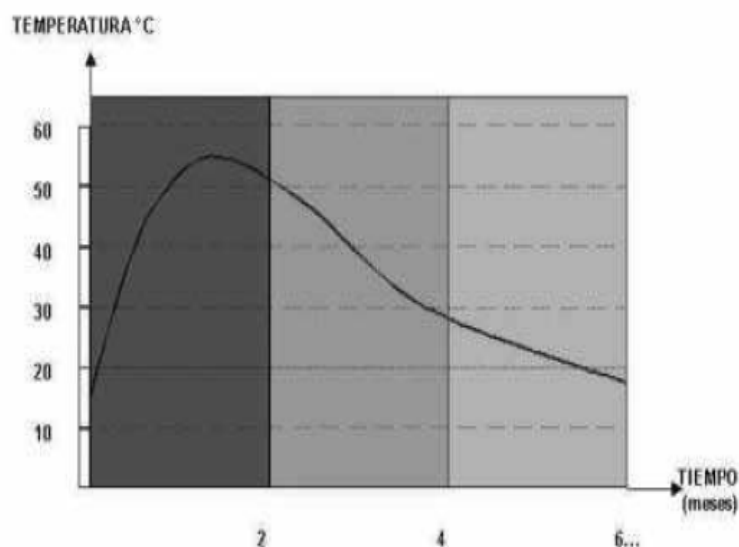
Los microorganismos generan calor según van descomponiendo la materia orgánica, como consecuencia de las reacciones exotérmicas asociadas al metabolismo. Este calor hace variar la temperatura de la pila, alcanzándose temperaturas de hasta 65°C. La variación dependerá de las dimensiones de la pila (el calor producido será proporcional al volumen o masa de la pila, pero la pérdida lo será a la superficie) y también, aunque en menor grado, de las condiciones ambientales.

³⁷ Op. Cit. 28

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo de 35°C a 55°C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas, aunque a veces estas temperaturas sean superadas espontáneamente por la misma dinámica del proceso. A temperaturas excesivamente altas, muchos microorganismos interesantes para el compostaje mueren y otros no actúan porque están esporulados, La transformación óptima sería con 15 días a 40°C y después dejar subir la temperatura para higienizar, ya que a los 50°C desaparecen los hongos.

De hecho algunas transformaciones se piensa que tiene únicamente por microorganismos mesofílicos, debido que las altas temperaturas son perjudiciales para los organismos del compostaje, retardan el proceso, y perjudicarían la calidad del compost³⁸.

Gráfico 2. Evolución de la temperatura durante el transcurso del proceso de compostaje



Fuente: Proyecto medioambiental sobre reutilización de la materia orgánica realizado por el colectivo KIMA BERDEA. 2007

³⁸ Stopella, Peter. 2004. *Utilización de Compost en los sistemas de cultivo hortícola*.

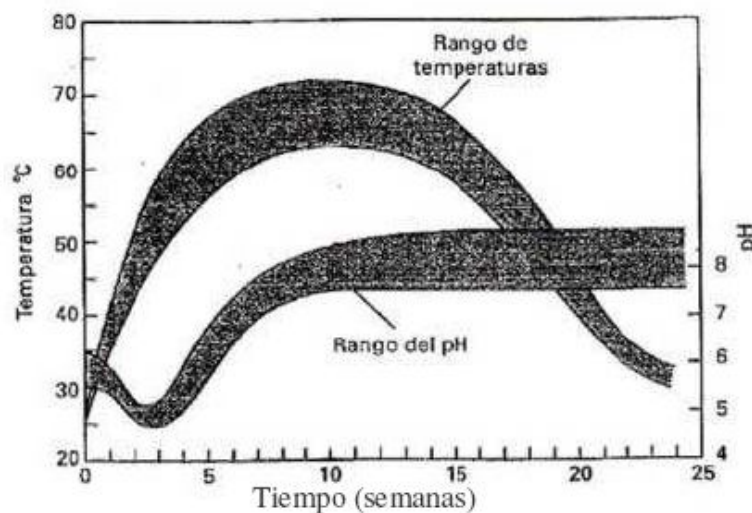
2.11.3.2.2 pH

El pH afecta a todos los tipos y cantidades de microorganismos presentes en la masa sometida a compostaje.

En general los hongos toleran un amplio rango de margen de pH (de 5 a 8), al contrario que las bacterias, que tienen un margen menor (de 6 a 7,5). Las limitaciones son debidas al hecho de que en determinados pH precipitan nutrientes esenciales para los microorganismos.

La variación de pH a lo largo del proceso de compostaje es importante. En la primera fase, la mesofílica, el pH puede disminuir por la formación de ácidos libres (la disminución sería mucho mayor en el caso de las fermentaciones anaeróbicas), pero después va aumentando. Subidas fuertes de pH pueden facilitar la pérdida de nitrógeno en forma amoniacal. El pH óptimo sería ligeramente alcalino, entre 7 y 8³⁹.

Gráfico 3. Variación del PH en función de las variaciones de temperatura



Fuente: Proyecto medioambiental sobre reutilización de la materia orgánica realizado por el colectivo KIMA BERDEA. 2007

³⁹ Hernández, Alejandro, López, Rubén, Barrios, José. 2004. Temperatura pH y conductividad eléctrica en el compostaje.

2.11.3.2.3 Humedad

Este factor es indispensable para la nutrición de los microorganismos, ya que el agua es el medio en que se disuelvan los nutrientes.

Teóricamente una descomposición aeróbica puede realizarse entre valores de humedad del 30 al 70%, siempre que se pueda asegurar una buena aireación, lo que dependerá, tanto del método de aireación como de la textura del residuo o residuos utilizados (fibrosos, granulosos, pulverulentos, etc.)

En la práctica del compostaje siempre se tiene que evitar una humedad elevada porque ocuparía el aire de los espacios entre partículas del residuo, y el proceso pasaría a ser anaeróbico. Por otra parte, si la humedad es excesivamente baja, disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso se retrasa.

2.11.3.2.4 Aireación

El oxígeno es necesario para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Debe ser suficiente para mantener la actividad microbiana, sin que aparezcan condiciones anaerobias, que, además de entorpecer el proceso, dan lugar a la aparición de olores y a un producto de inferior calidad. Por debajo del 10% se dan las condiciones anaerobias. Es el mínimo al que podemos mantener la compostera para que no inicie un proceso anaerobio.

Obtener la cantidad de oxígeno necesaria por día y por masa de material es posible, pero hay que tener en cuenta que depende del tipo de material, de la textura y humedad, de si se voltea o no y de la frecuencia de volteo. La concentración óptima se encuentra entre el 5% y el 15% en volumen de O₂. La aireación facilita la pérdida de CO₂.

El volteo de una pila de compostaje es necesario, no tan solo para airear, sino también para homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas consigan una temperatura uniforme. Cada volteo además, consigue disminuir de 5°C a 10°C la temperatura, lo cual

puede ser muy importante si se exceden los 60°C. De todas formas, la temperatura de la pila se recupera rápidamente si el compostaje todavía no está finalizado⁴⁰.

2.11.3.2.5 Relación C/N

Los materiales introducidos en la compostera tienen que presentar nutrientes, pero más importante que las cantidades es la proporción existente entre los dos macronutrientes principales, carbono y nitrógeno, lo que se conoce como relación C/N. Este aspecto es muy importante para que funcione el compostaje y para que se aprovechen y se retengan al máximo los nutrientes.

La cantidad de carbono necesaria es considerablemente superior a la de nitrógeno, ya que los microorganismos la utilizan como fuente de energía (se pierde en forma de CO₂) y porque está en el material celular en una cantidad muy superior a la del nitrógeno (necesario para la síntesis de proteínas).

Las formas de carbono más fácilmente atacables por los microorganismos son los azúcares y grasas. El nitrógeno utilizado se encuentra, casi en su totalidad en forma orgánica.

Conviene limitar las pérdidas de nitrógeno. Se pierde este elemento cuando las sustancias que contienen carbono son resistentes al ataque microbiano, o cuando las sustancias con nitrógeno se descomponen con demasiada rapidez. Si el proceso se realiza de forma adecuada, el amoníaco desprendido es captado, transformado e incorporado a los microorganismos.

Las pérdidas máximas se producen cuando la fermentación es más activa (30-45°C). No debe perderse más del 20% del nitrógeno total. La humedad del medio ayuda a la conservación del nitrógeno, se diluye el amoníaco y se evita su pérdida en forma de gas.

⁴⁰ Op. Cit. 21

Uno de los índices más utilizados es la relación C total/N total, estableciéndose, en general, que en un compost maduro esta relación debe ser < 20 . Sin embargo, este índice es muy afectado por el material original; así por ej., en el caso de biosólidos esta relación es muy inferior a 20 en el material sin compostar y tiende a aumentar durante el proceso de compostaje.

Una relación C/N entre 25/1 y 30/1 es la ideal para iniciar el proceso, estableciéndose, en general, que en un compost maduro la relación debe ser < 20 ⁴¹. Sin embargo, este índice es muy afectado por el material original; así por ej., en el caso de biosólidos esta relación es muy inferior a 20 en el material sin compostar y tiende a aumentar durante el proceso de compostaje.

Si el exceso de carbono es muy grande, la actividad biológica disminuye, y se alarga la fermentación. Hay que indicar que si la relación C/N es alta durante el compostaje se retrasará la descomposición, mientras que en el caso de la aplicación al suelo el problema sería más grave, ya que provocaría el “hambre de nitrógeno”. Si un residuo tiene una relación C/N adecuada, pero contiene muchas ligninas o celulosas, su velocidad de descomposición será también muy lenta.

Si la relación C/N es muy baja o menor a 8/1 se produce un fenómeno de autorregulación en el cual se pierde el exceso de nitrógeno como amoníaco. Es un fenómeno que no afecta negativamente al compostaje en sí mismo, pero como consecuencia se pierden nutrientes.

La mezcla de distintos residuos con distinta relación C/N puede solucionar este problema. Si se consigue un producto final con bajo contenido en materia orgánica, una solución puede ser añadir material con ligninas. Valores altos pueden corregirse retirando celulosa o bien añadiendo materiales con alto contenido en nitrógeno.

⁴¹ Comando, Antonio. 2006. **Optimización del compostaje de residuos sólidos urbanos en proceso de serio anaerobio – aerobio.**

Tabla 3. Residuos y su Relación Carbono / Nitrógeno

Tipo de Materia Orgánica	Relación C / N
Material Vegetal, follaje abundante	10 / 1
Cascarilla de Arroz	15 / 1
Melaza	17 / 1

Fuente: Investigación para Usos Agrícolas de la Lana. España. 2006

2.11.4 Principales Organismos que actúan en el Compost

Bacterias: Son organismos vivos unicelulares, cuyo tamaño no supera la micra de diámetro ni las dos micras de longitud. Son los organismos más numerosos del suelo así como también del compost, de manera que constituyen del 80% al 90% de los microorganismos existentes en un gramo de compost. Son responsables de la mayoría de los procesos de descomposición así como de la producción de energía calorífica en el compost⁴².

Las bacterias que participan en el compostaje son mesófilas y termófilas. Las primeras son las que normalmente se encuentran en el suelo vegetal y producen ácidos. Las segundas son las responsables de la degradación de proteínas, lípidos y grasas.

Entre los géneros más frecuentes de bacterias se encuentran *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Caulobacter*, *Cellulomonas*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* y *Xanthomonas*.

Hongos: Incluyen a los hongos filamentosos y las levaduras. Típicamente saprofitos (obtienen la energía de la materia orgánica de las plantas y animales muertos) y aeróbicos, encuentran un hábitat ideal en el compost. Las especies fúngicas son numerosas tanto en las fases mesofílicas como en la termofílica. Crecen como filamentos casi invisibles o como colonias blancas o grises vellosas en la superficie de la pila.

⁴² Op. Cit. 31

Son responsables de la descomposición de polímeros complejos (celulosa, hemicelulosas, pectinas, lignina). En el compost son importantes porque rompen los restos vegetales y animales permitiendo que las bacterias continúen con la descomposición una vez que la celulosa se ha agotado. Pueden atacar material demasiado seco, ácido o con bajo contenido de nitrógeno de difícil descomposición por las bacterias.

Actinomicetes: Parecidos a los hongos en su morfología. Son bacterias con hifas productoras de micelios. Componen entre el 10 y el 33% en número de las bacterias del suelo.

Son abundantes en los suelos, siendo los géneros más comunes *Nocardia* y *Streptomyces*.

Son heterótrofos y aerobios, poco tolerantes a la acidez. Su papel en la degradación y mineralización no es tan importante como el de las bacterias y los hongos; su importancia deriva de su eficacia en la degradación de sustancias húmicas y de su aptitud para sintetizar sustancias bióticas y antibióticos⁴³.

Dentro del proceso de compostaje son los que producen el olor a tierra húmeda, así como enzimas que descomponen sustancias muy resistentes como la celulosa o la lignina.

Ácaros: Son arácnidos de pequeño tamaño, con un cuerpo globoso del cual salen los apéndices articulados (patas). Constituyen la población de artrópodos más importante del suelo, pueden ser depredadores o saprófitos, participando en la degradación del material vegetal⁴⁴.

Crustáceos (Isópodos): Son las llamadas cochinillas de humedad. Son el único grupo de crustáceos que ha sido capaz de colonizar el medio terrestre de una manera total (sin

⁴³ Op. Cit. 42

⁴⁴ Op. Cit. 38

necesidad de ambientes acuáticos en ninguna fase de su ciclo vital). Requieren ambientes húmedos por lo que viven en la hojarasca y debajo de las piedras⁴⁵.

2.11.5 Parámetros del Compost

Tabla 4. Comportamiento de algunas variables durante el proceso de compostaje.

Materia Orgánica	30 - 60%	Relación C/N	10 – 11%
Humedad	40 – 45%	Ácidos Húmicos	0.90 – 1.80%
Nitrógeno Total	1.5 – 2 %	pH	6.8 – 7.2
Fósforo	> 300 ppm	Carbono Orgánico	14 – 30%
Potasio	> 1%	Calcio	2 – 8%

Fuente: Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra. 2001

2.12 BOKASHI

Este proceso de fermentación dura entre 7 – 30 días, dependiendo de los materiales que se utilicen y de la temperatura ambiente.

"Bokashi" es una palabra japonesa que significa "materia orgánica fermentada"; o en este caso, abono orgánico fermentado.

Para la preparación del "bokashi", los agricultores japoneses usan materias orgánicas como la cascarilla de arroz, torta de soya, harina de pescado y el suelo de los bosques (contenido de varios microorganismos benéficos que aceleran la preparación de este abono), como inoculante de microorganismos. El "Bokashi" ha sido utilizado por los agricultores japoneses para aumentar la diversidad microbiana, mejorar la condición física y química del suelo, prevenir sus enfermedades y suplirlo con nutrientes para el desarrollo de los cultivos⁴⁶.

⁴⁵ Íbidem 44

⁴⁶ Leblanc, Humberto. 2004. **Bokashi (Abono Orgánico Fermentado)**. Universidad EARTH Costa Rica.

El concentrado de Microorganismos eficaces (EM) contiene las especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de las bacterias del ácido láctico y de las levaduras y de números más pequeños de bacterias fotosintéticas, de actinomicetes y de otros tipos de microorganismos. Todos los éstos son mutuamente compatibles el uno con el otro y pueden coexistir en un medio líquido⁴⁷.

2.12.1 Tipos de Bokashi

2.12.1.1 Bokashi Tradicional

Como se mencionó anteriormente, el Bokashi es una técnica utilizada por agricultores japoneses desde hace muchos años. Por esta razón se conoce como bokashi tradicional en comparación con otras técnicas más modernas para preparar este abono. El bokashi tradicional posee algunas características que permiten diferenciarlo fácilmente⁴⁸:

- a) El uso de altos volúmenes de suelo de bosque o montaña (suelo que contiene microorganismos benéficos, y no contiene patógenos).
- b) El uso de materia orgánica de alta calidad como cascarilla de arroz, gallinaza y torta de soya.
- c) El proceso se realiza solo bajo condiciones principalmente aeróbicas.
- d) Hay una diversidad de recetas de Bokashi Tradicional, porque cada agricultor lo realiza a su manera; por ejemplo, algunos utilizan yogurt.

Lo siguiente es un ejemplo de los materiales a usar en la preparación de un Bokashi Tradicional:

Suelo de Bosque	2 sacos
Gallinaza	1 saco
Torta de soya	1 saco
Cascarilla de arroz	1 saco
Carbón molido	1 saco

⁴⁷ **Microorganismos Eficaces**. 2006.

⁴⁸ Shintani, Masaki y Leblanc, Humberto. 2000. **Bokashi (Abono Orgánico Fermentado)**.

2.12.1.2 Baiyoudo

En algunas regiones del Japón hay agricultores que al Bokashi lo llaman Baiyoudo. Este Bokashi se deja fermentar más tiempo que el Bokashi Tradicional; sus características son las siguientes⁴⁹:

- a) Uso de altos volúmenes de suelo de montaña.
- b) El uso de materia orgánica de alta calidad como cascarilla de arroz, gallinaza, torta de soya y harina de pescado.
- c) El Baiyoudo se fermenta y descompone en 6 semanas (12 semanas en invierno); es como un suelo rico en nutrientes y microorganismos, por lo que se puede utilizar no solo como abono, sino como sustituto del suelo para cultivos.

A continuación se presenta un ejemplo de materiales usados para la elaboración del Baiyoudo:

Suelo de Montaña	60 % (en volumen)
Gallinaza	20 %
Torta de soya	8 %
Cascarilla de arroz	30 %
Harina de pescado	20 %

2.12.1.3 Bokashi EM

2.12.1.3.1 Principales Microorganismos

Las especies principales de los microorganismos eficaces incluyen⁵⁰:

1. **Bacterias Ácido Lácticas:** producen ácido láctico a partir de azúcares que son sintetizados por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico puede suprimir microorganismos nocivos como el *Fusarium sp.*, ayuda a solubilizar la cal y

⁴⁹ Op. Cit 48

⁵⁰ Correa, Margarita. 2007. **Microorganismos Eficaces**. Argentina.

el fosfato de roca. Se puede tener: *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus casei*, *Streptococcus lactis*.

2. **Bacterias fotosintéticas:** pueden fijar el nitrógeno atmosférico y el bióxido de carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetizan sustancias bioactivas. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día. Se encuentran: *Rhodopseudomonas plastrus*, *Rhodobacter spaeroides*.
3. **Mohos y Levaduras:** Degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas, enzimas) que pueden estimular el crecimiento y actividad de otras especies de EM, así como de plantas superiores⁵¹.

Soportan rangos de pH amplios, y crecen mejor en sustratos ácidos. Se tiene: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*.

4. **Actinomicetes:** Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas. Contiene: *Streptomyces albus*, *Streptomyces griseus*.

5. **Hongos de la fermentación:** *Aspergillus oryzae*, *Mucor hiemalis*.

A partir de material vegetal como desecho puede producirse un excelente compost a través de la acción de los microorganismos que componen el EM, que bajo condiciones aeróbicas el Bokashi fermenta rápidamente produciendo un aumento de la temperatura, evitando la putrefacción del material vegetal⁵².

⁵¹ Fundación de Asesorías para el Sector Rural. 2002. **Tipos de Microorganismos**.

⁵² Fundación Piedra Nueva .2003. **Microorganismos Eficientes**.

El Compost obtenido mediante este proceso tiende a retener los nutrientes originales de sus componentes, más las enzimas, vitaminas y otras sustancias útiles producidas por la acción del EM.

Es recomendable que el EM activado sea utilizado inmediatamente, sin embargo puede almacenarse durante tres meses máximo muy bien tapado y en un lugar fresco, en donde no esté expuesto al sol directamente⁵³.

El compostaje con EM es el proceso mediante el cual distintos materiales orgánicos en proporciones y tamaños definidos, se mezclan con el objeto de lograr una rápida transformación de la materia orgánica en presencia de oxígeno, y con adición de microorganismos especializados, sin embargo, una vez colocado en el suelo puede seguir sufriendo fermentación hasta terminar con una completa maduración, con lo que se consigue equilibrar los microorganismos benéficos y patógenos del suelo⁵⁴.

2.12.2 Ventajas del Bokashi

Se mantiene un mayor contenido energético de la masa orgánica, pues al no alcanzar temperaturas tan elevadas hay menos pérdidas por volatilización. Además suministra organocompuestos (vitaminas, aminoácidos, ácidos orgánicos, enzimas y sustancias antioxidantes) directamente a las plantas y al mismo tiempo activa a los micro y macroorganismos benéficos durante el proceso de fermentación. También ayuda en la formación de la estructura de los agregados del suelo; el bokashi se puede preparar en corto tiempo y no produce malos olores ni moscas⁵⁵.

2.13 LOMBRICULTURA

Es un proceso de biodegradación natural similar al compostaje, con la diferencia importante de que el material, además de ser atacado por la carga microbiana (hongos, actinomicetos, bacterias), que existen en el medio natural, pasa por el complejo sistema digestivo de la lombriz roja californiana, donde ocurren procesos de fraccionamiento,

⁵³ Oliveira, Nilson. 2006. *Elaboración de abono orgánico tipo bokashi con tecnología EM*. Natural Geos.

⁵⁴ Muñoz, Federico. 2004. *Análisis de la descomposición de ramas (fracción fina) en un ecosistema terrestre de México*.

⁵⁵ Op. Cit. 52

desdoblamiento, síntesis, saneamiento y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual trae como consecuencia un aumento sustancial en velocidad de degradación y mineralización del desecho, obteniendo un producto final de alta calidad química, física y sobre todo microbiológica⁵⁶.

2.13.1 Razones de su elección

El humus presenta un efecto homeostático (tampón), ya que modera los cambios de acidez y neutraliza los compuestos orgánicos tóxicos que llegan a él por contaminación. De esta forma, un suelo que posee un nivel adecuado de materia orgánica humificada, se encuentra con mayores defensas frente a invasiones bacterianas y fúngicas tóxicas para las plantas⁵⁷.

Dentro de las ventajas que presenta el humus de lombriz, se encuentra su baja relación carbono-nitrógeno (13 a 9), lo cual permite, al ser utilizado, evitar fenómenos de competencia por nutrientes (nitrógeno) entre los microorganismos del suelo y los cultivos que en él se desarrollen. Por otra parte el uso directo de residuos orgánicos en suelos agrícolas, debido que por lo general presentan relaciones carbono-nitrógeno muy superiores a 20, desencadenan, por un período variable de tiempo, fuertes competencias por el nitrógeno entre microorganismos telúricos edáficos y los que en el suelo crecen y se desarrollan, con la consiguiente depresión de la tasa de crecimiento de los primeros. Paralelamente se produce un desequilibrio de las cadenas tróficas del sistema, lo que puede dar origen a plagas agrícolas.

Bajo condiciones de cultivo donde el agua es factor limitante y se utilice sistemas de riego tecnificado de goteo, se recomienda incorporar humus en el área de mojado, para aumentar la eficiencia de recuperación del agua y nutrientes por parte del cultivo.

Un kilo de lombriz consume un kilo de materia orgánica al día⁵⁸, debido a su capacidad de reproducción, una tonelada de este anélido puede aumentar su población a 40 toneladas en

⁵⁶ Ravera, Anibal. 2007. **Lombricultura**.

⁵⁷ Bollo, E. 1999. **Lombricultura una Alternativa de Reciclaje**.

⁵⁸ **Como obtener abonos orgánicos de alta calidad**. Teorema Ambiental. 2006. Revista Técnico-ambiental.

un año, por lo tanto un criadero puede contener de 20 a 25 kilos de lombriz por metro cuadrado⁵⁹.

2.13.2 Características del humus

El humus es materia orgánica degradada a su último estado de biotransformación por efectos de microorganismos y a las lombrices, que se encuentra químicamente estabilizada, por lo que regula la dinámica de la nutrición vegetal en el suelo. Es un mejorador de las de las características físico-químicas del suelo⁶⁰.

La lombricultura es una actividad productiva, viable y benéfica que no requiere de gran extensión de terreno ni de grandes inversiones, no obstante contribuye efectivamente a la conservación del medio, evitando la contaminación por desechos orgánicos sólidos.

2.13.3 Condiciones ambientales para la correcta producción de humus⁶¹

1. Humedad: Será mayor del 60%.
2. Temperatura: El rango óptimo de temperatura oscila entre 12-25°C.
3. pH: El óptimo es 7. Pueden soportar un pH hasta de 7.5
4. Aireación: Dos a tres volteos por semana, dependiendo de las condiciones climáticas.

2.13.4 Principales efectos secundarios del humus

Algunos efectos secundarios se producen por generación de humus y descomposición de la materia orgánica⁶²:

- a) Se tienen nutrientes al descomponer la materia orgánica, dejando disponible principalmente N, P, K.
- b) Se movilizan nutrientes desde la superficie del suelo hacia estratos inferiores.
- c) Neutraliza suelos ácidos.
- d) Mejora el drenaje, en suelos en que esta característica es deficitaria.

⁵⁹ **Lombricultura: Compost – Lombrices.** 2004. Técnicas y aplicaciones del Cultivo de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*.

⁶⁰ Blanco, José. 2.006. **Acondicionadores y Mejoradores del Suelo.** Instituto Colombiano Agropecuario.

⁶¹ **Lombricultura. Ciencia de la Agricultura en Internet.** Madrid, España.

⁶² Delagado, Manlio. 2008. Lombricultura Pacahmama S.A. Chile. www.lombricultura.cl

- e) Aumenta la cantidad de materia orgánica en el suelo.
- f) Evita la pérdida de cationes importantes como Mg⁺, K⁺, Na⁺ y NH₄⁺ por efecto de lixiviación.

2.13.5 Importancia del Humus de Lombriz⁶³

La importancia del humus de lombriz está dada porque en él se encuentran antibióticos, enzimas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, que hacen posible mejorar la estructura del suelo, debido a que actúan como cementantes de unión entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares uniformes, que permiten un óptimo desarrollo radicular, mejora el intercambio gaseoso, aumenta la oxidación de la materia orgánica y por ello la disponibilidad de nutrientes en formas químicas asimilables, estimulando así el crecimiento vegetal. También es importante reconocer que el humus favorece el desarrollo normal de cadenas tróficas en el suelo.

Es además es un excelente inoculador para los suelos, por la presencia de miles de microorganismos para controlar poblaciones de patógenos del suelo. Las bacterias y hongos aislados con actividad antagónica sobre patógenos del suelo encontramos a los siguientes géneros⁶⁴: *Bacillus spp.*, *Enterobacter spp.*, *Flavobacterium balustinum*, *Pseudomonas spp.*, *Streptomyces spp.* entre otros géneros de bacterias y *Trichoderma spp.*, *Gliocadium virens*, *Penicillium spp.*, entre otros géneros de hongos.

Tabla 5. Comportamiento de algunas variables durante la obtención de humus

Materia Orgánica	> 30%	Relación C/N	11.55 %
Humedad	60 - 70%	Ácidos Húmicos	2.57 g Eq/100g
Nitrógeno Total	1.25 - 2.2%	pH	6.8 – 7.2
Fósforo	>500 ppm	Carbono Orgánico	22.53 %
Potasio	>1%	Bacterias Aerobias	460.000.000 UFC/g

Fuente: Fundamentos y Características del Humus en las regiones bajas de Colombia. 2002

⁶³ Amador, Oscar. 2007. **Lombricultura en Costa Rica.**

⁶⁴ Op. Cit. 57

CAPÍTULO III

3. DISEÑO METODOLÓGICO

Los distintos métodos de biotransformación del material vegetal propuestos para esta investigación y el beneficio de RosaPrima, determinan que el estudio se lo realizó en conjunto y consisten en: fase de campo, fase de laboratorio y análisis estadístico para lograr los objetivos propuestos en esta tesis:

3.1 Fase de Campo

El presente estudio se realizó en la Finca Florícola RosaPrima en el sitio destinado para el depósito y tratamiento del material vegetal de desecho de podas de los invernaderos de rosas, así como también de los restos de rosas de la post-cosecha de dicha Finca.

Se diseñaron, nueve camas, con tres tratamientos y tres repeticiones, ya que una vez que se tuvo el material vegetal fresco debidamente picado se procedió a colocarlos en las camas para que el proceso de biotransformación se lleve a cabo.

3.2 Tratamientos del Ensayo

Tabla 6. Diferenciación de Tratamientos

Tratamiento	Descripción
t0	Compost Tradicional
t1	Bokashi
t2	Lombricultura

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

3.3 Materiales e Insumos utilizados en el ensayo

3.3.1 Materiales

- Potenciómetro
- Conductímetro
- Termómetro Digital

- Recipiente plástico de 250ml
- Guantes
- Cámara Fotográfica
- Cuaderno de Campo
- Fundas plásticas herméticas
- Pala
- Rastrillo
- Plástico de Invernadero
- Galón de 5 litros de agua
- Marcadores y esferos
- Paletas

3.3.2 Insumos

- Melaza
- EM (Microorganismos Eficaces)
- Material Vegetal
- Agua Destilada
- Cascarilla de Arroz

3.3.2.1 Insumos necesarios Testigo (to)

Tabla 7. Materiales Compost Tradicional

COMPONENTES	OBSERVACIONES
Material Vegetal fresco	Se colocaron en las tres camas 200kg
Cascarilla	Se agregó 10% a los tres compost al inicio del ensayo
Melaza	Se colocó un litro de melaza en 10 litros de agua, cada inicio de semana

Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

3.3.2.2 Insumos Necesarios Bokashi (t1)

Tabla 8. Materiales Compost Bokashi

COMPONENTES	OBSERVACIONES
Material Vegetal fresco	Se colocaron en las tres camas 200kg
Cascarilla	Se agregó 10% a los tres compost al inicio del ensayo
EM	Se colocó 200 ml de EM en 10 litros de agua, cada semana

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

3.3.2.3 Insumos Necesarios Lombricultura (t2)

Tabla 9. Materiales Lombricultura

COMPONENTES	OBSERVACIONES
Material Vegetal maduro	Se colocaron en las tres camas 80kg
Lombrices Rojas Californianas	Se colocó 3 kg de lombriz por cama al inicio del experimento

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

3.4 Métodos utilizados en la preparación de camas

3.4.1 Preparación de las camas de Compost y Bokashi

El material vegetal fresco recolectado de las camas de flores una vez picado hasta obtener pedazos entre 8 cm a 12 cm; fue colocado en las tres camas de compost y en las tres camas de bokashi con dimensiones de 2m de largo, 1,20m de ancho y 0,60m de espesor.

3.4.2 Preparación de las camas de Lombricultura

Se utilizó compost maduro y luego se aplicaron las lombrices; las tres camas son de las mismas dimensiones que las anteriores de 2m de largo, 1,20m de ancho y 0,60m de espesor.

3.5 Metodología en la medición de Variables

- **pH:** en un recipiente plástico de 500ml, se colocó 50g de abono y se añadió 250ml de agua destilada, se lo agito con una paleta y se la mezcla se dejó reposar por tres minutos, hasta observar que haya precipitado la mayoría de muestra al fondo del recipiente.
- **Conductividad Eléctrica (CE uS/cm):** se lo realizó con el mismo método anteriormente descrito para el pH.
- **Temperatura (T° C):** se midió en tres partes de la cama: lateral, centro y borde y se dejó estabilizar el termómetro en las lecturas.
- **Contenido de nutrientes N, P, K:** se recolectó la muestra de los abonos, se envió al Laboratorio de Suelos del Servicio de Sanidad Agropecuaria (SESA).
- **Relación Carbono / Nitrógeno (C / N):** se recolectó la muestra de los abonos, se envió al Laboratorio de Suelos del Servicio de Sanidad Agropecuaria (SESA).
- **Carga microbiana (UFC / g):** se recolectó la muestra de los abonos, se envió al Laboratorio Microbiológico CIMICC.

Foto 1. Instrumentos utilizados en campo para la medición de las variables de pH, CE y Temperatura.



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Foto 2. Medición de la variable pH en campo



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Foto 3. Medición de la variable CE uS/cm en campo



Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

Foto 4. Medición de la variable T °C en campo



Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

3.6 Control del Proceso

3.6.1 Volteos

Se utilizó una pala y un rastrillo para poder voltear las nueve camas. Se realizaron volteos de dos a tres días, dependiendo de las condiciones climáticas y del grado de humedad con el que estaban las camas.

3.6.2 Riego

Se utilizó un galón de agua de 5 litros, al cual se lo llenó con agua del reservorio de la Finca y se realizaron los riegos dos veces por semana, el riego aproximado fue de 10 litros en cada ocasión.

3.7 Toma de Muestras

La elección de los muestreos, es una decisión muy importante al momento de la toma de las muestras, para esto se siguió las técnicas respectivas, se seleccionó tres ensayos con los mismos tratamientos donde se tomó una muestra compuesta, la cual fue dividida en cuadrantes y posteriormente se escogió la muestra estratificada que quedó a los extremos.

Foto 5. Toma de Muestra Compuesta



Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

Foto 6. Muestra Cuarteada



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Foto 7. Muestra estratificada en los extremos



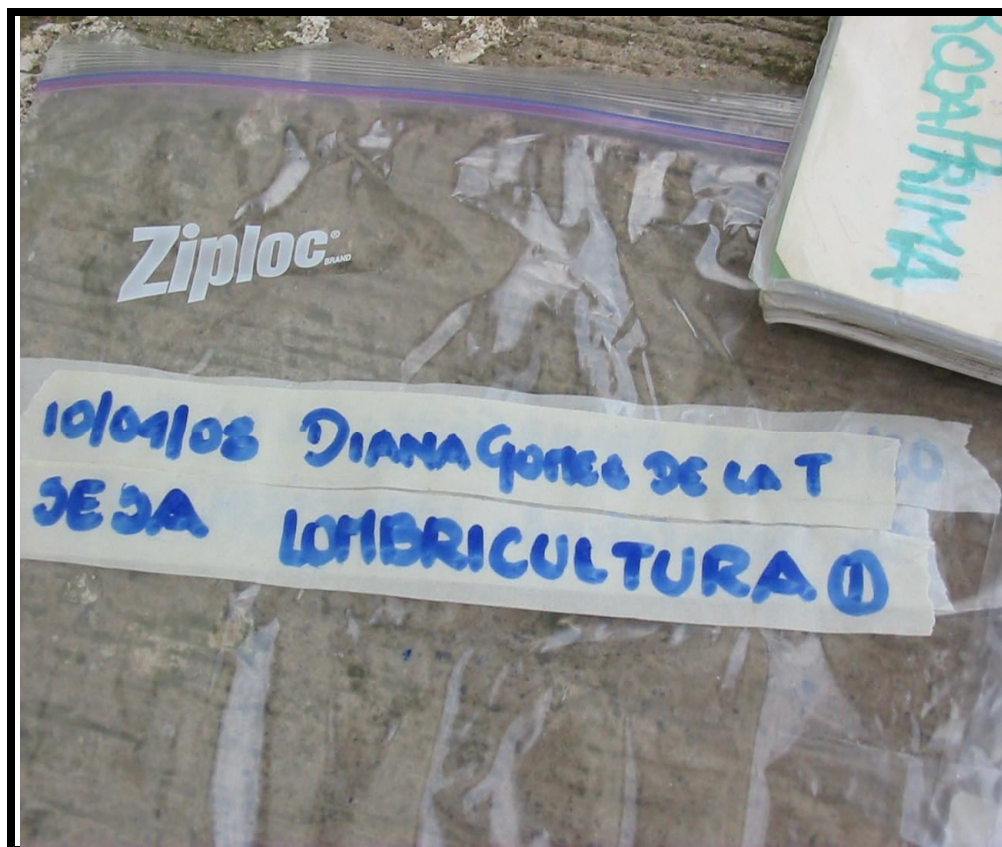
Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

3.7.1 Recolección de Muestras

Para obtener muestras representativas y no alteradas el material a utilizarse debe estar exento de contaminantes o materiales que no correspondan al material vegetal de los ensayos por lo que se utilizó fundas plásticas herméticas ziploc completamente limpias y nuevas.

Los envases en los que se tomó las muestras fueron debidamente rotulados, con identificación de la persona que realizó el ensayo, fecha de muestreo, peso de la muestra y hacia donde iban a ser llevados para los respectivos análisis microbiológicos y físico-químicos.

Foto 8. Rotulación de la Funda para toma de Muestra



Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

Foto 9. Identificación de la Muestra para Análisis de Laboratorios



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

3.8 Evaluación de las Variables

- 1. pH:** se midió con un potenciómetro, teniendo valores diarios que luego fueron tratados por un análisis estadístico descriptivo encontrando las medias de los datos recolectados.
- 2. Conductividad Eléctrica (CE uS/cm):** se tomó las medidas con un conductímetro y se evaluó por análisis estadístico descriptivo encontrando las medias de los datos recolectados.
- 3. Temperatura (T° C):** se utilizó un termómetro digital y se evaluó por análisis estadístico descriptivo encontrando las medias de los datos recolectados.

4. **Contenido de nutrientes (% N), (ppm P), (cmol / kg K):** a los datos de los resultados obtenidos en el SESA, se los evaluó por medio de comparaciones entre los tres ensayos.
5. **Relación Carbono Nitrógeno (C/N):** con los resultados obtenidos del SESA, se analizó con la relación del porcentaje de carbono para el porcentaje de nitrógeno total respectivamente y se evaluó por medio de comparaciones entre los tres ensayos.
6. **Carga microbiana (UFC / g):** una vez que se tuvo los resultados del Laboratorio Microbiológico CIMICC, estos resultados se evaluaron mediante comparaciones entre los diferentes ensayos.

3.9 Fase de Laboratorio

Las muestras fueron enviadas para los análisis Microbiológicos y Físico-químicos en los laboratorios: Centro de Investigaciones Microbiológicas y Control de Calidad (CIMICC) quien realizó los análisis microbiológicos fue la Directora Técnica Doctora Betty Caicedo quien usó el método de diluciones utilizado por la Compañía Nestle y del Servicio Ecuatoriano de Sanidad Agropecuaria (SESA) donde se realizaron los análisis físico-químicos en el laboratorio de suelos utilizando la metodología de la siguiente manera:

Para el caso del Nitrógeno Total se utilizó la método Kjeldahl. Para el Fósforo se utilizó colorimetría por el método Duval. Para el pH se utilizó la metodología de pH en Agua destilada mezclando con la muestra de suelo. Para la conductividad eléctrica se utilizó la metodología del extracto 1 /5. Para el Carbón Orgánico Total se utilizó el método de Walkley Black. Todas estas metodologías están descritas en el Manual de la Dirección Nacional Agrícola. Cabe recalcar que las metodologías utilizadas en estos dos centros son específicas y valoradas.

3.10 Análisis Estadístico

Se realizó un análisis estadístico descriptivo, basado en la obtención de las medias de las variables de pH, conductividad eléctrica y temperatura.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

Se describirán los valores de temperatura, pH, conductividad eléctrica, cantidad de nutrientes, relación carbono / nitrógeno, carga microbiana y análisis costo – efectividad, mediante cuadros y gráficos realizados con la toma de medidas diariamente las cuales fueron promediadas por semanas.

4.1 Compost

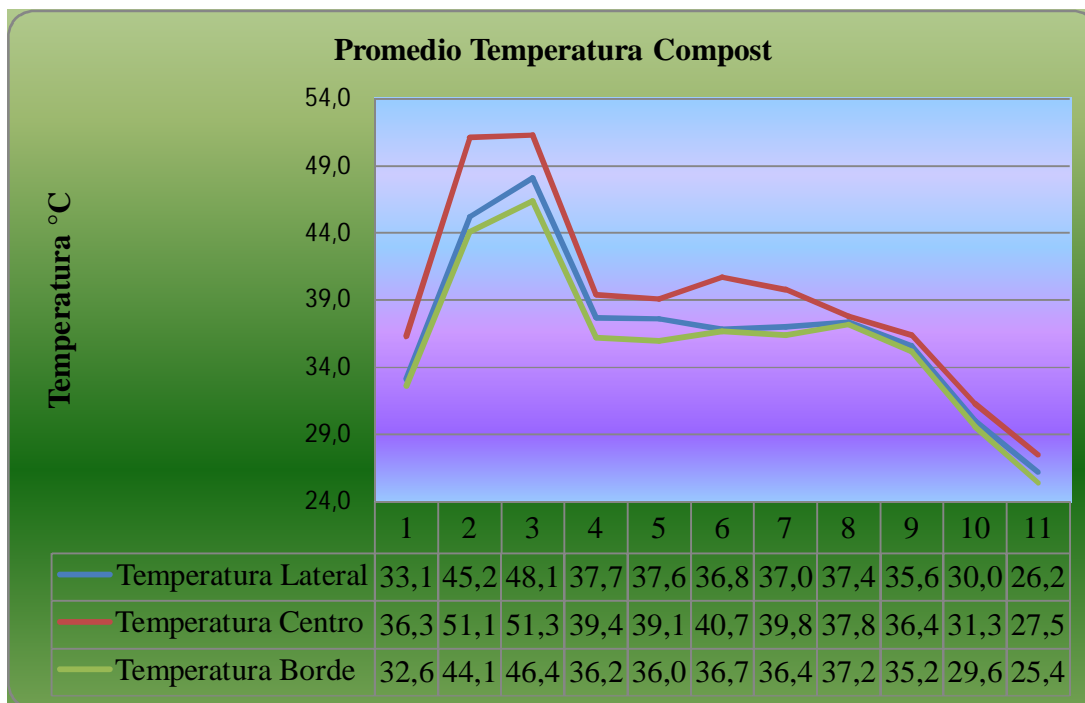
4.1.1 Temperatura del Compost

Tabla 10. Promedios Semanales Temperatura de Compost

Promedios Compost			
N° Semana	Temperatura ° C		
	Lateral	Centro	Borde
1	33,1	36,3	32,6
2	45,2	51,3	44,1
3	48,1	51,1	46,4
4	37,7	39,4	36,2
5	37,6	39,1	36,0
6	36,8	40,7	36,7
7	37,0	39,8	36,4
8	37,4	37,8	37,2
9	35,6	36,4	35,2
10	30,0	31,3	29,6
11	26,2	27,5	25,4

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 4. Promedios Semanales Temperatura de Compost



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como se observa en la tabla 10 y el gráfico 4, las medias de temperatura, tienen comportamiento diferente de acuerdo a como vaya ocurriendo la biotransformación del material vegetal. De ésta manera la temperatura comienza a evolucionar paulatinamente en la primera semana con 36.3 °C, alcanzando su máximo en la segunda y tercera semana con valores de 51.3 a 51.1 °C respectivamente, y a medida que sigue ocurriendo el proceso la temperatura desciende hasta un valor de 27.5 °C.

Posiblemente estas variaciones de temperatura pudo haber ocurrido por los cambios en las condiciones climáticas donde se elaboró el estudio, debido a que no se contó con la infraestructura necesaria como para evitar que los cambios lleguen a afectar a las camas de compost, es decir en el día la temperatura era elevada y puede ser que en la noche la temperatura bajaba drásticamente. Esto altera en la absorción de nutrientes y en la carga microbiana.

Suquilanda, indica que la máxima temperatura (45 a 60 °C) en el compost se alcanza a los 30 días, en el ensayo propuesto el compost alcanzó su máxima temperatura de 51.3 °C a los 21 días, asegurando el crecimiento de los microorganismos e higienizando el compost.

Como lo expresado por la Asociación Colectivo para el Desarrollo Rural de tierra de campos, se puede distinguir que en la primera semana el compost tiene temperaturas que indican que ha entrado en una etapa mesofílica, aumentando ésta temperatura de manera acelerada hasta llegar a la etapa termofílica, donde después empieza el decrecimiento de la misma hasta nivelarse la temperatura en rangos bajos llegando a ser parecidos a con los rangos ambientales de temperatura, lo que indica que el compost está en su etapa de maduración.

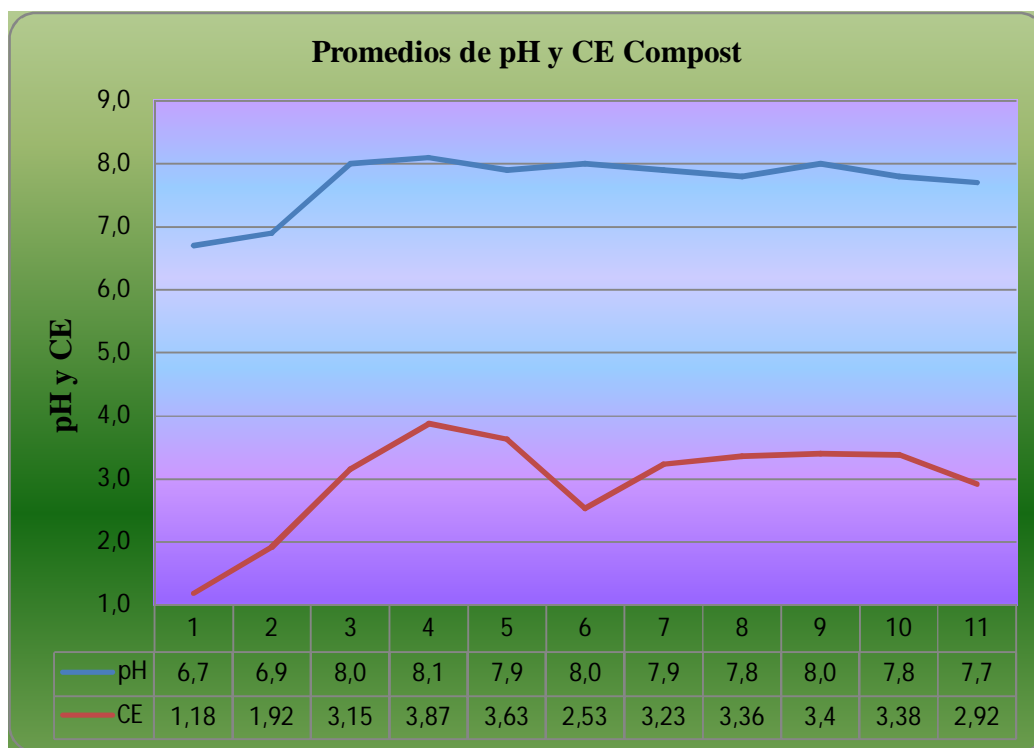
4.1.2 pH y Conductividad Eléctrica del Compost

Tabla 11. Promedios Semanales pH y CE de Compost

Promedios Compost		
Nº Semana	pH	CE uS/cm
1	6,7	1,18
2	7,9	1,92
3	8,0	3,15
4	8,1	3,87
5	7,9	3,63
6	8,0	2,53
7	7,9	3,23
8	7,8	3,36
9	8,0	3,40
10	7,8	3,38
11	7,7	2,02

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 5. Promedios Semanales pH y CE de Compost



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como se observa que en la tabla 11 y gráfico 5, el pH presenta un descenso en la fase inicial, con valores de 6.7 – 6.9 en la primera y segunda semana, seguido de un aumento rápido en la tercera semana con 8.0 y luego la tendencia es a la estabilización con valores de 7.7 – 7.8

Éstas variaciones de pH como lo menciona Hernández, et.al, el pH aumenta durante la etapa termofílica presentando valores de 7.9 – 8.0, debido a la liberación de bases de los materiales orgánicos. A su vez se degradan los ácidos orgánicos formados durante la primera fase donde el pH es ligeramente ácido con un valor de 6.7. También la producción de amoníaco contribuye a elevar el pH. Como el amoníaco se volatiliza, el pH vuelve a bajar a continuación, para posteriormente estabilizarse.

Según Castrillón, Olivia los cambios en el pH durante el proceso se deben a los cambios constantes en la composición química del sustrato. El pH en el compost está influenciado por dos sistemas ácido–base:

- El sistema carbónico, con el dióxido (CO_2) que se forma durante la descomposición y puede escapar a la atmósfera como gas o disolverse en los líquidos, formando ácido carbónico (H_2CO_3), bicarbonato (HCO_3) y carbonato (CO_3); y la tendencia es a neutralizar el pH, incrementando los pH bajos y reduciendo los pH altos.
- El segundo sistema es el amonio (NH_4^+) – amoníaco (NH_3), que se forma cuando se descomponen las proteínas. Durante la fase inicial del compostaje la mayoría del nitrógeno metabolizado es usado para el crecimiento de los microorganismos, pero durante la fase de mayor actividad se libera el ión amonio; y de esta forma incrementa el pH a valores cercanos a 8.3.

Los valores de la conductividad eléctrica de los extractos acuosos no están significativamente correlacionados con el tiempo de compostaje y, además, sus valores no son uniformes, al principio del ensayo la CE se encontraba relativamente bajo, con un valor de 1.18 uS/cm, paulatinamente sube en la fase media del ensayo con valores de 3.87 a 3.63 uS/cm, hasta terminar el proceso con un valor de 2.02 uS/cm.

Las variaciones de la conductividad dependen, según Oliveira, en gran medida, del material inicial, las posibilidades de pérdidas de sales por lixiviación y la cantidad de iones, como amonio o nitrato, que pueden formarse a lo largo del proceso.

La CE, esta baja al inicio del ensayo, aumenta de manera rápida cuando el pH se encuentra alcalino, debido a que las sales aumentan la CE, hasta estabilizarse paulatinamente en niveles aceptables para un abono orgánico.

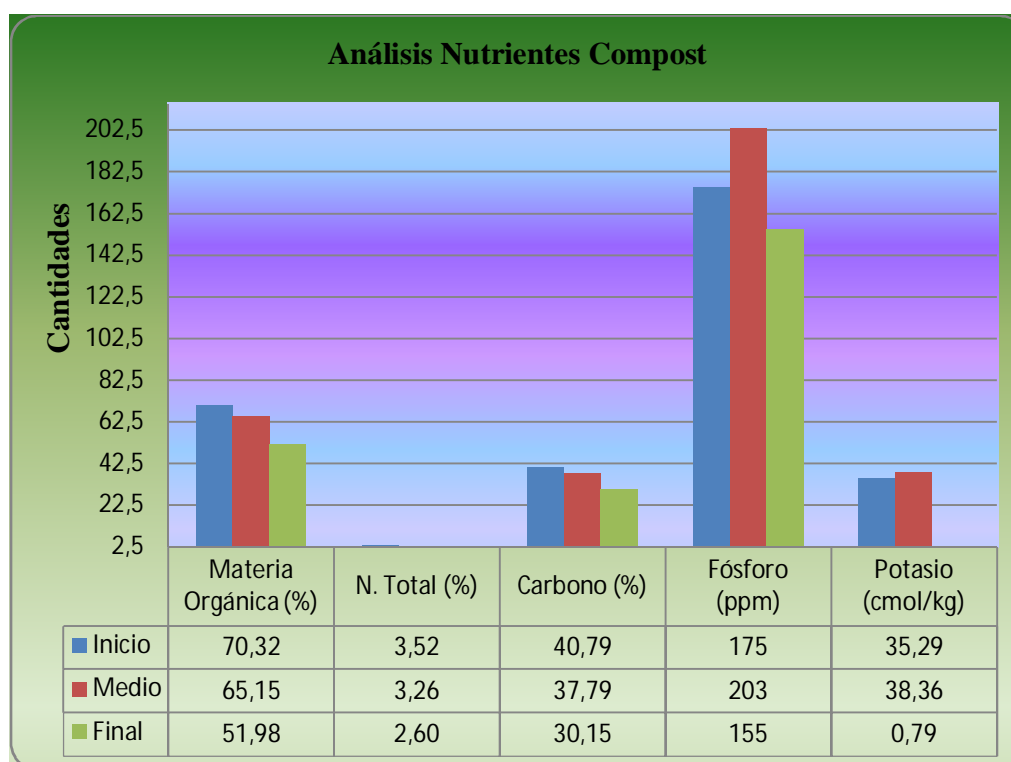
4.1.3 Cantidad de Nutrientes Compost

Tabla 12. Análisis Nutrientes Compost

Análisis Nutrientes Compost			
Parámetros	Inicio	Medio	Final
Materia Orgánica (%)	70,32	65,15	51,98
N. Total (%)	3,52	3,26	2,60
Carbono (%)	40,79	37,79	30,15
Fósforo (ppm)	175	203	155
Potasio (cmol/kg)	35,29	38,36	0,79

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 6. Análisis Nutrientes Compost



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como se observa en tabla 12 y gráfico 6, el fósforo el contenido en fósforo asimilable sube apreciablemente en la fase activa del compostaje 203 ppm y baja el final del mismo a 155 ppm.

Teóricamente según Benzing, las cantidades de fósforo no deben experimentar ninguna modificación y, debido a la pérdida de peso del material, en el producto final debe presentar concentraciones mayores que en el inicial.

En el Compost los valores de nitrógeno, indican que existe una tendencia más bien baja y se asume que es debido a que no se colocó fuentes alternas de nitrógeno como por ejemplo la gallinaza u otras fuentes ricas en nitrógeno.

De acuerdo a un estudio realizado en la Universidad de Medellín el Potasio puede aumentar si se consideran las pérdidas de la materia orgánica, en este caso del compost tradicional no se logró encontrar una similitud con dicho estudio, ya que más bien se tuvieron valores más bajos de potasio mientras se perdía paulatinamente materia orgánica en el ensayo.

Los valores de nutrientes (N,P,K) que se observan en este estudio para compost se puede ver que todos bajan al final del proceso, es posible que éstas pérdidas de nutrientes se deban a un mal manejo en las camas o a su vez no se controló de la mejor manera las condiciones ambientales para que los nutrientes no se pierdan, es decir no se brindó al compost el microclima adecuado.

Sin embargo en el Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra se mencionan los valores con los que el compost termina su proceso, para el nitrógeno total con 1.5 – 2%, para el fósforo valores >300 ppm y para el potasio valores >1%, lo que indica que los valores obtenidos para el compost en este estudio están dentro de los rangos aceptables para un abono orgánico.

Puede ser que se haya dado una rápida mineralización del Potasio y del Fósforo y fueron consumidos por los microorganismos, o a su vez no se controló de manera adecuada la humedad dando lugar a una falta de aireación de las camas y por el exceso de agua éstos nutrientes se pudieron haber lixiviado y se pierden.

4.1.4 Carga Microbiana de Compost

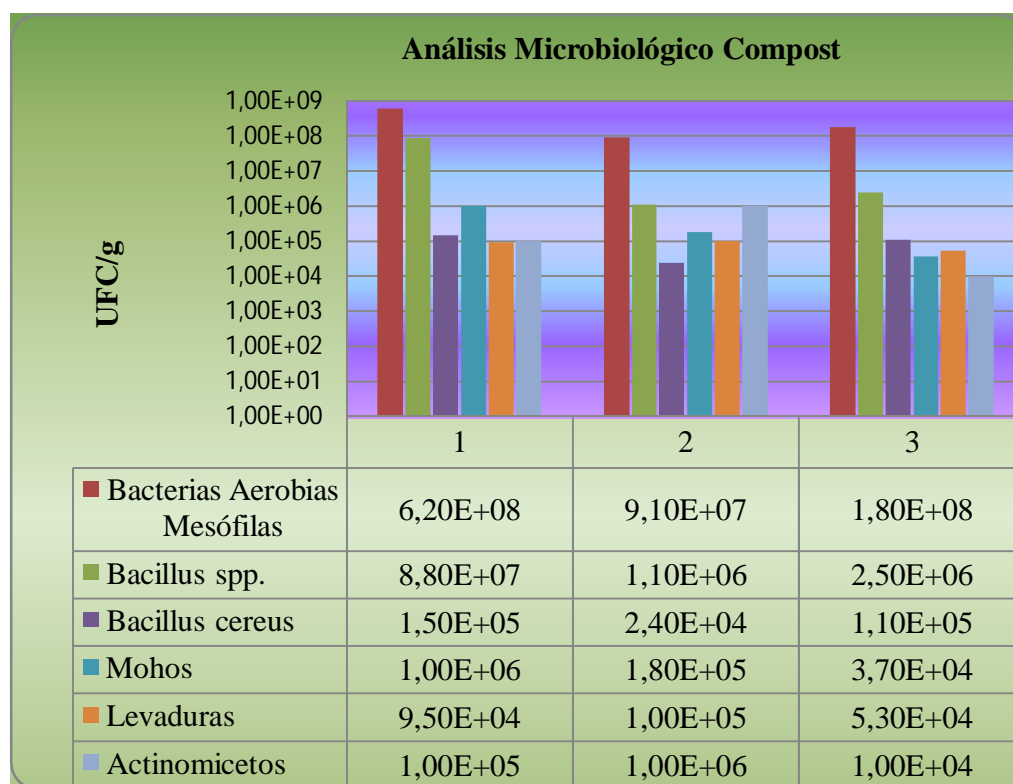
(Dirigirse al Anexo 4 donde están los resultados de los análisis microbiológicos realizados en el laboratorio CIMICC).

Tabla 13. Análisis Microbiológico Compost

Análisis Microbiológico Compost			
Parámetros (UFC/g)	Inicio	Medio	Final
Bacterias Aerobias Mesófilas	$6,2 \times 10^8$	$9,1 \times 10^7$	$1,8 \times 10^8$
<i>Bacillus spp.</i>	$8,8 \times 10^7$	$1,1 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$
<i>Bacillus cereus</i>	$1,5 \times 10^5$	$2,4 \times 10^4$	$1,1 \times 10^5$
Mohos	$1,0 \times 10^6$	$1,8 \times 10^5$	$3,7 \times 10^4$
Levaduras	$9,5 \times 10^4$	$10^4 - 10^5$	$5,3 \times 10^4$
Actinomicetos	$10^4 - 10^5$	$10^5 - 10^6$	$10^3 - 10^4$

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 7. Análisis Microbiológico Compost



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como lo indica la tabla 13 y el gráfico 7, en el compost las Bacterias Aeróbicas Mesófilas se encontraron en cantidades elevadas presentando valores de 1.8×10^8 UFC /g, seguidas de los *Bacillus spp* que estaban en cantidades de 2.5×10^6 UFC /g, en tanto que los *Bacillus cereus* en menores cantidades que los *Bacillus spp*, en valores de 1.1×10^5 UFC /g; esto se debe principalmente a que las bacterias son los consumidores primarios del compostaje y son responsables de la mayoría de los procesos de descomposición así como de la producción de energía calorífica en el compost según lo mencionado por la OPS.

Los mohos al inicio del ensayo presentaron más UFC / g que al medio y al final; los actinomicetos como lo muestra la misma tabla tienen mayor presencia en el tiempo medio de transcurrida la biotransformación.

Como lo menciona Martí, las especies de *Bacillus* son abundantes en estos procesos, debido a que utilizan la hemicelulosa de los vegetales como fuente de carbono y de energía, por esta razón se observa que las poblaciones de éstos microorganismos permanece constante durante la fase media y final del compost.

Al principio del ensayo los recuentos de los microorganismos se encontraron altos, teniendo una disminución en la mitad del tiempo del ensayo, hasta aumentar al final del mismo, posiblemente éstas variaciones se deban a que no se volteo las camas de la mejor manera haciendo que el material que está en el fondo pase a la parte superior y así de esta manera permitir la aireación de la cama que es sumamente necesaria para que los microorganismos sigan manteniendo su metabolismo y no mueran. O a su vez los cambios en las condiciones ambientales también pudieron afectar a la carga microbiana haciendo que muchos de ellos mueran y algunos se esporulen.

Es posible que los microorganismos se encontraron en mayores cantidades cuando tenían disposición de nutrientes provenientes del material vegetal, conforme a como vayan disminuyendo las fuentes de comida, los microorganismos mueren.

4.2 Bokashi

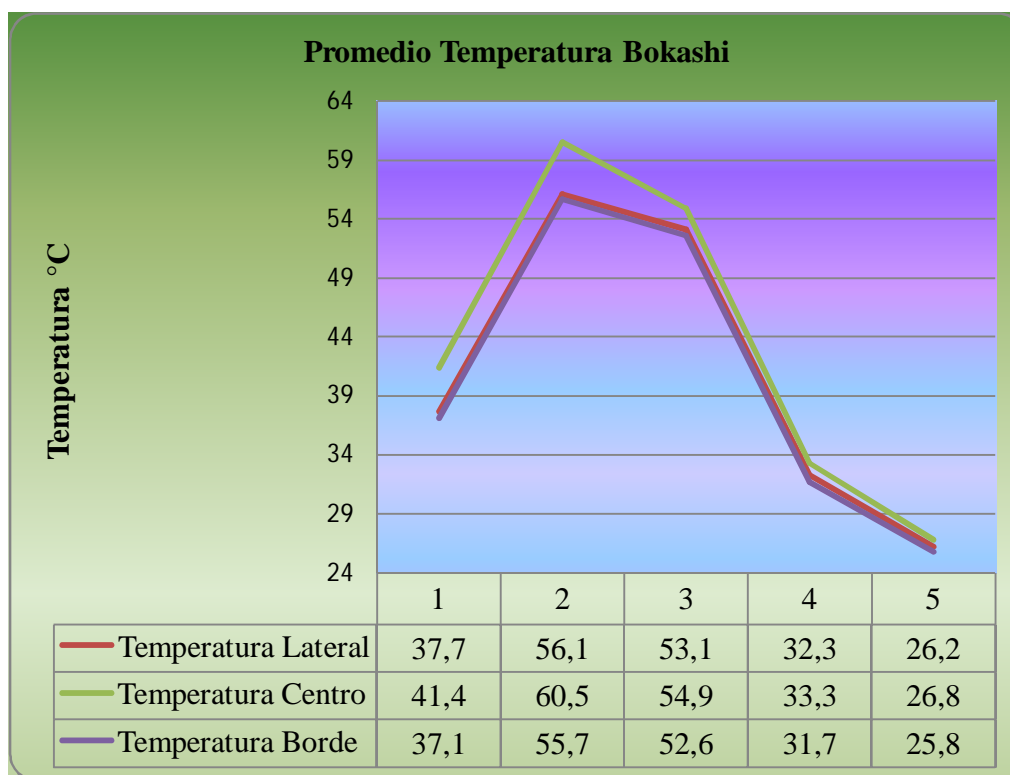
4.2.1 Temperatura del Bokashi

Tabla 14. Promedios Semanales Temperatura de Bokashi

Promedios Bokashi			
N° Semana	Temperatura °C		
	Lateral	Centro	Borde
1	37,7	41,4	37,1
2	56,1	60,5	55,7
3	53,1	54,9	52,6
4	32,3	33,3	31,7
5	26,2	26,8	25,8

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 8. Promedios Semanales Temperatura de Bokashi



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

En cuanto al Bokashi, tuvo una duración de 5 semanas, teniendo en cuenta las experiencias realizadas en otros ensayos que el tiempo de duración es de 7 a 30 días según lo atestigua Leblanc.

Como se observa en la tabla 14 y figura 8, en la primera semana el bokashi entra a su etapa mesofílica con un valor de 41.4 °C y pronto alcanza la etapa termofílica con un valor de 60.5 °C, llegando a su estabilidad de forma abrupta en la quinta semana de 26 °C.

Según lo mencionan en la Fundación Piedra Nueva, esto es posible debido a que bajo condiciones aeróbicas el Bokashi fermenta rápidamente y se comienzan a descomponer los productos orgánicos desprendiendo calor y consecuentemente, se produce el aumento frágil de la temperatura, llegando a higienizar el bokashi a los 50 °C.

Los cambios de temperatura abrupta que presenta el bokashi posiblemente se deban a que con la ayuda de la inoculación de los microorganismos eficaces se hayan presentado fases más rápidas de fermentación lo que ocasionó las diferencias en la temperatura, tanto que aumento la temperatura en 19.1 °C, desde la primera semana a la segunda y así mismo, bajó la temperatura hasta el final del proceso aproximadamente en 33 °C es decir hasta la quinta semana.

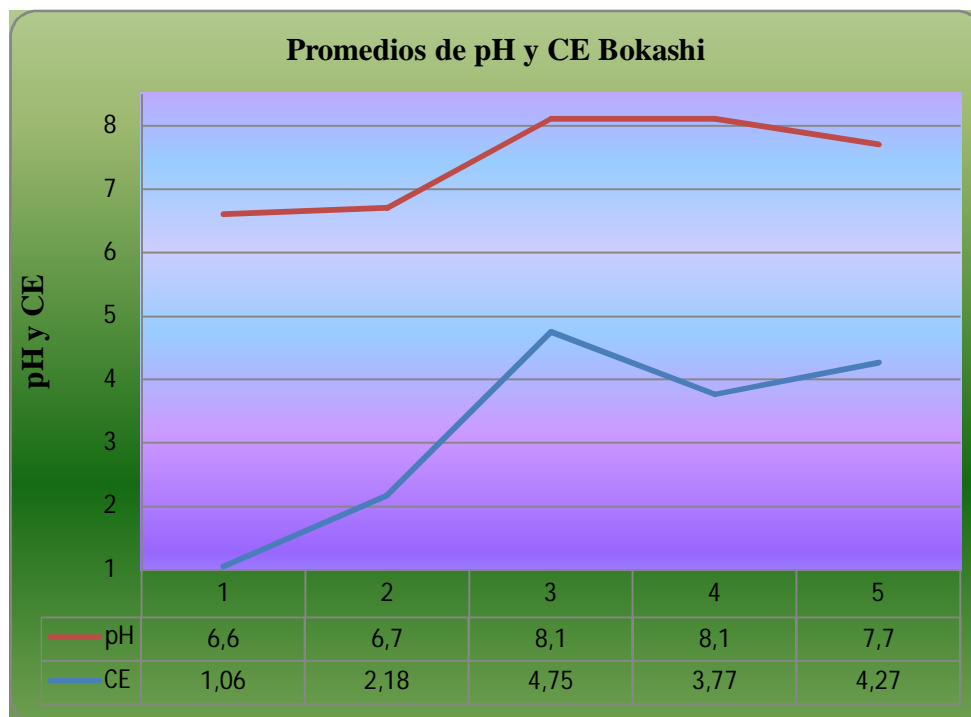
4.2.2 pH y Conductividad Eléctrica del Bokashi

Tabla 15. Promedios Semanales pH y CE Bokashi

Promedios Bokashi		
N° Semana	pH	CE uS/cm
1	6,6	1,06
2	6,7	2,18
3	8,1	4,75
4	8,1	3,77
5	7,7	4,27

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 9. Promedios Semanales pH y CE Bokashi



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

El pH, donde se presenta un descenso en la fase inicial de 6.6 – 6.7, un aumento en la fase de máxima actividad a 8.1 y luego la tendencia es a la estabilización con 7.7. Según lo dicho por Hernández, al igual que el ensayo de compost, el bokashi, al inicio muestra acidez, y enseguida el pH se eleva hasta llegar a ser alcalino, y al final del proceso a presenta valores ligeramente alcalinos, lo que indica que el pH está dentro de los rangos normales para un compost.

Mientras que la CE, se eleva juntamente con el pH, pero al final del proceso se encuentra elevada con un valor de 4.27 uS/cm, el registrar estos valores posiblemente es debido a que el bokashi es un abono fermentado pero que no ha alcanzado su debida madurez como como lo dicho por la Fundación Piedra Nueva, que el bokashi puede seguir fermentando así ya sea dispuesto en el suelo, hasta alcanzar su estabilidad de maduración.

Como lo menciona Fernández, la elevada concentración de sales en el compost de residuos orgánicos le confieren, un valor elevado de Conductividad eléctrica y ésta no

debe ser muy superior a 2 uS/cm. para no provocar toxicidad a las plantas. Por lo tanto es posible que una vez que el abono sea dispuesto como mezcla con el suelo, los valores de la CE bajen hasta igualarse con la CE del suelo que es aproximadamente de 2 uS/cm donde también el pH se igualará con el del suelo ayudando a que el suelo sea repoblado por microorganismos y después se produzca el equilibrio de los micoorganismos patógenos y benéficos.

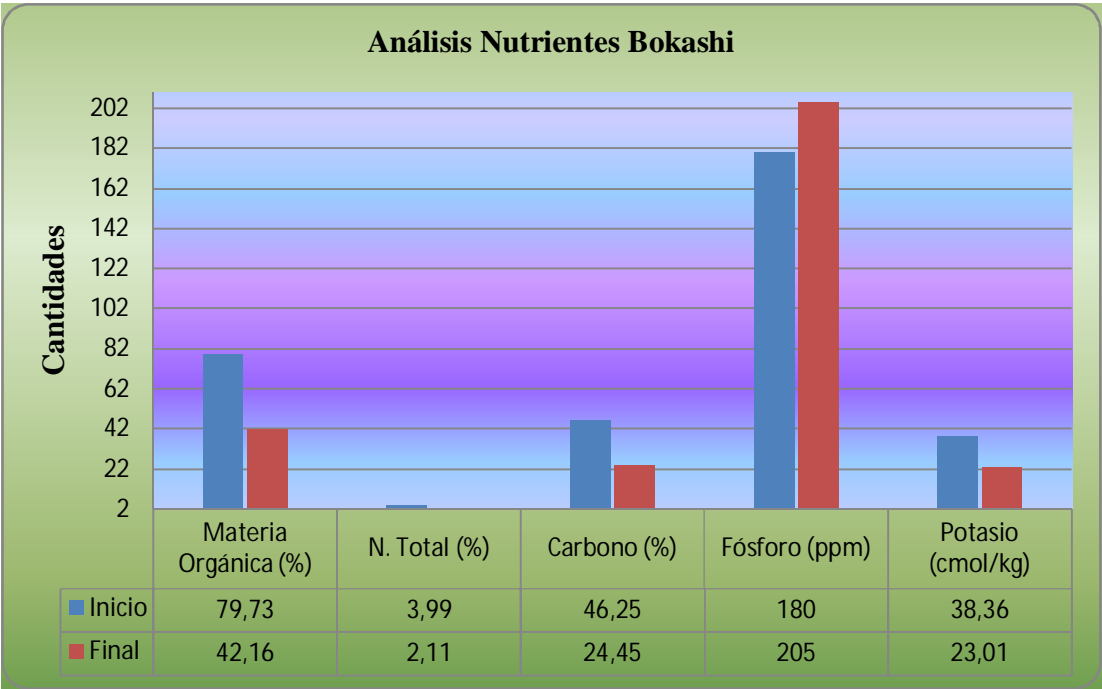
4.2.3 Cantidad de Nutrientes Bokashi

Tabla 16. Análisis Nutrientes Bokashi

Análisis Nutrientes Bokashi		
Parámetros	Inicio	Final
Materia Orgánica (%)	79,73	42,16
N. Total (%)	3,99	2,11
Carbono (%)	46,25	24,45
Fósforo (ppm)	180	205
Potasio (cmol/kg)	38,36	23,01

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 10. Análisis Nutrientes Bokashi



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Según la tabla 16 y el gráfico 10, se observa que las concentraciones disponibles de N, P, K en el Bokashi fueron más altas en el compostaje tradicional, especialmente para el caso del Fósforo con un valor de 205 ppm al finalizar el proceso.

Sin embargo los valores de P y K son muy parecidos para las dos enmiendas en función del material vegetal fresco y la cascarilla de arroz. De igual manera, los contenidos de Nitrógeno presentaron una disminución de al inicio tener 3.99% y al final bajo a 2.11%. es posible que haya ocurrido una lixiviación o pérdida de nutrientes por las condiciones del proceso y de las condiciones climáticas que se presentaron a lo largo del ensayo.

La relación entre nutrientes disponibles también indica que el bokashi con EM puede incrementar las concentraciones de nutrientes disponibles en el material obtenido, una vez que sea dispuesto en el suelo ya que siguen presentándose fermentaciones.

Según Shintani, et.al, los valores de sustancias orgánicas arrojan que una mayor cantidad de estas sustancias son generadas durante el compostaje con la tecnología EM, indicando, posiblemente, que se puede acumular más carbono a causa de la abundante población de microorganismos desarrollados durante el proceso, especialmente bacterias debido a su capacidad de utilizar en mayor medida la materia orgánica y transformarla en sustancias celulares.

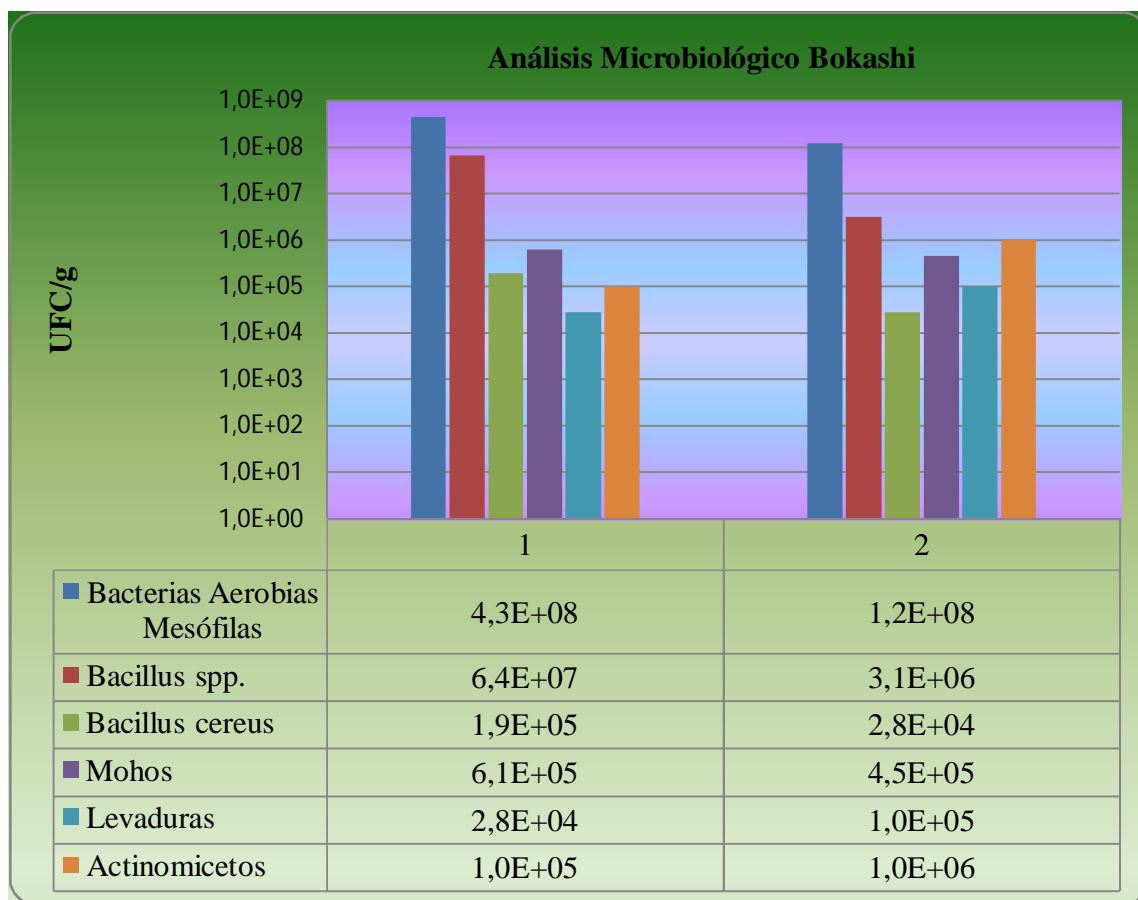
4.2.4 Carga Microbiana de Bokashi

Tabla 17. Análisis Microbiológico Bokashi

Análisis Microbiológico Bokashi		
Parámetros (UFC/g)	Inicio	Final
Bacterias Aerobias Mesófilas	$4,3 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$
<i>Bacillus spp.</i>	$6,4 \times 10^7$	$3,1 \times 10^6$
<i>Bacillus cereus</i>	$1,9 \times 10^5$	$2,8 \times 10^4$
Mohos	$6,1 \times 10^5$	$4,5 \times 10^5$
Levaduras	$2,8 \times 10^4$	$1,0 \times 10^5$
Actinomicetos	$10^4 - 10^5$	$10^5 - 10^6$

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 11. Análisis Microbiológico Bokashi



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como lo indica la tabla 17 y el gráfico 11, en el bokashi al igual que el compost, las Bacterias Aeróbicas Mesófilas se encontraron en cantidades elevadas presentando valores de 1.2×10^8 UFC/g, mientras que los microorganismos *Bacillus spp* estaban en cantidades de 3.1×10^6 UFC/g, en tanto que los *Bacillus cereus* en menores cantidades que los *Bacillus spp*, en valores de 2.8×10^4 UFC/g debido a que las bacterias se encuentran siempre en mayores cantidades que el resto de microorganismos.

Los mohos al inicio y al final del ensayo presentan relativamente la misma carga de individuos UFC / g; los actinomicetos como lo muestra la misma tabla tienen mayor presencia en el tiempo final de transcurrida la biotransformación.

Como se muestra en la tabla los actinomicetos se mantuvieron en constante actividad durante todo el proceso de biotransformación, según lo anunciado por Muñoz, esto ocurre por la capacidad que presentan estos microorganismos para utilizar metabolitos fácilmente degradables.

En el Bokashi las bacterias aerobias mesófilas no disminuyeron, en tanto que el resto de microorganismos identificados no presentaron mayores disminuciones y esto se atribuye a que es un compuesto orgánico fermentado que después de ser puesto en la tierra sigue biotransformándose, brindando equilibrio entre los microorganismos benéficos y patógenos como lo menciona Delgado, en su análisis del recuento de patógenos y benéficos en el suelo cuando ya se ha aplicado el bokashi como abono mejorador del suelo.

El bokashi no presenta diferencias sustanciales en comparación del compost y esto es posible debido a que pudo haber ocurrido que los microorganismos inoculados no fueron capaces de sobrevivir en el medio donde se los colocó y provocó la muerte de muchos ellos o tal vez los microorganismos no estaban viables y formaron esporas lo cual evita que se alimenten y realicen una adecuada biotransformación del material vegetal y esto también pudo haber afectado a la cantidad de nutrientes que quedan disponibles en el compost así como también en las características químicas donde se observa que la CE está

elevada el terminar el proceso; es prudente mencionar que sin embargo el bokashi es un abono orgánico fermentado el cual una vez dispuesto en el suelo puede seguir presentando fermentación y puede a su vez mejorar las características del suelo.

4.3 Lombricultura

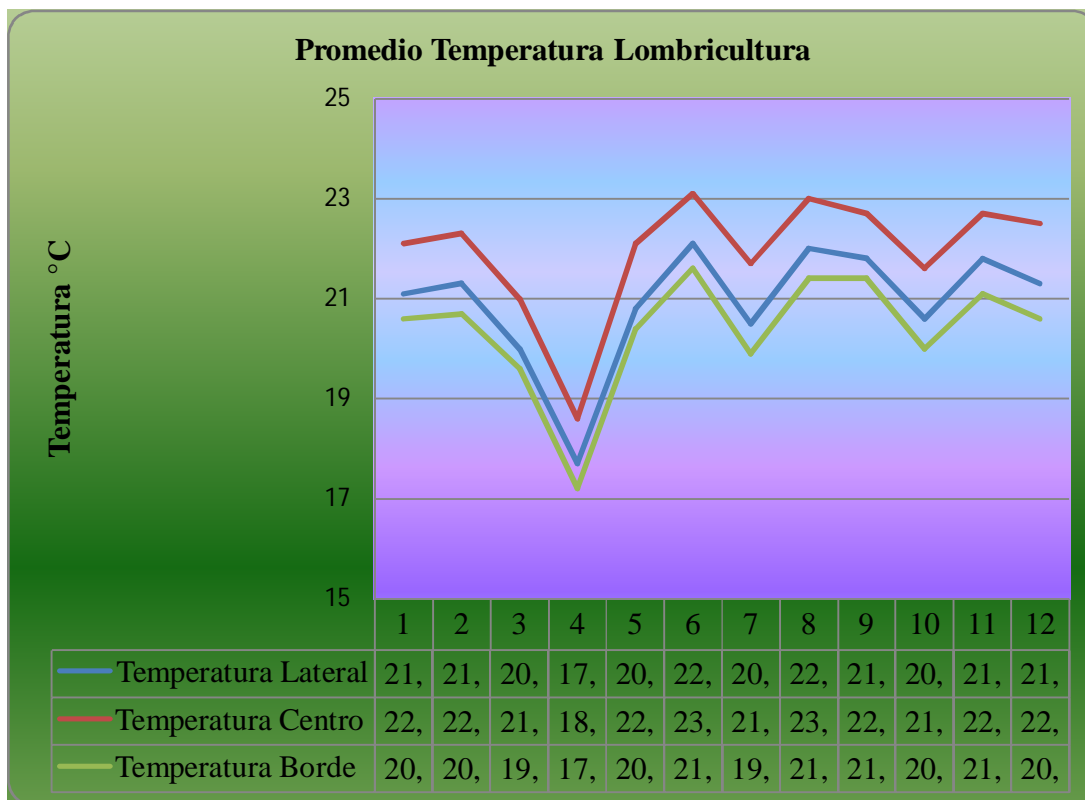
4.3.1 Temperatura de la Lombricultura

Tabla 18. Promedios Semanales Temperatura Lombricultura

Promedios Lombricultura			
N° Semana	Temperatura °C		
	Lateral	Centro	Borde
1	21,1	22,1	20,6
2	21,3	22,3	20,7
3	20,0	21,0	19,6
4	17,7	18,6	17,2
5	20,8	22,1	20,4
6	22,1	23,1	21,6
7	20,5	21,7	19,9
8	22,0	23,0	21,4
9	21,8	22,7	21,4
10	20,6	21,6	20,0
11	21,8	22,7	21,1
12	21,3	22,5	20,6

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 12. Promedios Semanales Temperatura Lombricultura



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Según la tabla 18 y el gráfico 12, la lombricultura, se presentó en un rango de temperaturas de 18.6 °C siendo la más baja y de 23.1 °C siendo la temperatura más alta en todo el ensayo; siendo lo aceptable en un rango de 12 a 25 °C de temperatura, como lo nombra la Ciencia de la Agricultura, debido a que se trabaja con un material maduro, y la estabilidad de éste abono llega con la formación de humus.

Las temperaturas registradas están dentro de los rangos de estabilidad de este proceso, lo cual puede indicar que si se trabajó con un material ya estabilizado anteriormente y que ayuda a que las lombrices se desarrollen con normalidad dado que ellas no soportan altas temperaturas, logrando que den un producto más estable como es el humus.

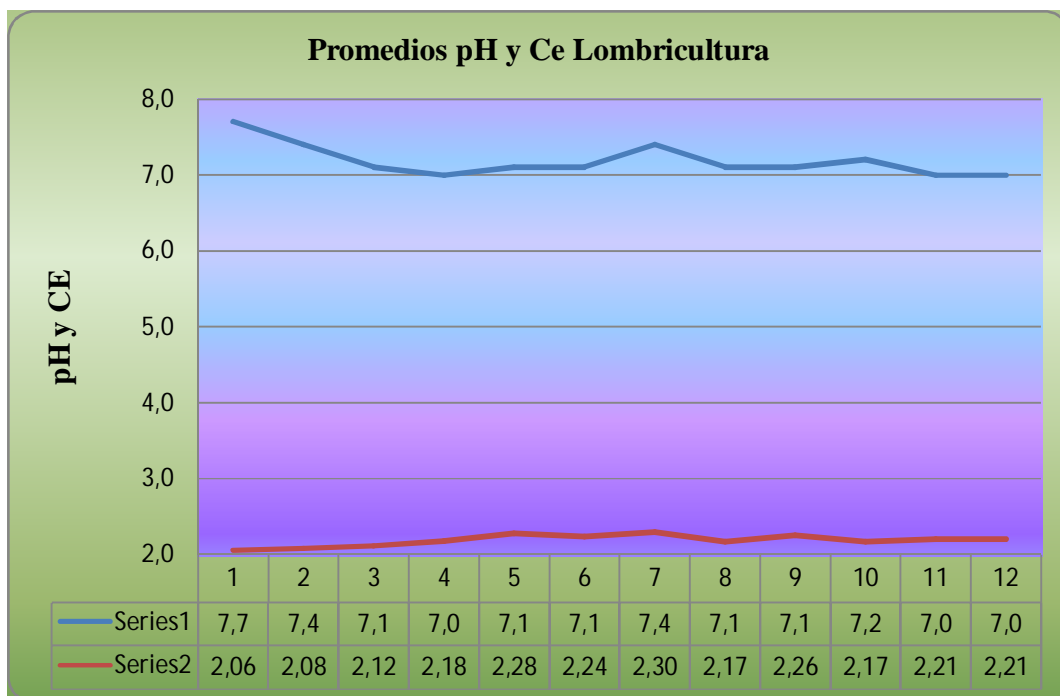
4.3.2 pH y Conductividad Eléctrica de la Lombricultura.

Tabla 19. Promedios Semanales pH y CE Lombricultura

Promedios Lombricultura		
Nº Semana	pH	CE uS/cm
1	7,7	2,06
2	7,4	2,08
3	7,1	2,12
4	7,0	2,18
5	7,1	2,28
6	7,1	2,24
7	7,4	2,30
8	7,1	2,17
9	7,1	2,26
10	7,2	2,17
11	7,0	2,21
12	7,0	2,21

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 13. Promedios Semanales pH y CE Lombricultura



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como se observa en la tabla 19 y el gráfico 13, el pH se mantuvo constante presentando sólo valores dentro del rango de neutro a ligera alcalinidad de 7.0 a 7.7; éstos valores de pH son adecuados para que se produzca la biotransformación de compost a humus debido a que las lombrices toleran pH de (7.0- 7.5).

En tanto que la CE estuvo relativamente baja a comparación de los otros dos tratamientos con un valor mínimo de 2.06 uS/cm a un máximo de 2.30 uS/cm y es debido a que el pH no aumento y tampoco la temperatura en este caso por tratarse de un abono previamente maduro.

Estos valores de pH y CE son óptimos comparados con los del compost y bokashi ya que no tiene diferencia en los valores, es decir que no puede la estabilización pasar a ser transformada por la lombrices sino posiblemente por los microorganismos que estuvieron y están presentes aun en el material maduro.

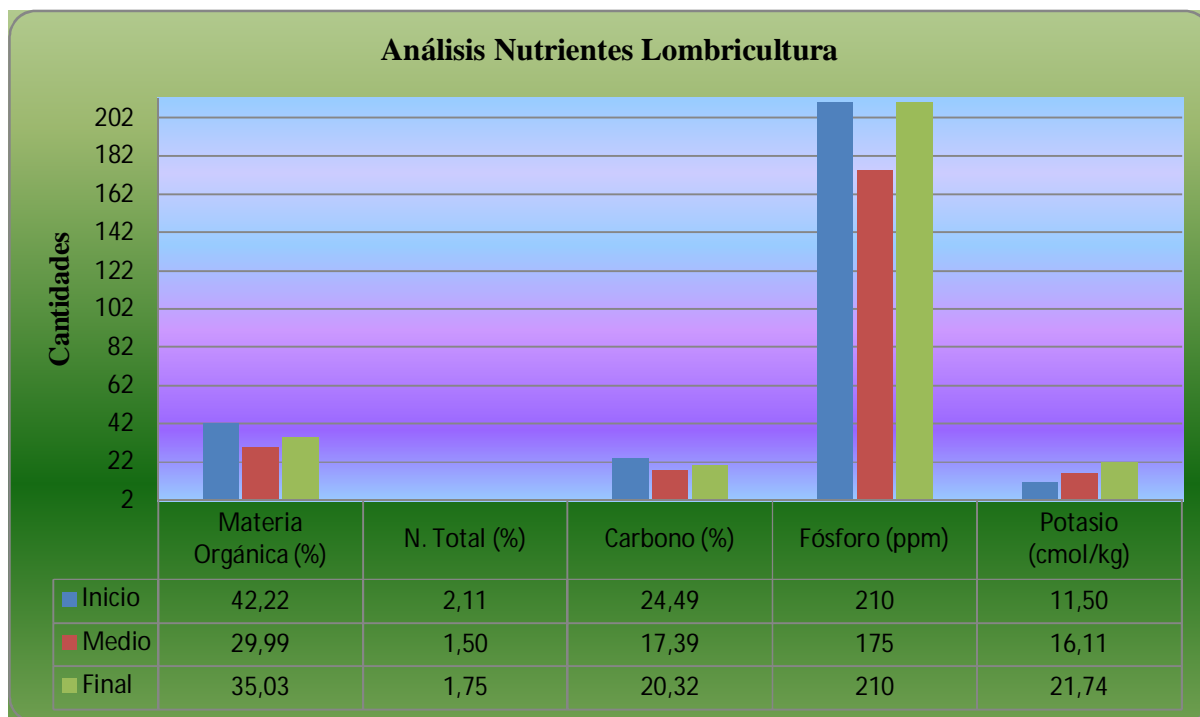
4.3.3 Cantidad de Nutrientes Lombricultura

Tabla 20. Análisis Nutrientes Lombricultura

Análisis Nutrientes Lombricultura			
Parámetros	Inicio	Medio	Final
Materia Orgánica (%)	42,22	29,99	35,03
N. Total (%)	2,11	1,50	1,75
Carbono (%)	24,49	17,39	20,32
Fósforo (ppm)	210	175	210
Potasio (cmol/kg)	11,50	16,11	21,74

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 14. Análisis Nutrientes Lombricultura



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como se observa en la tabla 20 y el gráfico 14, en cuanto a la materia orgánica en este abono se encuentra más baja que en el compost y Bokashi, lo mismo que el porcentaje de Carbono 20.32% y esto es debido a que es un abono ya maduro, que se pretende ser biotransformado a humus y ser de esta manera un abono más estable.

Comparando que el porcentaje de MO y C de la lombricultura con los otros dos abonos están bajos es posible que sea por la mineralización de nutrientes por parte de los microorganismos.

El Nitrógeno total disminuye de 2.11 a 1.75%, debido a que se perdió el nitrógeno en el compost, sin embargo los valores de N no demuestran los valores totales sino sólo los disponibles en el abono.

Según Pesantes, el nitrógeno puede estar entre los valores de 1.25 – 2.2%, lo cual indica que el humus si cumple con los valores de este parámetro.

Según Falconí, Guerrero, teóricamente las cantidades de fósforo pueden experimentar modificaciones y, debido a la pérdida de peso del material, en el producto final presenta concentraciones mayores que en el inicial, dependiendo de la nutrición que haya tenido la planta.

En éste ensayo el valor del fósforo está bajo teniendo un valor de 210 ppm, de acuerdo a lo especificado por Pesantes, indica que el fósforo debe ser mayor a 500 ppm. Sin embargo, es interesante señalar que el contenido en fósforo asimilable al final del ensayo está en la misma cantidad con la que se inició.

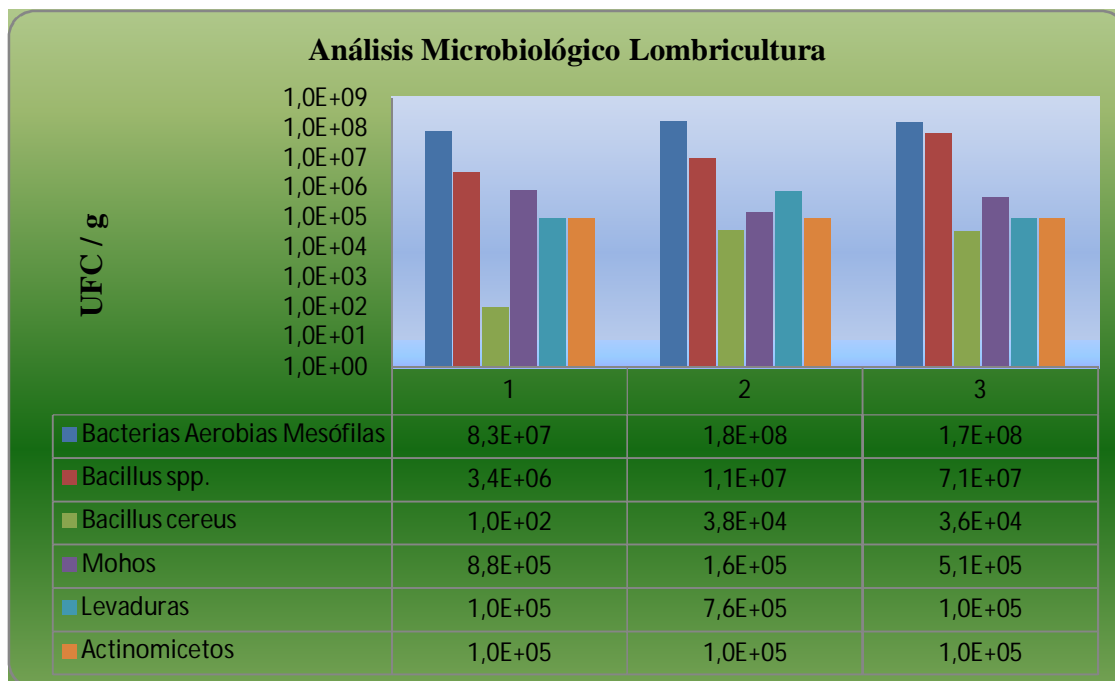
4.3.4 Carga Microbiana de Lombricultura

Tabla 21. Análisis Microbiológico Lombricultura

Análisis microbiológico Lombricultura			
Parámetros (UFC/g)	Inicio	Medio	Final
Bacterias Aerobias Mesófilas	$8,3 \times 10^7$	$1,8 \times 10^8$	$1,7 \times 10^8$
<i>Bacillus spp.</i>	$3,4 \times 10^6$	$1,1 \times 10^7$	$7,1 \times 10^7$
<i>Bacillus cereus</i>	$1,0 \times 10^2$	$3,8 \times 10^4$	$3,6 \times 10^4$
Mohos	$8,8 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$5,1 \times 10^5$
Levaduras	$10^4 - 10^5$	$7,6 \times 10^5$	$10^4 - 10^5$
Actinomicetos	$10^4 - 10^5$	$10^4 - 10^5$	$10^4 - 10^5$

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Gráfico 15. Análisis Microbiológico Lombricultura



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Según la tabla 21 y el gráfico 15, en la lombricultura, al igual que el compost y el Bokashi, las Bacterias Aeróbicas Mesófilas se encontraron en cantidades elevadas presentando valores de 1.7×10^8 UFC/g, mientras que los microorganismos *Bacillus spp* estaban en cantidades de 7.1×10^7 UFC/g, en tanto que los *Bacillus cereus* en menores cantidades que los *Bacillus spp*, en valores de 3.6×10^4 UFC/g;

Los mohos al inicio, medio y al final del ensayo presentan relativamente la misma carga de individuos UFC / g; los actinomicetos como lo muestra la misma tabla tienen la misma cantidad de individuos a lo largo de todo el proceso.

Como se observa el recuento de mohos en este ensayo se mantiene constante durante las fases de inicio, medio y final, debido a que los mohos a más de resistir rangos amplios de pH, también resisten rangos amplios de temperatura lo que les ayudó a colonizar el humus de lombriz, de acuerdo a lo que indica Suquilanda dice que los mohos pueden presentarse a lo largo del proceso por su amplia adaptación a cambios de temperatura y pH.

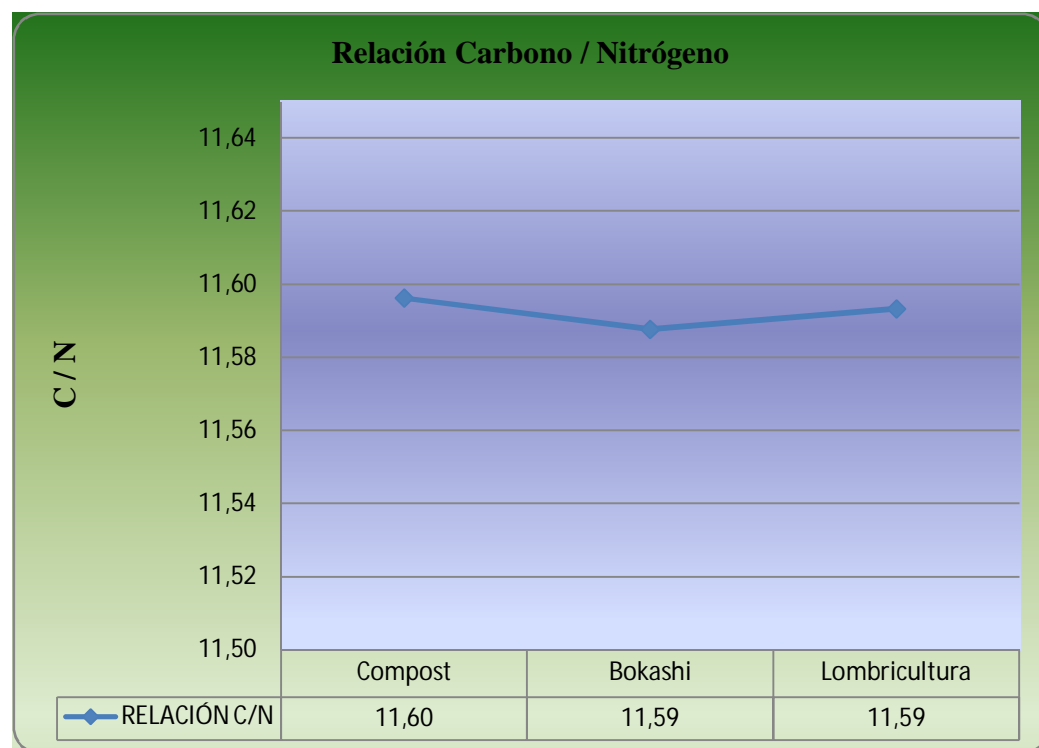
4.4 Relación Carbono / Nitrógeno

Tabla 22. Valores para la elaboración de la Relación C/N

Relación Carbono / Nitrógeno					
Compost		Bokashi		Lombricultura	
% C	% N Total	% C	% N Total	% C	% N Total
30,15	2,60	24,45	2,11	17,39	1,50
11,60		11,59		11,59	

Fuente: **Diana Gómez de la Torre.**

Gráfico 16. Análisis de la Relación C/N



Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como se observa en la tabla 22 y el gráfico 16, la relación C/N en promedio en los 3 tratamientos compost, bokashi y lombricultura fue de 11,60 (12:1), Según Comando, Antonio afirma que ésta relación está dentro de los rangos aceptables, siendo lo ideal una relación de C/N 20:1 a 30:1 para el caso del material vegetal.

Estos resultados de la relación C/N, posiblemente son el resultado de que no se realizó una adecuada mezcla entre los materiales, es decir que no se trabajó con ningún sustrato rico en nitrógeno lo que también pudo haber ocasionado que los valores sean bajos además de la liberación de CO₂ en la mineralización de la materia orgánica.

El nitrógeno puede perderse durante el compostaje básicamente por cuatro vías lo plantea Benzing, que en resumen son cuatro factores que determinan la disponibilidad de Nitrógeno en el compostaje, el contenido de N y la relación C/N en el material original, las pérdidas de N y la modificación de la relación C/N, ésta relación es importante debido a que los microorganismos tendrán suficiente C como fuente de energía y suficiente N como elementos esenciales para su propio organismo, de igual manera con el Fósforo y el Potasio. (NPK).

La calidad del compost resultante de la biotransformación aerobia, según los tratamientos, viene determinada por la variación de los componentes de la mezcla y de las condiciones de operación a lo largo del proceso.

A pesar de que tanto el Compost y el Bokashi se tratan de un producto resultante de distintos componentes iniciales, que no tienen una composición química constante, cada tratamiento presenta características casi similares lo que implica que no se observan diferencias graduales del uno al otro.

4.5 Análisis Costo – Efectividad⁶⁵

Análisis de coste-efectividad se refiere a conocer de todos los costes y beneficios posibles asociados a un proyecto en este caso específico a distinguir cual es la alternativa más rápida y barata, además es utilizado para analizar si éste debe ser efectuado o descartado.

El análisis de coste-efectividad es muy usado para evaluar los proyectos que realiza el sector público, porque no sólo tiene en cuenta los costes y beneficios económicos, sino también los sociales, ambientales y territoriales que tendrá el proyecto.

Es un análisis muy complejo puesto que no existe ningún precio de mercado que mida los efectos no económicos. Por ejemplo: Cómo se pueden medir los beneficios económicos que se podrán obtener gracias a esta nueva vía de reciclaje de materiales.

El análisis de coste-efectividad se aplica para escoger entre distintas opciones, como por ejemplo, entre crear programas de reciclaje o de rehuso. Su principal virtud implica, a la vez, una seria complejidad técnica, pues la diversidad de criterios que emplea obliga a explicitar los criterios que se usarán en la toma de decisiones.

Las empresas o compañías también utilizan este tipo de análisis. Además de calcular la viabilidad de un proyecto en función de las distintas situaciones posibles, se tienen en cuenta otro tipo de factores, no siempre calculables, como las reacciones de los trabajadores al tener que cambiar de lugar de trabajo o el impacto sobre la imagen de la empresa.

La identificación y categorización del uso de la técnica de compostaje conforman los datos para el análisis. Ello podrá capacitar al personal de RosaPrima para estimar los costes y efectividad de las mediciones y las técnicas que reducirán o eliminarán la acumulación del material vegetal fresco sin tratamiento y para comparar los costes y beneficios de no hacer nada.

⁶⁵ Análisis de Coste-Efectividad. 2007. Microsoft Encarta

Los agricultores típicamente eligen entre un número de opciones, incluyendo el permitir que continuara dicha acumulación de material, emprendiendo intervenciones de bajo costo pero técnicamente limitadas o implementando un completo paquete de medidas de alto costo. Por esto éste análisis servirá para proporcionar los datos necesarios para escoger que opción cumple mejor las necesidades de los agricultores.

El invertir o no un capital dependerá de los beneficios percibidos por las personas que hacen la inversión. Mientras un estudio económico nos permite realizar análisis simulados de coste-efectividad⁶⁶ para propósito de toma de decisiones.

Hay beneficios directos tales como el aumento en los rendimientos; pero los beneficios indirectos pueden ser mayores.

En este estudio se ha determinado que sólo se estudian los costos cambiantes como son el uso de materiales y el tiempo de biotransformación del material vegetal, en tanto que no se cuantificarán los costos de uso del agua ya que proviene del reservorio de la Finca Florícola RosaPrima, herramientas porque son las mismas que se utilizan en los tres ensayos, mano de obra porque se destina a una persona a que realice las actividades correspondientes al cuidado del compost.

4.5.1 Compost

El tiempo de biotransformación del material vegetal es de 3 meses, por lo tanto en un año se van a tener 4 ciclos de tres meses.

En cada ciclo se obtiene saco y medio de compost, lo que representa al año un total de 18 sacos.

⁶⁶ Stocking, Michael y Murhaghan, Niahm.2001. **Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra.**

Tabla 23. Materiales y Costos del Compost

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo (dólares)
Cascarilla Arroz	saco	3	0.30
Melaza	litro	1	2.40

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Tabla 24. Tiempo Compost

Ciclos	Tiempo	Sacos
1	3 meses	1.5
2	3 meses	1.5
3	3 meses	1.5
4	3 meses	1.5
Total Sacos al año		18

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Tabla 25. Costos por unidad de material

	Cantidad	Costo (dólares)
Cascarilla de Arroz	20 sacos	2.00
	1 saco	0.10
Camas	3 camas	0.30

Se colocó una sólo vez la cascarilla de arroz en los tres ensayos de compost, el costo es de 0.30 centavos de dólar, mientras que la melaza se agregó cada semana un litro por cama por lo tanto su costo es de 28.80 dólares en un ciclo, siendo el total de costos por cama de 29.10 dólares. Entonces el costo del saco al año de compost es de 6.47 dólares.

	Cantidad	Costo (dolares)
Melaza	3.75 litros	3.00
	1 litro	0.80
Camas	3 camas	2.40
Ciclo (12 semanas)	3 camas	28.80
Total costo / ciclo		29.10
Total costo / saco / año		6.47

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

4.5.2 Bokashi

El abono bokashi EM, por definición bibliográfica se demora en estar biotransformado de 15 a 21 días, en este ensayo se lo obtuvo en un mes, teniendo así ciclos de un mes durante doce meses, en cada ciclo se recolecta un saco y medio teniendo un promedio de 54 sacos al año de éste abono.

Tabla 26. Materiales y Costos del Bokashi

Materiales	Unidad	Cantidad	Costo (dólares)
Cascarilla Arroz	saco	3	0.30
EM	ml	200	1.25

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Tabla 27. Tiempo Bokashi

Ciclos	Tiempo	Sacos
1	1 mes	1.5
2	1 mes	1.5
3	1 mes	1.5
4	1 mes	1.5
5	1 mes	1.5
6	1 mes	1.5
7	1 mes	1.5
8	1 mes	1.5
9	1 mes	1.5
10	1 mes	1.5
11	1 mes	1.5
12	1 mes	1.5

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Tabla 28. Costos por unidad de material

	Cantidad	Costo (dólares)
Cascarilla de Arroz	20 sacos	2.00
	1 saco	0.10
Camas	3 camas	0.30

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Se colocó una sóla vez la cascarilla de arroz en los tres ensayos de bokashi, el costo es de 0.30 centavos de dólar, en tanto que el EM se agregó cada semana 200 ml por cama por lo

tanto su costo es de 15.00 dólares en un ciclo, siendo el total de costos por cama de 15.30 dólares. Entonces el costo del saco al año de bokashi es de 3.40 dólares.

	Cantidad	Costo (dolares)
EM	4000 ml	25.00
	200 ml	1.25
Camas	3 camas	3.75
Ciclo (4 semanas)	3 camas	15.00
Total costo / ciclo		15.30
Total costo / saco / año		3.40

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

4.5.3 Lombricultura

El tiempo de biotransformación del material vegetal es de 3 meses, por lo tanto en un año se van a tener 4 ciclos de tres meses. Se requiere tener un material maduro, para agregar a las lombrices, teniendo como producto un humus de lombriz.

En cada ciclo se obtiene dos sacos de humus, lo que representa al año un total de 24 sacos.

Tabla 29. Materiales y Costos de Lombricultura

Materiales	Costo (dólares)
Compst Maduro	29.10
Lombrices	3 kg

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Tabla 30. Tiempo Lombricultura

Ciclos	Tiempo	Sacos
1	3 meses	2
2	3 meses	2
3	3 meses	2
4	3 meses	2
Total sacos al año		24

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Tabla 31. Costos por unidad de material

	Cantidad	Costo (dólares)
Lombrices	1 kg	15.00
	3 kg	45.00
Camas	3 camas	135.00
Ciclo (12 semanas)	3 camas	29.10
Total costo / ciclo		74.10
Total costo / saco / año		12.35

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

En estos ensayos de lombricultura tiene un costo ya descrito en la sección de compost que corresponde a 29.10 dólares un ciclo y 3 kg de lombrices siendo su costo de 135.00, siendo su costo total por ciclo de tres meses de 74.10 dólares. Entonces el costo de los sacos al año de humus es de 12.35 dólares.

Cabe recalcar que la inversión que se hace en la Lombricultura es alta debido a que el costo de las lombrices es elevado, pero luego estas lombrices aumentan su población y para montar algún otro ensayo no será necesario que se invierta en comprar lombrices.

En la tabla siguiente se presenta un resumen del análisis costo – efectividad de los tres tratamientos en estudio para esta tesis.

Tabla 32. Cuadro Resumen Análisis Costo – Efectividad

CUADRO RESUMEN DEL ANÁLISIS COSTO - EFECTIVIDAD				
Tratamientos	Total Producción al año (sacos)	Total Costo por saco al año (dólares)	Tiempo por ciclo (mes)	Total Costo por ciclo (dólares)
Compost	18	6.47	3	29.10
Bokashi	54	3.40	1	15.30
Lombricultura	24	12.35	3	74.10

Fuente: Diana Gómez de la Torre. 2008

Como se observa en la tabla 32 y el gráfico, para el beneficio del factor tiempo de biotransformación el bokashi es el más rápido, dado que se demora menos que los otros dos tratamientos, mientras que el compost y la lombricultura están estabilizados

aproximadamente en tres meses, teniendo en cuenta que para el caso de la lombricultura se necesita que se de la biotransformación de compost maduro a humus, lo que implica que previamente debe pasar un tiempo de estabilización para poder poner las lombrices en el lecho.

Por lo tanto claramente se puede distinguir observando la tabla 32, que el tratamiento más económico y el que tiene una producción de 54 sacos de abono al año es el de bokashi teniendo un costo total por ciclo de 29.10 dólares; seguido por el de compostaje tradicional con una producción de 18 sacos de abono al año y con un costo total por ciclo de 15.30 dólares y finalmente el más costoso la lombricultura con un costo total por ciclo de 74.10 dólares y con una producción de 24 sacos de humus al año.

Sin embargo, en cuanto a la lombricultura se refiere, se obtienen dos sacos de humus, por lo tanto en este análisis costo-efectividad se lo ha elegido como el mejor porque la inversión inicial es elevada, pero dado que las lombrices crecen y se reproducen, en un futuro no se necesita volverlas a comprar, por lo que resulta ser el mejor tratamiento para que se lo aplique en la Finca Florícola RosaPrima. Porque una vez que se obtenga el humus de lombriz, lo único que se debería hacer es cosechar las lombrices y ponerlas en otro lecho para que sigan produciendo humus.

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

- El compost, para poder ser utilizado debe estar bien descompuesto, requiriendo para esto un mínimo de tres meses de preparación. En el bokashi EM, el tiempo que tarda todo el proceso de elaboración es aproximadamente de 7-30 días, debido a que no se necesita que el material esté totalmente biotransformado para poder ser utilizado, ya que los microorganismos siguen actuando y descomponiendo el material orgánico aún después de ser llevado al campo; sin embargo en el ensayo propuesto el tiempo de biotransformación del bokashi EM, fue de cinco semanas. En tanto que la lombricultura tarda aproximadamente tres meses, previamente trabajando en material maduro para estabilizarse en forma de humus de lombriz.
- En el compost tradicional y el bokashi, los microorganismos a la vez que consumen nutrientes del material vegetal se van reproduciendo, debido a este fenómeno la temperatura empieza a aumentar por el incremento en la actividad metabólica de los microorganismos. Por esta razón los procesos presentan rápidamente una etapa termofílica de 40 – 50 °C, seguida de una etapa mesofílica de 30 a 40 °C. Estas variaciones de temperatura ayudan a que el abono se higienice y presente cargas microbianas que realicen la biotransformación, hasta presentar una reducción de la temperatura y aproximarse a la ambiental.
- El comportamiento del pH en los tratamientos fue similar considerando que ninguno descendió a niveles completamente ácidos y manteniéndose en niveles de 7,0 a 8,0 considerando que es un pH ligeramente alcalino, debido a la formación de amonio resultante de la degradación de proteínas y aminoácidos, pero así mismo es un rango de pH que los microorganismos son capaces de tolerar.
- El contenido de humedad y su relación con el material vegetal seco depende de la cantidad de agua que se suministra, de la que es absorbida por la materia en degradación y la que se evapora durante el proceso, es decir, el efecto que ejerce la

evaporación causada por el calentamiento del ambiente. No fue posible suministrar una dosis exacta de agua a los tratamientos de compost y bokashi para mantener la misma cantidad de humedad en cada tiempo de la actividad de compostaje. Por lo tanto es posible que haya habido pérdidas de nutrientes y así mismo una disminución en la carga microbiana de los ensayos.

- Los tres abonos en estudio presentan un rango mayor al 30% de materia orgánica, lo que indica que el abono es de buena calidad.
- En cuanto al comportamiento de la temperatura, pH y Conductividad Eléctrica, se encontró que la temperatura influyó al pH, deduciéndose que este pudo haber afectado la actividad microbiana por la alcalinidad que presentaron los tratamientos de compost y bokashi y consecuentemente hubo influencia en la temperatura. Los resultados también reportan que la CE afectó el comportamiento del pH. A la vez la CE y la temperatura mostraron un comportamiento independiente.
- Tanto el Compost como el Bokashi se caracterizan por el predominio de los microorganismos aerobios mesófilos y termófilos respectivamente, que crecen en forma explosiva después de la formación de las camas, los primeros se desarrollan en una temperatura de 10-40 °C y los segundos alcanzan a desarrollarse en temperaturas de 40-55 °C. Las elevadas temperaturas alcanzadas, en el compost de 51.3 °C y en el bokashi de 60.5 °C, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las camas y de la actividad metabólica de los diferentes grupos de microorganismos aerobio participantes en el proceso.
- La formación de ácidos orgánicos puede llevar a una ligera reducción del pH en los abonos al principio de la biotransformación, en el compost se tuvieron valores de 6.7 – 6.9 y en el bokashi de 6.6 – 6.7, lo que indica que el pH si bajo en las primeras semanas. Sin embargo es posible decir que las camas de compost se mantuvieron dentro de los intervalos óptimos, lo que asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de microorganismos, por su lado la CE se presenta baja al inicio

del proceso en el compost y del bokashi, pero sube paulatinamente y es debido a que el pH y la temperatura también aumentan y se presenta cambios en la estructura de la muestra y la formación de sales.

- Desde el punto de vista microbiológico en las pruebas en el laboratorio se demostró que es muy ligera la disminución de la actividad metabólica de las poblaciones microbianas lo que también indica que el proceso llegó a su finalización y esto se da principalmente por el agotamiento de nutrientes, sin embargo la biomasa puede estar constante durante un determinado tiempo a pesar de que la mayoría de las poblaciones no estén viables, es decir ya no se reproduzcan.
- La lombricultura no presenta cambios significativos en sus variables de temperatura, pH y CE ya que posiblemente se deba a que se empieza con un abono estable (maduro) y que lo que se pretende es biotransformar a humus. En tanto que en la cantidad de nutrientes hay muy pocas variaciones a lo largo del proceso y el recuento de la carga microbiana especialmente las bacterias aumentan teniendo al principio las bacterias aerobias mesófilas de 8.3×10^7 hasta el recuento final de 1.7×10^8 , lo mismo se observa con los *Bacillus spp* que estando en un inicio en 3.4×10^6 , al final tienen un recuento de 7.1×10^7 . Los hongos, levaduras y actinomicetos permanecen constantes durante todo el proceso.
- El porcentaje de materia orgánica al inicio del proceso en el bokashi posiblemente debería ser más alto por la degradación del material vegetal que al final del proceso. El % de MO se relaciona directamente con la cantidad de carbono que se observa alta y significa que no ha sido utilizado por los microorganismos, sin embargo es un buen abono debido a que el porcentaje de MO es superior al 30%.
- Los compost obtenidos no alcanzan las características de un fertilizante industrial, pero sin embargo pueden servir como acondicionador del suelo para las plantas del alrededor de la Finca, más no para las camas de flores, ya que su contenido de nutrientes presenta valores que no pueden ser categorizados debido a que no se

tiene un análisis del suelo de la Finca donde se indiquen los valores de nutrientes que ese suelo puede contener para poner las cantidades de compost necesarias para el enriquecimiento de las camas con fines agronómicos.

- El compost bokashi EM, debió haber tenido mayor carga microbiana que el compost, se presume que la solución de EM, no tuvo las condiciones adecuadas para que se mantengan activos los microorganismos, o posiblemente no se lo almacenó en un lugar oscuro o se lo utilizó cuando ya estaba inactivo.
- La relación Carbono / Nitrógeno en el compost y bokashi a pesar de estar dentro de los rangos aceptables de 11. 59 y 11. 60% respectivamente, hubiesen tenido un valor en porcentaje más alto en dicha relación si al principio del proceso no se los compactaba, de esta manera se hubiese asegurado el mejor desempeño de los microorganismos y no se hubieran provocado pérdidas de nitrógeno.
- Es importante que el reciclaje del material vegetal se de manera controlada tanto en su fase de campo como en la de laboratorio, dado que si no se tienen las precauciones debidas, se puede llegar a tener una contaminación extra que es por ejemplo la contaminación de las aguas superficiales por el lavado o lixiviación de los nutrientes lo que haría saturar al suelo de MO y que luego estas sustancias pasen a contaminar el agua.
- Cuando se disponga de material vegetal acumulado es importante darle un tratamiento como los indicados en este trabajo lo más pronto posible porque se pueden generar malos olores y sobre todo se puede llegar a tener problemas de contaminación dentro de la Finca, pudiendo ser el material vegetal de gran ayuda para elaborar un abono de calidad y que supla de alguna forma a las grandes cantidades de fertilizantes que se puedan poner en las camas de flores.

5.2 RECOMENDACIONES

- El material vegetal fresco debe ser picado en un tamaño aproximado de 8 a 12cm porque existen más superficies susceptibles al ataque de los microorganismos.
- Como el compostaje es un proceso microbiológico, controlar las diferentes variables que intervienen en el desarrollo de los microorganismos, así como a los diferentes grupos y consorcios microbianos que intervienen en las diferentes etapas del proceso, afecta no solamente la velocidad de biodegradación, sino también la calidad del producto terminado y minimiza, además, los riesgos de contaminación ambiental.
- Se debe tener precaución, cuando se vaya a biotransformar el material vegetal de desecho en evitar que se compacte porque de esta manera se coopera con los microorganismos aerobios para que la cama de compost no presente mal olor y no proliferen los microorganismos anaerobios.
- Para aumentar la disponibilidad de nutrientes del abono orgánico, se deben priorizar la conservación de suelos, el reciclaje del material vegetal, un buen manejo del abono orgánico y el aumento de la producción de biomasa vegetal, así como también el monitoreo permanente de las diferentes etapas de biotransformación que un abono presenta.
- No es recomendable que se mezcle material vegetal fresco, con material vegetal cuya biotransformación ya esté avanzada dentro de la Finca, debido a que no se tendrían las condiciones ideales en todo el proceso y esto puede perjudicar en la relación C/N y así mismo a las poblaciones microbianas que intervienen en el proceso de compostaje.

- Seleccionar el suelo a ser abonado conociendo previamente sus características físicas y químicas mediante análisis de laboratorios para poder evitar deficiencias de nutrientes especialmente en las camas de flores.
- Se recomienda para el mejoramiento de la Finca Florícola RosaPrima, que se brinden todas las facilidades de transporte tanto de residuos del material vegetal hacia las canchas de compostaje, como del compostaje o abono orgánico a las camas de flores, porque de esta forma se evita que se puedan tener sitios de contaminación biológica dentro de la Finca.
- El lugar donde se conforman las camas y se lleva a cabo el proceso de compostaje se puede denominar canchas de compostaje, y se recomienda que se deben tomar en cuenta lo siguiente: estas áreas deben situarse en los puntos topográficos más altos del terreno, teniendo una pendiente superior al 1% hacia el resto de terreno de la Finca Florícola RosaPrima, de esta forma es posible evacuar las aguas pluviales y coleccionar los posibles líquidos lixiviados que se generen durante el proceso, evitando de esta forma la contaminación del agua subterránea.
- Es recomendable que el personal que está en contacto directo con el material vegetal de desecho, mantenga siempre un EPP de guantes, botas, mascarillas, mandiles y gorras debido a que están trabajando con un material biológico y pueden llegar a presentar alergias o afecciones en su salud.
- Se deberían realizar más experimentos en nuestro país donde se manipule el proceso de biotransformación, y sus efectos en el ciclo de nutrientes paralelamente a la restauración de suelos, al igual que en los agrosistemas, debido a que en los últimos 5 años no hay suficientes reportes al respecto publicados en literatura. Determinar las tasas de biodegradación y cambios en la disponibilidad de nutrientes, será de gran utilidad en el manejo de los sistemas productivos, evitando futuras contaminaciones.

CAPÍTULO VI

6.1 GLOSARIO

Abonado Orgánico: Es la recuperación de la materia orgánica del material vegetal para su biotransformación en abono. Esto es indudablemente una forma de reciclar, evitar contaminación y aportar materia orgánica y fertilidad a la tierra.

Actinomicetos: Producen sustancias antimicrobianas que suprimen hongos dañinos y bacterias patógenas.

Anóxico: Que carece de oxígeno.

Bacterias Fototróficas: Sintetizan las sustancias útiles producidas por la secreción en las raíces, materia orgánica y gases perjudiciales.

Bacterias Ácido lácticas: Combaten los microorganismos perjudiciales y aceleran la descomposición de la materia orgánica.

Biotransformación: Propiedad que tienen algunos materiales complejos de ser degradados por microorganismos para formar productos finales sencillos. La biotransformación de un compuesto depende de las condiciones biológicas en las que se degrade y de su estructura química.

Biotransformaciones Aeróbicas: Son aquellos sistemas en los cuales el proceso de descomposición es realizado mediante aireaciones periódicas, que aceleran el trabajo de bacterias y microorganismos aeróbicos que descomponen la materia orgánica por oxidación.

Biotransformaciones Anaeróbicas: Se diferencia de los métodos aeróbicos debido a que el proceso de descomposición se lo realiza totalmente cubierto y no utiliza ningún

proceso de oxigenación puesto que utilizan el trabajo de microorganismos anaeróbicos que descomponen la materia orgánica por reducción.

Bokashi: Es una palabra japonesa que significa "materia orgánica fermentada." El "Bokashi" ha sido utilizado por los agricultores japoneses para aumentar la diversidad microbiana, mejorar la condición física y química del suelo, prevenir sus enfermedades y suplirlo con nutrientes para el desarrollo de los cultivos.

Conductividad: Cualidad de conductivo. Propiedad que tienen los cuerpos de transmitir el calor o la electricidad.

Compost: Abono de gran calidad obtenido a partir de la descomposición de residuos orgánicos, que se utiliza para fertilizar y acondicionar los suelos, mejorando su calidad. Al mezclarse con la tierra la vivifica y favorece el desarrollo de las características óptimas para el cultivo.

Costos: Reflejan el costo real al emprender la toma de decisiones del uso del tratamiento compst.

Efectividad: Refleja los beneficios reales de obtención del mejor abono.

Fase mesófila; Es la fase inicial, de temperaturas no muy elevadas.

Fase termófila; Fase de de temperaturas superiores a unos 45° C. En esta fase son eliminados elementos patógenos y semillas de malas hierbas.

Fase de enfriamiento y maduración; La falta de alimentos hace que disminuya la actividad biológica y, en consecuencia, la generación de calor metabólico. Sin embargo, las transformaciones, que tienen lugar en ella, están muy relacionadas con la calidad del producto final.

Fertilizante Químico: Generalmente son de acción rápida y estimulan el crecimiento y vigor de las plantas cuando se aplican.

Estos fertilizantes se agrupan en diversos tipos según las sustancias que proporcionan: Nitrogenados, Potásicos, Complejos, Binarios. Etc.

Fitotóxico: Sustancia que normalmente ocasiona reducción de los rendimientos, crecimiento desuniforme, cambios en la morfología de la planta y eventualmente la muerte de la misma.

Levaduas: Sintetizan y utilizan las sustancias antimicrobianas que intervienen en el crecimiento de las plantas.

Macroelementos: Este grupo incluye a los macroelementos primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) y a los secundarios (calcio, magnesio y azufre).

Materia Orgánica: Es el conjunto de sustancias que provienen directa o indirectamente de los seres vivos y se reserva la denominación de Materia Inorgánica a aquella cuyo origen se atribuye a los seres no vivos.

Microelementos: Son cada uno de los elementos químicos siguientes: boro, cloro, cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno y cinc.

Microorganismos Aeróbios: Microorganismos que requieren de oxígeno su crecimiento.

Microorganismos Eficaces (EM): consiste en un cultivo mixto de microorganismos benéficos, de ocurrencia natural, que pueden ser aplicados como inoculantes para incrementar la diversidad microbial de los suelos y plantas. EM contiene especies seleccionadas de microorganismos incluyendo poblaciones predominantes de bacterias ácido lácticas y levaduras y un número más pequeño de bacterias fotosintéticas. Todos estos compatibles mutuamente unos con otros y capaces de coexistir en un cultivo líquido.

Muestra Compuesta: Acción de escoger muestras representativas de la calidad o condiciones medias de un todo.

Lombricultura: Se define como la degradación que sufre la materia orgánica cuando es digerida por lombrices. Este proceso se utiliza, bien para completar el compostaje, o bien, antes del compostaje. Para esta experiencia se emplean lombrices autóctonas previamente seleccionadas y clasificadas de la especie *Eisenia foetida foetida*.

Quimioheterótrofos: La fuente de energía y la fuente de carbono provienen de compuestos orgánicos. Esta categoría incluye a todos los animales superiores (consumidores), hongos y protozoos y la gran mayoría de bacterias.

Temperatura: Magnitud física que expresa el grado o nivel de calor de los cuerpos o del ambiente. Su unidad en el Sistema Internacional es el *kelvin* (K). Estado de calor de los seres vivos cuando entran en un proceso de biotransformación.

pH: Índice que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución. Entre 0 y 7 la disolución es ácida, y de 7 a 14, básica. Carece de unidades.

Relación Carbono – Nitrógeno: El carbono es la fuente de alimento y el nitrógeno es la fuente de energía de los microorganismos. Estas relaciones caracterizan los diversos materiales orgánicos biodegradables (MO), orientándonos acerca de cómo disponer y/o combinarlos a los fines de optimizar un compostaje apropiado de los mismos.

6.2 BIBLIOGRAFÍA

- **Amador, Oscar. 2007.** Lombricultura en Costa Rica.
www.lombricultura.cr/biblioteca/Articulolombritica.pdf
- **Análisis de Coste-Efectividad.** 2007. Microsoft® Encarta®. [DVD]. Microsoft Corporation.
- Asociación Colectivo para el Desarrollo Rural de tierra de Campos. 2006. **Investigación para Usos Agrícolas de la Lana.** España. www.cdrtcampos.es/lanatural/compostaje.htm
- Benzing, Albrecht. 2.001. **Agricultura Orgánica.** Fundamentos para la Región Andina. Alemania. Editorial Neckar Verlag. Pág. 682 - 685
- Blanco, José. 2.006. **Acondicionadores y Mejoradores del Suelo.** Instituto Colombiano Agropecuario. Pág 10, 11. www.agronet.gov.com.
- Bollo, Ernesto. 1999. **Lombricultura una Alternativa de Reciclaje.** Ediciones Mundi – Prensa Barcelona – España.
- Castrillón, Olivia, et al. 2006. **Efecto del pH sobre el crecimiento de microorganismos durante la etapa de maduración en pilas estáticas de compost.**
www.lasallista.edu.co/pdf/Revista+Limpia/Vol1_87-98_compost.pdf
- Comando, Antonio. 2006. **Optimización del compostaje de residuos sólidos urbanos en proceso de serio anaerobio – aerobio.** Madrid, España.
www.oa.upm.es/433/01/ANTONIO_INACIO_COMANDO_SULUDA.pdf
- **Como obtener abonos orgánicos de alta calidad.** Teorema Ambiental. 2006. Revista Técnico-ambiental. Colombia.

- Cooperband, Leslie. **Definición de Compostaje**. Departamento de Ciencias del Suelo. Universidad de Wisconsin-Madison.
www.wastenotorganics.wisc.edu/05composting/presentations/spanish/biologiadelcompostaje.pdf
- Correa, Margarita. 2007. **Microorganismos Eficaces**. Argentina.
www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=543
- Cruz, Bautista. 2004. **La Calidad del Suelo y sus Indicadores**. Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente.
www.revistaecosistemas.net/revista_frame.asp?pagina=%2Farticulo.asp%3FId%3D149%26Id_Categoria%3D1%26tipo%3Dotros_contenidos
- Delgado, Manlio. 2008. **Lombricultura Pacahmama S.A.** Chile. www.lombricultura.cl
- Escobar, Carlos, et.al. 1997. **Bioabonos**. Alternativa para desarrollar una Agricultura sostenible. Colombia.
www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061_Bioabonolombricompuesto.pdf
- Fernández, Gastón. 2005. **Nutrición Orgánica de Suelos**. PROSUR. S.A Chillán – Chile.
www.lombricultura.cl/biblioteca/Nutrici%20n%20Org%20nica%20de%20suelos.pdf
- FIDA. Fundación para la Investigación y el Desarrollo Ambiental. 2007. **Compostaje**.
www.rcir.es/pdf/villanueva/villanueva_compostaje.pdf
- Fundación Piedra Nueva .2003. **Microorganismos Eficientes**.
www.em.iespana.es/detalles/detalles.html
- Gómez, José María y Estrada de Luis, Belén. 2005. **Índices de Calidad de Suelos y Compost desde la Perspectiva Agro-ecológica**.
www.bpeninsular.com/pdfs/Ponencia_ISR_Sevilla.pdf

- Hernández, Alejandro, López , Rubén, Barrios, José. 2004. **Temperatura pH y conductividad eléctrica en el compostaje.**
www.uaaan.mx/DirInv/memoria_2004/AgricSustentable/AHernandez-2.doc -
- Higa, Teruo. 2002. **Una revolución para salvar la tierra.** EM Research Organization. Japón.
- Ilustre Municipio de Cayambe. 2007. **Generalidades del Cantón Cayambe.**
- Instituto Nacional de Normalización (INN). 2004. Norma Chilena de Compost.
- Leblanc, Humberto. 2004. **Bokashi (Abono Orgánico Fermentado).** Universidad EARTH Costa Rica. www.usi.earth.ac.cr/glas/sp/50000002.pdf
- **Lombricultura. Agricultura en Internet.** Madrid, España.
www.infoagro.com/agrointernet/asp
- **Lombricultura: Compost – Lombrices.** 2004. Técnicas y aplicaciones del Cultivo de la lombriz roja californiana *Eisenia foetida*.
www.espanol.geocities.com/paginaverde/eisenia.pdf -.
- **Microorganismos Eficaces.** 2006. www.agrifon.nl/homeeng.html.
- Milanes, Masgloiris, Rodriguez, Horacio, Ramos, Raúl et al. 2005. **Efectos del compost vegetal y humus de lombriz en la producción sostenible de capítulos florales en *Calendula officinalis* y *Matricaria recutita*.**
www.scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962005000100008
- Martí, Alexander. 1994. **Introducción a la Microbiología del Suelo.** Editorial ACT EITOR. S.A.

- Muñoz, José. 2005. **Compostaje en pescador, cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales.**
www.ciat.cgiar.org/ipra/pdf/compostaje_pescador.pdf
- Muñoz, Federico. 1998. **Análisis de la descomposición de ramas (fracción fina) en un ecosistema terrestre de México.** Editorial Veracruz.
- Nogués, Fernando. **Compostaje.** Los microorganismos transforman residuos orgánicos en abonos. Fundación CIRCE. División Termoeconómica. www.teide.cps.unizar.es/pdf.
- Oliveira, Nilson. 2006. **Elaboración de abono orgánico tipo bokashi con tecnología EM.** Biotecnología en el manejo Integral de Recursos Naturales. Natural Geos.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). 2006. **Manual para la elaboración de Compost.** Bases conceptuales y Procedimientos www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf
- Perfil Ambiental de España. 2004. **Curso de Compostaje.**
www.tierra.org/spip/IMG/pdf/AdT_Curso-compostaje2.pdf
- Pesantes, Sergio. 2002. **Fundamentos y Características del Humus en las regiones bajas de Colombia.** Editorial Gamusa.
- Prescott, Lansing. 2002. **Microbiología.** Quinta Edición. Mc Graw Hill Interamericana. España.
- **Programa Nacional de Agricultura Orgánica.** 2008. Proyecto PLAGSALUD de la OPS/OMS Costa Rica. www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf
- Proyecto medioambiental sobre reutilización de la materia orgánica realizado por el colectivo KIMA BERDEA. 2007

- Ravera, Anibal. 2007. **Lombricultura**. www.geocities.com/lombricultura2002/html
- Restrepo, Julian. 1996. **Abonos orgánicos fermentados**. Experiencias de Agricultores de Centroamérica y Brasil. OIT, PSST-AcyP; CEDECE.
- Rittmann, Bruce. 2001. **Biotecnología del Medio Ambiente**. Principios y Aplicaciones. España. Primera edición. Editorial McGrawHill. Pags 20-24
- Ruiz, Manuel. 1.999. **Bioquímica Estructural**. Editorial Tébar Flores. Grupo Editor Alfaomega. España. Pag 253
- Sans, Ramón y Ribas Joan de Pablo. 1999. **Contaminación y Tratamientos**. Ingeniería Ambiental. Barcelona – España.
- Shintani, Masaki y Leblanc, Humberto. 2000. **Bokashi (Abono Orgánico Fermentado)**. Tecnología Tradicional adaptada para una Agricultura Sostenible y un Manejo de Desechos Modernos. Primera Edición. EARTH – Costa Rica. Pág 10 – 18.
- Stocking Michael y Murhaghan, Niahm.2001. **Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la Tierra**. Ediciones Mundi – Prensa.
- Stopella, Peter. 2004. **Utilización de Compost en los sistemas de cultivo hortícola**. Editorial Mundi – Prensa. Pág. 24, 25, 55.
- Suquilanda, Manuel. 1996. Agricultura Orgánica. Alternativa tecnológica para el futuro. Quito (Ec.), Editorilal UPS Fundagro.
- Universidad de Medellin. 2003. **Manejo y evaluación de los Residuos Vegetales, mediante procesos de Compostación**.
www.corantioquia.gov.co/docs/ventanilla/CAVEG.pdf
- Yépez, Silvana. 2008. Natrual Geos.

ANEXOS

ANEXO 1.

MARCO LEGAL AL QUE ESTÁ SUJETO ROSAPRIMA

Cumplimientos de las Normas Legales

La Finca Florícola RosaPrima cumple con las Normativas Ambientales, Nacionales, Provinciales y del Cantón.

- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, Recursos Suelos. Registro Oficial N° 989 de 1989.
- Reglamento de uso y aplicación de Plaguicidas en las Plantaciones dedicadas al cultivos de flores de 1998.
- La Ordenanza Reformatoria para el Manejo y control Ambiental de las Florícolas en el Cantón. Registro Oficial N° 66 de 1996.
- Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria. Quito, 2002.
- Reglamento a la ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Quito, Agosto 2002.
- Norma de Calidad de Ambiental y de Descarga de Efluentes: recursos agua, Quito 2002.
- Norma de Calidad de Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados, Quito 2002.
- Norma de Calidad de Ambiental para el Manejo y Disposición final de Desechos Sólidos no Peligrosos, Quito 2002.

ANEXO 2

DISPOSICIÓN EN CAMPO DE LOS ENSAYOS

FOTO 10. Diseño de las camas, para el ensayo



Fuente: **Diana Gómez de la Torre, 2008**

Foto 11. Disposición de los Ensayos en el campo



Fuente: **Diana Gómez de la Torre, 2008**

ANEXO 3

COMPOST, BOKASHI Y LOMBRICULTURA

Foto 12. Tratamiento Compost (to)



Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

Foto 13 Tratamiento Bokashi (t1)



Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

Foto 14. Tratamiento Lombricultura (t2)



Fuente: **Diana Gómez de la Torre. 2008**

ANEXO 4

RESULTADOS DE LOS LABORATORIOS CIMICC Y SESA



Centro de Investigaciones Microbiológicas y Control de Calidad

Quito, 15 de febrero de 2008

Señora
Diana Gómez de la Torre
UISEK
Ciudad.-

Teléfono: 02 2924028

REPORTE DE LABORATORIO **REF: 8-02043/44**

Muestras:

Abonos orgánicos

Envase:

Funda de plástico

Fecha entrega al Laboratorio:

10 de Febrero de 2008

PARAMETROS	Unid.	Compost	Bokashi
		Nº 8-02043	Nº 8-02044
Análisis Microbiológico:			
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	6.2x10 ⁸	4.3x10 ⁸
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	8.8x10 ⁷	6.4x10 ⁷
<i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	1.5x10 ⁵	1.9x10 ⁵
Mohos	UFC/g	1.0x10 ⁶	6.1x10 ⁵
Levaduras	UFC/g	9.5x10 ⁴	2.8x10 ⁴
Actinomicetos	UFC/g	10 ⁴ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁵

El laboratorio no es responsable por la interpretación que se le de a los resultados, ni por la representabilidad de la muestra respecto al lote del cual fue tomado.

Atentamente,

Dra. Betty Caicedo Atiaga
Directora Técnica
CIMICC



Centro de Investigaciones Microbiológicas y Control de Calidad

Quito, 12 de marzo de 2008

Señora
Diana Gómez de la Torre
UISEK
Ciudad.-

Teléfono: 087050139

REPORTE DE LABORATORIO REF: 8-03075/7

Muestras: Abonos orgánicos
Envase: Funda de plástico
Fecha entrega al Laboratorio: 03 de Marzo de 2008

PARAMETROS	Unid.	Compost	Bokashi	Lombricultura
		Nº 8-03075	Nº 8-03076	Nº 8-03077
<u>Análisis Microbiológico:</u>				
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	9.1x10 ⁷	1.2x10 ⁸	8.3x10 ⁷
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	1.1x10 ⁶	3.1x10 ⁶	3.4x10 ⁶
<i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	2.4x10 ⁴	2.8x10 ⁴	1.0x10 ²
Mohos	UFC/g	1.810 ⁵	4.5x10 ⁵	8.8x10 ⁵
Levaduras	UFC/g	10 ⁴ -10 ⁵	1x10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁵
Actinomicetos	UFC/g	10 ⁵ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁶	10 ⁴ -10 ⁵

El laboratorio no es responsable por la interpretación que se le de a los resultados, ni por la representabilidad de la muestra respecto al lote del cual fue tomado.

Atentamente,


Dra. Betty Caicedo Atiaga
Directora Técnica
CIMICC



Centro de Investigaciones Microbiológicas y Control de Calidad

Quito, 16 de Abril de 2008

Señorita
Diana Gómez de la Torre
UISEK
Ciudad.-

Teléfono: 08 7 050139

REPORTE DE LABORATORIO

REF: 8-04104/5

Muestras:

Envase:

Fecha entrega al Laboratorio:

Abonos orgánicos

Funda de plástico

10 de Abril de 2008

PARAMETROS	Unid.	Compost	Lombricultura
		Nº 8-04104	Nº 8-04105
<u>Análisis Microbiológico:</u>			
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	1.6x10 ⁸	1.8x10 ⁸
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	2.5x10 ⁶	1.1x10 ⁷
<i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	1.1x10 ⁵	3.8x10 ⁴
Mohos	UFC/g	3.7x10 ⁴	1.6x10 ⁵
Levaduras	UFC/g	5.3x10 ⁴	7.6x10 ⁵
Actinomicetos	UFC/g	10 ³ -10 ⁴	10 ⁴ -10 ⁵

El laboratorio no es responsable por la interpretación que se le de a los resultados, ni por la representabilidad de la muestra respecto al lote del cual fue tomado.

Atentamente,

Dra. Betty Caicedo Atiaga
Directora Técnica
CIMICC



Centro de Investigaciones Microbiológicas y Control de Calidad

Quito, 27 de mayo de 2008

Señorita
Diana Gómez de la Torre
UISEK
Ciudad.-

Teléfono: 087050139

REPORTE DE LABORATORIO **REF: 8-05135**

Muestras: Abonos orgánicos
Envase: Funda de plástico
Fecha entrega al Laboratorio: 20 de Mayo de 2008

PARAMETROS	Unid.	Lombricultura
		Nº 8-05135
Análisis Microbiológico:		
Bacterias Aerobias Mesófilas	UFC/g	1.7x10 ⁸
<i>Bacillus</i> spp.	UFC/g	7.1 x10 ⁷
<i>Bacillus cereus</i>	UFC/g	3.6x10 ⁴
Mohos	UFC/g	5.1x10 ⁵
Levaduras	UFC/g	10 ⁴ -10 ⁵
Actinomicetos	UFC/g	10 ⁴ -10 ⁵

El laboratorio no es responsable por la interpretación que se le de a los resultados, ni por la representabilidad de la muestra respecto al lote del cual fue tomado.

Atentamente,

Dra. Betty Caicedo Atiaga
Directora Técnica
CIMICC



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

Via Interoceánica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Teléfonos: 2 372-844 Teléfax: 2 372-845

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS

Remite: SRTA. DIANA GOMEZ DE LA TORRE.

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Febrero, 12 de 2008.

Localización PICHINCHA-CAYAMBE-CANGAHUA.

Fecha de informe: Tumbaco, Febrero 20 de 2008

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O. %	N Total %	P P P M	K cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	Fe P P M	Mn P P M	Cu P P M	Zn P P M	Clase Textural
168	Bokashi.	9.05	79.73	3.99	180	38.36	16.1	7.32	28.7	59.2	5.5	12.8	Orgánica.
			Cg=46.25										
169	Compost.	8.82	70.32	3.52	175	35.29	17	7.08	54.4	66.7	5.4	14.4	"
			Cg=40.78										

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

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

M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
Mat. Org.	Nitrogeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc
%	%	P P M	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	P P M	P P M	P P M	P P M
<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	0-1	0-3
1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.38	1.0-3.0	0.34-0.68	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6
>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.68	>41	>16	>4.1	>6.1
									Alto

RECIBIDO
FECHA: 21-02-08
Recibido y Registrado en el Laboratorio SESA - Tumbaco

Jefe de Laboratorio



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA
Via Intercedencia Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Telefonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845
LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS

SESA
ECUADOR

Remite: SEÑORITA. DIANA GOMEZ DE LA TORRE.

Fecha de ingreso al Laboratorio Tumbaco, Marzo 04 de 2008.

Localización: ICHINCHA-CAYAMBE-CANGAHUA.

Fecha de Informe: Tumbaco, Marzo 13 de 2008.

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	P P M	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	P P M	P P M	P P M	P P M	
249	Lombricult.	8.12	42.22	2.11	210	11.50	19.95	15.64	16.7	31.5	1.6	8.1	Orgánica.
			C%=24.49										
250	Bokashi.	9.62	42.16	2.11	205	23.01	18.3	6.34	32.3	28.7	3	11.6	"
			C%=24.43										
251	Compost.	9.74	65.15	3.26	2003	38.36	36	18.11	21.5	33	2.6	10.8	"
			C%=37.79										

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

pH													
Acido		5.5											
Ligeramente Acido		5.6-6.4											
Practicamente Neutro		6.5-7.5											
Ligeramente Alcalino		7.6-8.0											
Alcalino		8.1											
		M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn		
		Mat. Org.	Nitrogeno	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Hierro	Manganeso	Cobre	Zinc		
		%	%	P P M	CMOL/KG	CMOL/KG	CMOL/KG	P P M	P P M	P P M	P P M		
		<1.0	0-0.15	0-10	<0.2	<1	<0.33	0-20	0-5	<0.1	0-3	Bajo	
		1.0-2.0	0.16-0.3	11-20	0.2-0.38	1.0-3.0	0.34-0.66	21-40	6-15	1.1-4	3.1-6	Medio	
		>2.0	>0.31	>21	>0.4	>3.0	>0.66	>41	>16	>4.1	>6.1	Alto	

RECIBIDO
13-03-08
Firma: [Firma]
Fecha: 13-03-08
Laboratorio SESA - Zumbaco

Jefe de Laboratorio



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

Via Intercednica Km. 14 Granja del MAG Tumbaco Telefonos: 2 372-844 Telefax: 2 372-845

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS

Remitente: Diana Gomez de la Torre
 Fecha de ingreso al Laboratorio

Localización: Cayambe Cangahua

Fecha de informe: 18 de Abril del 2008

10 de Abril del 2008

# de Laboratorio	# de Campo	pH	M. O.	N Total	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	Clase Textural
			%	%	PPM	cmol/kg	cmol/kg	cmol/kg	PPM	PPM	PPM	PPM	
416	LOMBRICULTURA	9.09	29.99	1.50	175	16.11							ORGANICA
	C% = 17.39											C.E =	5.54
417	COMPOS TRADICIONAL	9.64	51.98	2.60	155	0.79							C.E = 7.67
	C % = 30.15												

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

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO (Sierra)

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

Jefe de Laboratorio

SESA
 ECUADOR
 LABORATORIO DE
 SUELOS
 TUMBACO

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA
SERVICIO ECUATORIANO DE SANIDAD AGROPECUARIA

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

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS
INFORME DE ANALISIS

Remitente: SEÑORITA. DIANA GOMEZ DE LA TORRE.
 Fecha de ingreso al Laboratorio: Tumbaco, Mayo 21 de 2008.
 fecha de informe: Tumbaco, Mayo 30 de 2008.
 Localización: PICHINCHA - CAYAMBE - CANGAHUA.



# de Laboratorio	# de Campo	pH	M.O.	N Total	P	K	Clase Textural
			%	%	PPM	CMOL/KG	
963	1	8.28	35.03 C% = 20.32	1.75	210	21.74	Orgánica.

INTERPRETACION DE NIVELES DE CONTENIDO

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

M.O.	N	P	K	
Mat. Org.	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	
%	%	PPM	CMOL/KG	
1	0 - 0.15	0 - 10	< 0.2	Bajo
1 - 2	0.16 - 0.3	11 - 20	0.2 - 0.38	Medio
> 2	> 0.31	> 20.1	> 0.4	Alto




 Jefe de Laboratorio

ANEXO 5.

AGENTES BIOLÓGICOS MÁS FRECUENTES EN LAS PLANTAS DE COMPOSTAJE

Tipo	Ubicación	Ejemplo
Bacilos gramnegativos	Superficies vegetales	<i>Erwinia</i> , <i>E. herbicola</i> , <i>syn. Pantoea agglomerans</i> , <i>Enterobacter agglomerans</i>
	Polvos de origen vegetal	<i>Pseudomonas spp.</i> , <i>Klebsiella spp.</i> , <i>Rahnella spp.</i> y <i>Alcaligenes fecalis</i>
	Polvos de origen animal	<i>Escherichia coli</i>
Bacterias grampositivas	Polvos de origen animal comunes en polvos de materias vegetales almacenadas	Corinebacterias: <i>Arthrobacter spp.</i> , <i>Corynebacterium spp.</i> Cocos: <i>Staphylococcus saprophyticus</i> , <i>S. epidermis</i> , <i>Micococcus spp.</i> , <i>Streptococcus spp.</i> Bacilos aerobios formadores de endosporas: <i>Bacillus subtilis</i> , <i>B. megaterium</i> y <i>B. Cereus</i> (en pequeñas cantidades)
Actinomicetos	Frecuentes en los restos vegetales almacenados	Termófilos, produciendo un calentamiento espontáneo entre 50 y 60 °C del compost: <i>Saccharopolyspora rectivirgula</i> , <i>Thermoactinomyces vulagris</i> y <i>T. thalophilus</i>
	Suelo y materiales vegetales	Mesófilos: <i>Streptomyces</i> , <i>Rhococcus</i> y <i>Agromyces</i>
Hongos	Hongos de campo que se desarrollan sobre la hierba y otras plantas vivas	<i>Alternaria spp.</i> , <i>Cladosporium spp.</i> , <i>Dydimella spp.</i>
	Productos orgánicos almacenados, principalmente por encima de los 30°C	Hongos: <i>Aspergillus</i> (<i>A. fumigatus</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. candidus</i> , <i>A. terreus</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>A. niger</i>), <i>Penicillium</i> , <i>Eurotium</i> , <i>Trichoderma</i> , <i>Absidia</i> , <i>Mucor</i> y <i>Rhizopus</i> Levaduras: <i>Candida</i> y otras

Fuente: Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Barcelona. INSHT