

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN VEGETAL**



TRABAJO DE DIPLOMA.

**EFFECTO DE DIFERENTES RESIDUOS DE ORIGEN VEGETAL Y ANIMAL EN
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL
COMPOST. HACIENDA LAS MERCEDES, MANAGUA. 2005.**

AUTORES:

**Br. FRANCISCO NEFTALÍ ROJAS PÉREZ
Br. EFRAÍN ALBERTO ZELEDÓN VÍLCHEZ**

ASESORES:

**Ing. M Sc. MA. ISABEL CHAVARRÍA GAITÁN
Ing. NORMAN CRUZ VELA**

**MANAGUA, NICARAGUA
JULIO, 2007**

DEDICATORIA:

En primer lugar a Dios nuestro señor, por permitirme la existencia y fortaleza así como sabiduría y dedicación en mis estudios.

A mis padres José Rojas y Paula Pérez por brindarme el apoyo tanto económico como moral para luchar por mis metas y darme confianza cada día.

A mis hermanos Oscar, Dagoberto, Doris y Fabián ya que ellos confiaron en mi para alcanzar y culminar mis estudios superiores.

A mi hijo Hansel Elian Rojas Pérez, ya que fue mi fuente de inspiración para luchar y alcanzar una etapa mas en mi vida.

A mis compañeros y amigos Efraín, Delver, Lenin y Hugo por sus valiosos consejos y su valiosa amistad a lo largo de todo el tiempo de estudios en la universidad.

Francisco Neftalí Rojas Pérez

DEDICATORIA:

Oye, oh Dios, mi clamor; a mi oración atiende desde el cabo de la tierra clamaré a ti, cuando mi corazón desmayare.

En primera instancia a Dios padre eterno por brindarme sabiduría, fe, confianza en mi mismo; valor y sobre todo por acompañarme en los momentos más difíciles de mi vida y por no permitir que me rindiera ante las dificultades de la vida.

A mi padre Efraín Zeledón Cruz que está a miles de kilómetros de casa pero gracias a sus sacrificios, apoyo incondicional, su confianza indudable y sus valiosos consejos he llegado a lograr una parte importante en mi vida.

A mi madre Marlene Vílchez Solís por confiar en mí en los momentos difíciles y sobre todo por darme la oportunidad de demostrar que soy un merecedor de su cariño.

A mi abuela materna Francisca Vílchez que está en el cielo y estoy seguro que ella siempre me ha guiado desde arriba.

A mi abuela paterna Victorina Cruz por darme el cariño, confianza y paciencia en todo momento de mi vida.

Dedico este trabajo a mis hermanos Evenor, Marlene, Cristian y Hugo por darme su cariño y comprensión.

A mis amigos(as) Félix, Javier, Marlon, Rubén, Nain, Yesenia, Ayda, Neftalí y Pedro por acompañarme en los momentos más difíciles de mi vida.

Para todos mis excelentes compañeros de clase y amigos que junto a ellos pasamos muchos gratos momentos de la vida estudiantil.

Efraín Alberto Zeledón Vílchez

AGRADECIMIENTO:

En primera instancia agradecemos a nuestra ALMA MATER por brindarnos la oportunidad de coronar una carrera universitaria y estar mejor preparados para nuestras vidas.

A servicios estudiantiles de la Universidad Nacional Agraria y en especial a la licenciada Idalia Casco Mendieta por darnos su apoyo con una beca universitaria.

Extendemos los más sinceros agradecimientos a los profesores Ing. Isabel Chavarría Gaitán e Ing. Norman Cruz Vela por sus valiosos consejos, recomendaciones y el tiempo que dedicaron a la realización de este trabajo de diploma ya que sin su ayuda no se hubiese podido realizar.

A los profesores Martha Moraga, Juan Avelares Santos, Gregorio Varela por la información de suma importancia que nos brindó a lo largo de este trabajo.

De manera especial a nuestro profesor y amigo Ing Phd. Oscar Gómez por habernos ayudado en los análisis estadísticos de este ensayo.

A la señora secretaria Carolina Padilla Ramírez por la amistad y disposición de ayuda que demostró con nosotros.

Expresamos un gran agradecimiento a la Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos de Nueva Segovia (UNAG) por la confianza que depositaron en nosotros así también como el apoyo económico y logístico que nos brindaron.

Francisco Neftalí Rojas Pérez
Efraín Alberto Zeledón Vílchez

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Paginas
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	iv
ABSTRACT.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
OBJETIVOS.....	4
Objetivo general.....	4
Objetivo específico.....	4
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	5
2.1 Descripción del lugar.....	5
2.2 Descripción del experimento.....	6
2.3 Variables evaluadas.....	7
2.4 Análisis estadístico.....	8
2.5 Manejo de las aboneras.....	9
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	10
3.1 Temperatura.....	10
3.2 Humedad.....	15
3.3 Contenido de macro y microelementos.....	18
3.3.1 Contenido de macroelementos (C, N, P, K y Ca).....	18
3.3.2 Relación Carbono-Nitrógeno.....	21
3.3.3 Micronutrientes.....	23
3.4 Fitotoxicidad.....	25
3.5 Diversidad de hongos y bacterias en el proceso del compostaje...	27
IV. CONCLUSIONES.....	32
V. RECOMENDACIONES.....	33
VI. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	35
VII. ANEXOS.....	37

INDICE DE TABLAS

Tabla No.	Página
1. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo Calidad del abono compost. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	6
2. Resultado del análisis químico del contenido macroelementos en cinco mezclas de materia orgánica compostadas. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	19
3. Resultados obtenidos para la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) en cinco mezclas de materia orgánica compostadas. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	22
4. Resultado del análisis químico del contenido de micro elementos en cinco mezclas de materia orgánica compostadas. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	23
5. Resultado del análisis microbiológico a los 30 y 90 días de establecidas las aboneras con diferentes mezclas de materia orgánica. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	29

INDICE DE FIGURAS

Figura N°.	Páginas
1. Promedio de temperatura (°C) y precipitación (mm) en la Hacienda Las Mercedes durante el período julio-noviembre del 2005. Las Mercedes, Managua.	5
2. Resultados de muestreos de temperatura realizados en las diferentes mezclas de materia orgánica. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	11
3. Porcentajes de la humedad de cinco diferentes mezclas de materia orgánica. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	17
4. Porcentaje de germinación de la semilla del rábano (<i>Raphanus sativus</i>) evaluados en tres fechas y establecida en sustrato con abono compost obtenido con cinco mezclas de materiales orgánicos. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	26

INDICE DE ANEXOS

Anexo N°.	Páginas
1. Temperaturas obtenidas en cinco aboneras con diferentes materiales orgánicos. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	38
2. Porcentaje de humedad de cinco aboneras con diferentes materiales orgánicos. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	39
3. Resultados del análisis químico de cinco aboneras con diferentes materiales orgánicos. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.	39
4. Resultados del análisis de varianza de los contenidos de macro (N, P, K, Ca, C y Mg) y micro elementos (Fe, Cu, Mn y Zn)	40

ABSTRACT

The study effect of different residuals of vegetable and animal origin in some physical characteristics, chemistry and biological of the compost. The objectives were: To contribute to the search of alternative of recycling of different materials of vegetable, animal and origin that it contains good physical, chemical and biological characteristics, to evaluate the effect of different organic materials (pulp of coffee, sawdust, green garbage + husk of rice, green payment + husk of rice and residuals of the dining room) about some chemical, physical and biological properties of the compost and to determinate which of the evaluated organic mixtures (pulp of coffee, sawdust, green garbage + husk of rice, green payment + husk of rice and residuals of the dining room) they contribute to improve some of the chemical, physical and biological properties of the compost. The Mercedes settled down in the Treasury, property of the Agrarian National University, located in the Km. 11 and ½ north highway, 1 Km. to the lake in front of the CARNIC company in the town The Mercedes belonging to the department of Managua. Property is it is located geographically to the 12°8'36'' north latitude and 86°09'49'' longitude west to an altitude of 56 msnm. The research had five treatments and three repetitions: the five treatments had garbage dry collection of the Treasury The Mercedes, manure, lime and sica (vegetable coal) in common; the treatment number one differed for the presence of pulp of coffee, both to have sawdust, the third with garbage green more husk of rice, the four with payment green more husk of rice and the recruit with residuals coming from the dining room of the Agrarian National University. The following variables were evaluated: temperature, humidity, fitotoxicity, macro and micro elements content and Diversity of fungus and bacterias in the compostaje process. The applied statistical analysis was the variance analysis to the variable: chemical analysis, was carried out separation of stockings for TUKEY to 5% of error probability. To the variable humidity, germination and microbiological analysis they were carried out a qualitative analysis. The variable temperature was carried out variance analysis through the MANOVA. The following results are obtained: significant difference exists among the treatments in the variable temperature and it is the pulp of coffee the organic material that favors bigger microbial activity and that he allowed to obtain higher temperatures that the rest of mixtures. The pasteurization of the payment was achieved through that the temperature between 45 °C and 50 °C was for a while lingering. According to the result of the chemical analysis carried out in the laboratory of soils and waters of ONA indicate that the ranges of humidity at the end of the rehearsal stayed inside the good parameters (50-65%). All the treatments have a relationship high charred/nitrogen, those that vary among 79:1 at 60:1. All the mixtures have stability; there is not presence of fitotoxicas substances. In all the treatments germination is obtained up of 90 percent. The presence of bacterias and fungus were during the whole process of decomposition, being smaller the number of species of mushrooms found by treatment to the 30 days that to the 90 days. Among the most opposing bacterias they are those of the gender Bacillus.

RESUMEN

El estudio del efecto de diferentes residuos orgánicos de origen vegetal y animal en algunas características física, química y biológica del compost. Los objetivos fueron: Contribuir a la búsqueda de alternativas de reciclaje de diferentes materiales de origen vegetal, animal y que contenga buenas características físicas, químicas y biológicas, evaluar el efecto de diferentes materiales orgánicos (pulpa de café, aserrín, basura verde + cascarilla de arroz, abono verde + cascarilla de arroz y residuos del comedor) sobre algunas propiedades químicas, físicas y biológicas del compost y determinar cuál de las mezclas orgánicas evaluadas (pulpa de café, aserrín, basura verde + cascarilla de arroz, abono verde + cascarilla de arroz y residuos del comedor) contribuyen a mejorar algunas de las propiedades químicas, físicas y biológicas del compost. Se estableció en la Hacienda Las Mercedes, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el Km. 11 y ½ carretera norte, 1 Km. al lago frente a la empresa CARNIC en la localidad Las Mercedes perteneciente al departamento de Managua. Está finca se ubica geográficamente a los 12°8'36'' latitud norte y 86°09'49'' longitud oeste a una altitud de 56 msnm. El estudio comprendió cinco tratamientos y tres repeticiones: los cinco tratamientos compuestos de: basura seca recogida de la Hacienda Las Mercedes, estiércol, cal y sica (carbón vegetal) en común; el tratamiento uno se diferenciaba por la presencia de pulpa de café, el dos por tener aserrín, el tres con basura verde más cascarilla de arroz, el cuatro con abono verde más cascarilla de arroz y el quinto con residuos provenientes del comedor de la Universidad Nacional Agraria. Se evaluaron las siguientes variables: temperatura, humedad, fitotoxicidad, Contenido de macro y micro elementos y diversidad de hongos y bacterias en el proceso de compostaje. El análisis estadístico utilizado fue el análisis de varianza a la variable: análisis químico, se realizó separación de medias por TUKEY al 5% de probabilidad de error. A las variables humedad, toxicidad y análisis microbiológico se les realizó un análisis cualitativo. La variable temperatura se le realizó análisis de varianza a través del MANOVA. Se obtuvieron los siguientes resultados: existe diferencia significativa entre los tratamientos en la variable temperatura siendo la pulpa de café el material orgánico que favorece mayor actividad microbiana y que permitió obtener temperaturas más altas que el resto de mezclas. La pasteurización del abono se logró a través de que la temperatura entre 45 °C y 50 °C fue por un tiempo prolongado. Según el resultado del análisis químico realizado en el laboratorio de suelos y aguas de la UNA indican por que los rangos de humedad al final del ensayo se mantuvieron dentro de los parámetros óptimos (50-65 %). Todos los tratamientos tienen una relación carbono/nitrógeno alta, las que varían entre 79:1 a 60:1. Todas las mezclas tienen estabilidad, no hay presencia de sustancias fitotóxicas. En todos los tratamientos se obtiene una germinación arriba del 90 por ciento. La presencia de bacterias y hongos estuvo durante todo el proceso de descomposición, siendo menor el número de especies de hongos encontrados por tratamiento a los 30 días que a los 90 días. Entre las bacterias más encontradas están las del género Bacillus.

I.- INTRODUCCIÓN

La elaboración de abonos orgánicos constituye una práctica importante para el reciclaje de algunos de los desechos generados por la agricultura, agroindustria, así como la conversión de estos subproductos en materiales que puedan utilizarse para la mejora del suelo (Uribe, 2003).

Los desechos sólidos son producto de la actividad humana y generalmente se depositan al aire libre provocando malos olores, producidos por el desprendimiento de gases, además facilitan el desarrollo de insectos (zancudos, moscas, cucarachas) que provocan diferentes enfermedades, contaminan el ambiente y deterioran el paisaje. Por estas razones se ha buscado por mucho tiempo la forma de degradarlos adecuadamente.

En Nicaragua la actividad agrícola genera una gran cantidad de desechos sólidos que de ser compostados constituyen una fuente de nutrientes disponibles y de microorganismos benéficos.

Se han venido realizando importantes esfuerzos en diferentes zonas agrícolas del país. En Masaya, el organismo Masaya sin Fronteras obtiene abono orgánico por medio del compostaje de la basura orgánica proveniente del mercado municipal de la ciudad; la alcaldía de Ciudad Sandino en Managua, también está preocupada por la contaminación provocada por la basura proveniente del mercado de la ciudad, ha capacitado a un equipo de obreros agrícola, para trabajar en el proceso de transformación de la basura en abono orgánico compostado. Según Núñez 1993, El CIPRES, capacita a productores con el objetivo de mejorar la capacidad productiva de los ecosistemas, sin degradar los recursos naturales ni contaminar el medio ambiente (suelos, agua, bosques, etc) Otros organismos entre ellos el SIMAS, programas como por ejemplo Campesino a Campesino, también preocupados por la contaminación de los residuos de la actividad humana y específicamente la agrícola

han dedicado grandes esfuerzos en la capacitación que habilite a los productores de conocimientos y conciencia ecológica para encontrar una salida y reducir los impactos negativos de estos residuos al medio ambiente.

El compost que es un proceso biológico en el cual la materia orgánica se transforman en humus bajo la actividad de microorganismos de tal manera que sean aseguradas las condiciones necesarias (especialmente temperaturas, tasa C/N, aireación y humedad) para que se realice la fermentación aeróbica de estos materiales (Soto, 2003).

Según Soto (2003), el compost es un proceso biológico controlado de transformación de la materia orgánica a humus a través de la descomposición aeróbica. Se denomina compost al producto resultante del proceso de compostaje.

Según Fernández *et al* (2004), el compost es considerado 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 cultivadas. En suma el compost puede constituir un excelente factor de producción en los agroecosistemas y un excelente factor de protección y conservación de los suelos.

Se espera que el producto resultante del proceso de compostaje no afecte la salud de las plantas, animales y humanos debido a la presencia de sustancias tóxicas y/o patógenas. Muchos de los desechos utilizados son fuentes potenciales de patógenos, por ejemplo el uso de plantas enfermas constituye en algunos casos fuente de patógeno para las plantas (Uribe, 2003).

El proceso de elaboración del abono orgánico debe eliminar o reducir significativamente los patógenos y sustancias tóxicas presentes en los sustratos utilizados (Uribe, 2003).

Según Uribe (2003), la calidad del compost final depende de varios parámetros que intervienen durante el proceso de fermentación y maduración, los cuales generalmente oscilan dentro de unos rangos debido a la heterogeneidad de la mezcla inicial (los residuos) y a las posibles variaciones estacionales en su composición. Estos parámetros son la temperatura, humedad, relación Carbono-Nitrógeno, presencia de oxígeno, pH, etc.

Según la USCC (University of Wisconsin), STA(Testing Assurance) los parámetros de calidad del compost son: pH, sales solubles, nutrientes totales (N, P, K, Mg, Ca), contenido de humedad, contenido de materia orgánica, bioensayos de madurez, estabilidad, tamaño de partículas, patógenos, metales pesados (USEPA 503) (Cooperband, 2001. www.wastenot-organics.wisc.edu)

En Nicaragua hay varios productores de fertilizantes orgánicos, quienes se preocupan por dar a conocer el contenido de macroelementos en el compost debido a que el mercado local exige solamente esta información. No hay estudios, ni evaluaciones que certifiquen que el producto final está libre de patógenos, o de contaminantes para la salud humana, que es estable, etc. Por ello la Universidad Nacional Agraria, con el objetivo de encontrar una alternativa para la disminución de manera significativa de la contaminación causada por los restos de cosechas de cultivos, residuos de origen animal y el uso de fertilizantes sintéticos, ha impulsado esta investigación con el fin de encontrarle respuestas para el uso de estos materiales, evitar enfermedades a la población, y que el producto resultante del proceso de compostaje tenga las características físicas, químicas y biológicas que exige el mercado que conforma el sector dedicado a la producción sana en el país y que utiliza el compost como enmienda para fertilizar los cultivos.

OBJETIVO GENERAL

Contribuir a la búsqueda de alternativas de reciclaje de diferentes materiales de origen vegetal y animal, con el propósito de realizar un manejo adecuado de los factores claves en la producción de compost.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.- Estudiar los factores humedad y temperatura que condicionan el proceso de compostaje con diferentes mezclas orgánicas (pulpa de café, aserrín, basura verde + cascarilla de arroz, abono verde (*Cajanus cajan*) + cascarilla de arroz y residuos del comedor).

2.- Evaluar el efecto de las mezclas orgánicas (pulpa de café, aserrín, basura verde + cascarilla de arroz, abono verde + cascarilla de arroz y residuos del comedor) en la mejora de algunas características del compost

HIPÓTESIS

Ho: Los componentes orgánicos (pulpa de café, aserrín, basura verde + cascarilla de arroz, abono verde + cascarilla de arroz y residuos del comedor) utilizados en la elaboración del compost no contribuyen en la obtención de abono orgánico compost con gran contenido de nutrientes para las plantas, esterilizado, estable y con gran actividad biológica.

Ha: Los componentes orgánicos (pulpa de café, aserrín, basura verde + cascarilla de arroz, abono verde + cascarilla de arroz y residuos del comedor) utilizados en la elaboración del compost contribuyen en la obtención de abono orgánico compost con gran contenido de nutrientes para las plantas, esterilizado, estable y con gran actividad biológica.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1. Descripción del lugar

El estudio del efecto de diferentes materiales orgánicos en la obtención de compost se realizó en la finca Las Mercedes, de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el km. 11 y ½ carretera norte, 1 Km al lago frente a empresa El CARNIC en la localidad Las Mercedes perteneciente al departamento de Managua. La Hacienda se ubica geográficamente a los 12°8'36" latitud norte y 86°09'49" longitud oeste a una altitud de 56 msnm. En la Figura 1, están los registros de temperatura y precipitación durante el período julio-noviembre del 2005. Según los registros de INITER (2005), la precipitación en Las Mercedes fue de 1395 mm/año, la temperatura media fue de 27.4 °C y la humedad relativa media fue de 73.6 %.

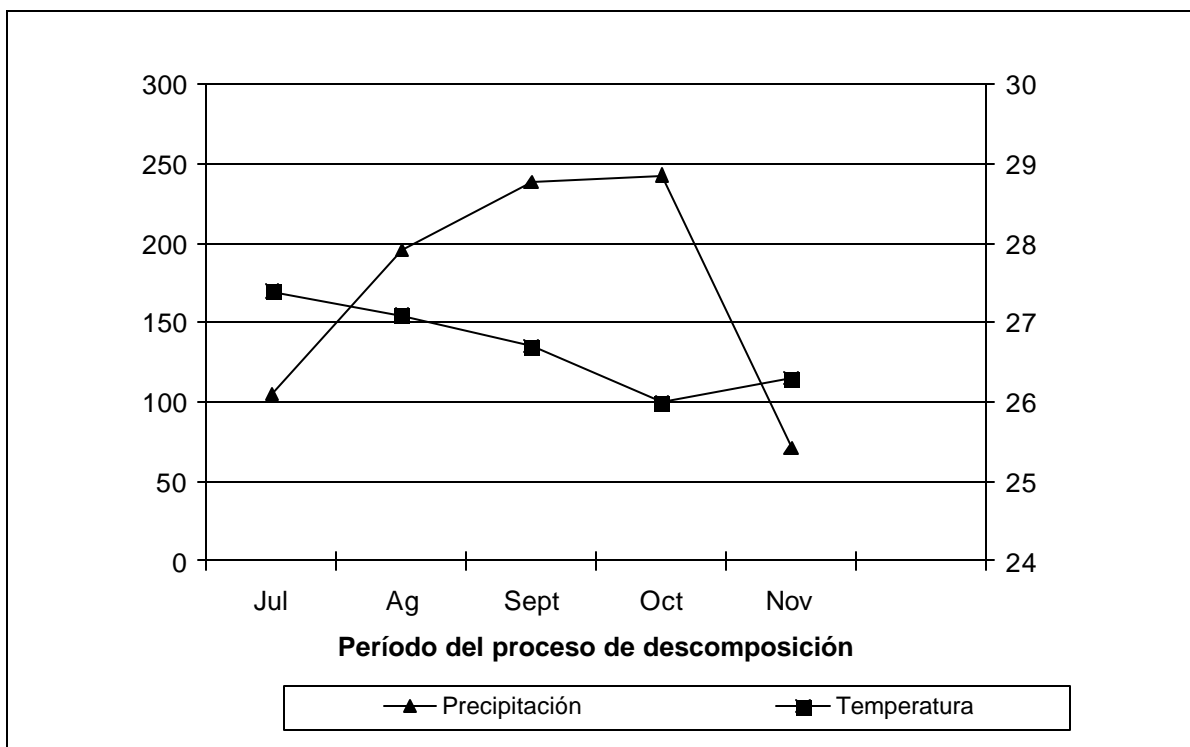


Figura 1. Promedio de temperatura (°C) y precipitación (mm) durante el período julio-noviembre del 2005. Hacienda Las Mercedes, Managua.

2.2. - Descripción del experimento

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con cinco tratamientos y tres repeticiones para un total de 15 parcelas experimentales con las siguientes dimensiones: 1.25m x 1.25m x 1.0m largo, ancho y alto respectivamente. Se dio una separación de 3 metros entre cada abonera.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados en el ensayo Calidad del abono compost.

Nombre del tratamiento	Descripción
T1 Pulpa de café	Pulpa de café, basura seca recogida de la Hacienda Las Mercedes, estiércol, cal y sica (carbón vegetal).
T2 Aserrín	Aserrín, basura seca recogida de la Hacienda Las Mercedes, estiércol, cal y sica (carbón vegetal).
T3 Basura verde + cascarilla de arroz	Basura verde, cascarilla de arroz, basura seca recogida de la Hacienda Las Mercedes, estiércol, cal y sica (carbón vegetal).
T4 Abono verde + cascarilla de arroz	Abono verde (leguminosa), cascarilla de arroz, basura seca recogida de la Hacienda Las Mercedes, estiércol, cal y sica (carbón vegetal).
T5 Residuos del comedor	Residuos vegetales del comedor, basura seca recogida de la Hacienda Las Mercedes, estiércol, cal y sica (carbón vegetal).

La pulpa de café fue obtenida de una finca cafetalera del Departamento de Carazo, con plantaciones de café manejadas de manera convencional. Según Dalzell *et al* (1991) este material orgánico tiene una relación C/N de 8/1; el aserrín es producto de maderas tales como el Pino (*Pinos oocarpa S*) y Cedro (*Cederela odorata L*), según Stoffella & Kahn (2005) el contenido de carbono en el aserrín es de 56,2%, de nitrógeno es en promedio de 0.11 %; la relación C/N es de 80-150/1; la basura seca estaba compuesta por hojas de mango (*Manguifera indica L.*), eucalipto (*Eucalyptus citriodora*), fruta de pan (*Artocarpus altilis*), diversas ornamentales; la cascarilla de arroz fue proveniente de fincas arroceras de Malacatoya, manejadas convencionalmente; la que puede contener una relación de 95/1 de carbono y nitrógeno; la basura verde contenía especies como coyolillo (*Cyperus rotundus L.*), flor amarilla (*Baltimora recta L.*), campanilla (*Ipomoea nil*), zacate de gallina (*Cynodon*

dactylon); el frijol abono verde utilizado es el gandul (*Cajanus cajan*), proveniente de la finca El Plantel, Tipitapa, al que no se le aplicó ningún pesticida, ni fertilizante en el manejo agronómico. La relación C/N de los frijoles abonos verdes es de 20/1; y entre los residuos del comedor habían restos de frutas: piña (*Ananas comosus* L.), naranjas (*Citrus sp*), limones (*Citrus lemon* L), guayabas (*Psidium guajava*), restos de hortalizas entre ellas: lechuga (*Lactuca sativa* L.), tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), zanahoria (*Daucus carota* L.), repollo (*Brassica oleraceae* L.), pepino (*Cucumis sativus* L), cebolla (*Allium cepa* L.) y cáscaras de huevo. A estos materiales orgánicos no se le realizó análisis bromatológico.

2.3.- Variables evaluadas:

2.3.1.-Temperatura

Se tomó la temperatura cada cinco días después de establecidas las aboneras. La medición se realizó con un termómetro específico para suelo. Se muestreó en cinco puntos al azar de la abonera y se promedió. Se hizo un orificio con una vara en el lugar donde se introducía el termómetro.

2.3.2.-Humedad

Se tomo un kilogramo del sustrato en la etapa final (madurez de la abonera) en cinco puntos de la abonera por cada tratamiento, se mezclaron y de estas submuestras se envió un kilogramo etiquetado al laboratorio para determinar el porcentaje de humedad.

2.3.3.-Contenido de macro y micro elementos

Se tomó un kilogramo del sustrato en la etapa final (madurez de la abonera) en cinco puntos al azar de la abonera por cada tratamiento, se mezclaron y de estas submuestras se envió etiquetado un kilogramo al laboratorio, para determinar el contenido de C, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn.

2.3.4.-Fitotoxicidad

Es una prueba utilizada para evaluar la estabilidad y madurez del abono compostado. Puede evaluarse a través de la germinación de semilla, elongación de raíces o el crecimiento de plantas en compost solos o en mezcla con el suelo. En este trabajo se evaluó a través de la germinación de semilla. Se estableció el semillero en bandejas plásticas en las que se aplicaron cinco libras de compost ya cosechado (a los cuatro meses), en cada bandeja de 0.5 m de largo y 0.25 m de ancho. Se sembraron 100 semillas de rábano (*Raphanus sativus* L.) por cada tratamiento en cada bandeja y se estableció tres repeticiones por tratamiento. Se realizó conteo de la germinación al sexto día después de sembrado y se expresó en porcentaje de plantas germinadas comparadas con la cantidad de semillas sembradas.

2.3.5.-Diversidad de hongos y bacterias en el proceso de compostaje

Se tomó en dos momentos, una al mes de establecida la abonera y la segunda a los tres meses. Se tomaron cinco muestras al azar de 100 gramos de suelo en cada punto y se enviaron al laboratorio de microbiología para determinar la diversidad microbiana de hongos y bacterias presente en cada abonera.

2.4.- Análisis estadístico

A la variable: Contenido de macro y microelementos se le realizó análisis de varianza ANDEVA, y se sometió a separación de medias por TUKEY al 5% de probabilidad de error. A las variables humedad, germinación, diversidad de hongos y bacterias en el proceso de compostaje se les hizo un análisis cualitativo. A la variable temperatura se le realizó análisis de varianza a través del MANOVA. (Análisis multivariado de la varianza).

2. 5.- Manejo de las aboneras

El ensayo se estableció en el 05 de julio del 2005 en la época de invierno. Las aboneras se establecieron sobre piso de concreto para facilitar los diferentes volteos. En cada abonera se distribuyeron tres carretilladas de los diferentes componentes orgánicos de la siguiente manera: primero se colocó la basura seca (hojas de mango, eucalipto, fruta de pan), luego estiércol de bovino, posteriormente se agregó material orgánico que difería por cada tratamiento. Finalmente se espolvoreó la cal y una capa de sica (carbón vegetal). Después de colocar cada material se vertió aproximadamente cuarenta litros de agua. Se repitió este procedimiento hasta lograr una altura de 1 m. Al centro se colocó un trozo de madera de 2 metros de alto y 3 pulgadas de grosor, que al quitarlo dejaba un orificio que servía como respiradero. Después de finalizada cada abonera se tapó con un plástico negro para evitar que los rayos solares afecten a los microorganismos y evitar la deshidratación o la sobrehidratación de la pila por aguas de lluvia.

Se realizó el primer volteo o la remoción de los materiales orgánicos a los cinco días de iniciado el proceso de descomposición y posteriormente cada cinco días hasta su completa maduración (a los 4 meses).

Después del volteo se evaluaba manualmente la humedad. Según Osorio (2005), se toma una porción del sustrato en la mano y se aprieta fuertemente, si al abrir la mano el sustrato se abre rápidamente era necesario la aplicación de agua, si se abría lentamente la humedad era la óptima y si goteaba agua y no se abría, había demasiada humedad. A los tres meses se trasladó a un lugar ventilado y con techo para secarlo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En términos generales el Compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. La biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. (www.ads.gobierno/secciones/reciclaje/composta).

3.1. Temperatura

Según Thivierge & Seito (2005), la temperatura es uno de los factores que mejor indica el desarrollo del proceso de descomposición de la materia orgánica. El incremento en la temperatura de la abonera tiene dos efectos importantes: acelerar la descomposición y eliminar o disminuir las poblaciones de los microorganismos patogénicos existentes, además de eliminar a través de altas temperaturas (pasteurización) las larvas de moscas presentes en los materiales utilizados en el proceso.

Thivierge & Seito (2005), expresa que es importante que el compost alcance la temperatura de la pasteurización para que todas las semillas de malas hierbas y las esporas sean afectadas. La fase de pasteurización ocurre cuando las pilas alcanzan las temperaturas de 55 - 65 °C.

Dichas elevaciones de temperatura son la consecuencia de la actividad de microorganismos que degradan el material orgánico en presencia del oxígeno.

Restrepo & Rodríguez (2002), afirman que la temperatura de las pilas puede llegar a alcanzar hasta más de 80 grados centígrados. Esto es una prueba de que el

montón está bien aireado, en efecto el metabolismo en ausencia del oxígeno no podrá alcanzar estas temperaturas. El aumento de temperatura lo producen los gérmenes termófilos y en particular los actinomicetos productores de una serie de antibióticos que sirven para preparar el nicho ecológico de los hongos humificadores, los cuales son resistentes a esos antibióticos.

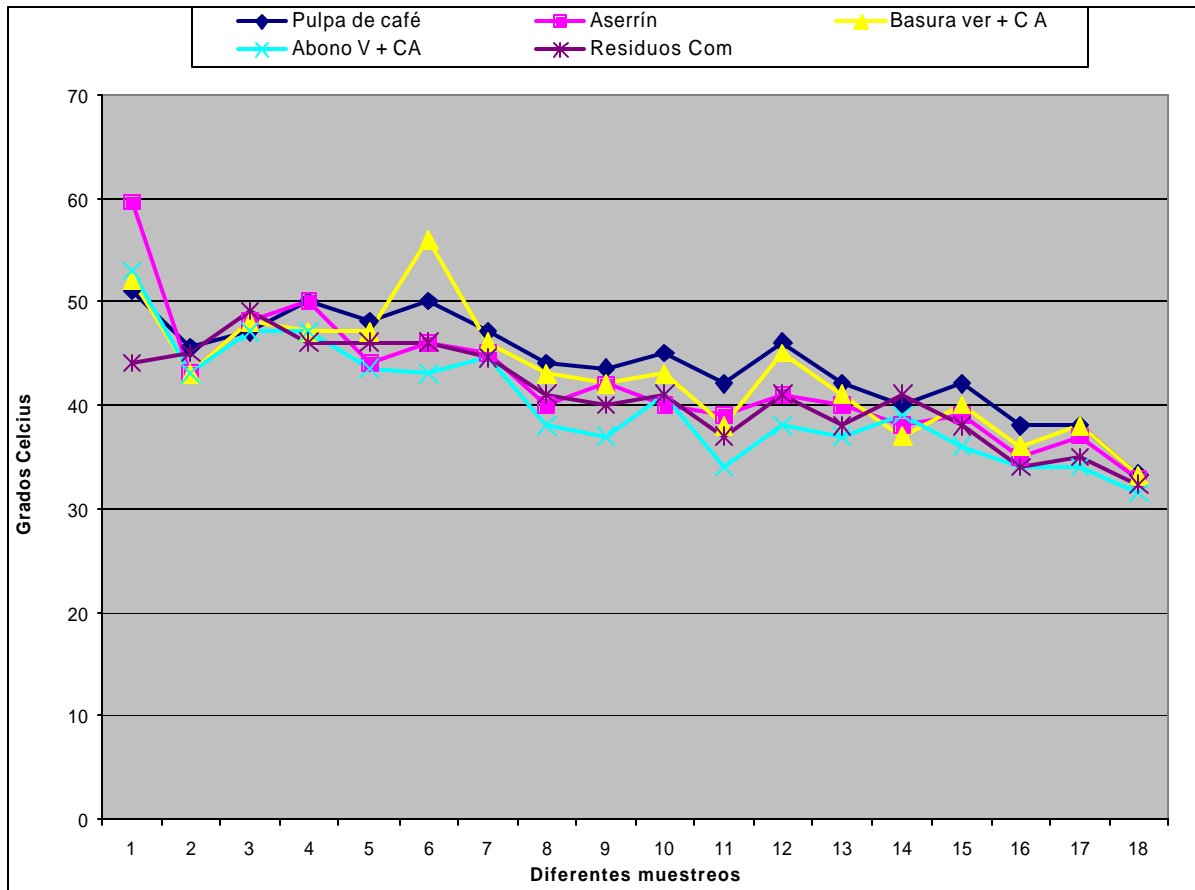


Figura 2 Resultados de muestreos de temperatura realizados en las diferentes mezclas de materia orgánica. Hacienda Las Mercedes, Managua. 2005.

En el presente estudio, la primera toma de la temperatura se realizó a los cinco días después de establecido (dde) observándose los valores entre 44⁰C y 60⁰C. La mayor temperatura fue obtenida en la abonera en la que el aserrín era el componente diferente en la mezcla (T2); y en la mezcla con residuos vegetales del comedor (T5) la menor temperatura (Anexo 1).

En la segunda toma (10 dde) la mezcla con pulpa de café (T1) obtuvo la mayor temperatura (45⁰C), seguido por la mezcla residuos de vegetales del comedor (T5) con 44.86 ⁰C y por último la mezcla con abono verde + cascarilla de arroz (T4) fue la de menor valor con 42.83⁰C.

En la tercer toma (15 dde) la mezcla con residuos del comedor (T5) tiene la mayor temperatura (49.26 ⁰C), seguido por la mezcla con basura verde + cascarilla de arroz (T3) con 48 ⁰C y en último lugar la mezcla con abono verde + cascarilla de arroz (T4).

En la cuarta toma (20 dde) la mezcla con pulpa de café alcanza la mayor temperatura con 50.16 ⁰C, seguido por la mezcla con aserrín (T2) y la de menor valor en esta evaluación fue la mezcla con residuos vegetales del comedor (T5).

En la quinta toma (25 dde) la mezcla con pulpa de café mantiene el mayor valor en cuanto a temperatura con 47.91 ⁰C, seguida por la mezcla con basura verde + cascarilla de arroz (T3) y en último lugar la del tratamiento con abono verde + cascarilla de arroz (T4), el que obtiene 43.58 ⁰C.

En la sexta toma (30dde) es el tratamiento con basura verde + cascarilla de arroz (T3) el que pasa al primer lugar con 55.91 ⁰C, seguido por la mezcla con pulpa de café (T1) con 49.66 ⁰C y el tratamiento con abono verde + cascarilla de arroz (T4), tiene una temperatura de 42.91 ⁰C, para ubicarse en el último lugar.

Estas temperaturas están dentro del rango señalado por varios investigadores. Según Rivero de Trinca (1999), el control de la temperatura es indispensable señalándose que entre 40 – 60 grados centígrados se logran los mejores resultados, valores extremos, tanto inferiores como superiores llevan a la inhibición de la actividad de los microorganismos bajando la eficiencia del proceso de

descomposición. La baja eficiencia del proceso no permitirá la esterilización del sustrato y la eliminación de las semillas de malezas.

A partir de la evaluación realizada a los 35 dde, a excepción de la mezcla con abono verde + cascarilla de arroz, todos los demás tratamientos comienzan a disminuir sus valores con respecto a la variable temperatura. Esto es debido a que en los montones con diferentes mezclas iba disminuyendo el volumen de la abonera lográndose así una eficiencia en la descomposición de los materiales orgánicos.

Según Restrepo & Rodríguez (2002), después de la pasteurización, la temperatura comienza a bajar y los trituradores (insectos, crustáceos, lombrices) van a triturar los materiales orgánicos. Seguidamente los hongos que están protegidos contra la rápida proliferación de las bacterias por los antibióticos, se multiplican y fabrican el humus a partir de las celulosas y las ligninas (Cada grupo de microorganismos tiene una temperatura óptima para realizar su actividad: Criófilos de 5^oC a 15 ^oC; Mesófilos de 16 ^oC a 45 ^oC o Termófilos de 46 ^oC a 70 ^oC). En el caso de este estudio las condiciones favorecieron el grupo de organismos mesófilos, los que descompusieron la materia orgánica para obtener materia y energía y en su actividad emiten calor.

La temperatura en la abonera va a variar en dependencia de las condiciones ambientales y del volumen de la pila. En este ensayo las pilas eran pequeñas (1.25m x 1.25m x 1.0m largo, ancho y alto respectivamente), lo que incidió en que la mayoría (cuatro tratamientos) no alcanzara temperatura con valores de 55 ^oC a 60 ^oC. Las temperaturas altas alcanzadas durante todo el proceso de descomposición indican que la pila pasó a través de etapas de calentamiento gradual, temperatura máxima, enfriamiento y maduración. Estas etapas son explicadas por Dalzell *et al* (1991).

Los datos registrados por INETER (2005), muestran que en el mes de julio está la media más alta de temperatura registrada (27.4 ^oC) y la precipitación fue de

105.3mm (la más baja en el período julio-octubre). Esto son otros factores contribuyeron a que tres de los cinco tratamientos (Aserrín, abono verde + cascarilla de arroz y pulpa de café) presentaran las temperaturas más altas de todo el período que duró la descomposición. En los meses de agosto y septiembre las temperaturas fueron de 27.1 y 26.7 °C respectivamente y las precipitaciones aumentaron (196.2 y 238.7 mm respectivamente). Este último factor meteorológico influyó en la baja de temperatura mostrada por los diferentes tratamientos.

La variable temperatura según el MANOVA indica que hay diferencia significativa entre las diferentes mezclas y entre las diferentes fechas que se realizaron tomas de datos (Anexo 1), esto demuestra que los diferentes materiales de origen vegetal y animal influyen en la temperatura de la abonera y que la temperatura será diferente según la edad de establecida de la abonera.

El tratamiento que contenía la mezcla con pulpa de café obtuvo las más altas temperaturas en 14 muestreos de los 18 realizados en total. En las evaluaciones realizadas, se observó que la mezcla con pulpa de café contenía más humedad que el resto de tratamientos. Este factor pudo favorecer una mayor actividad de microorganismos como Bacterias y hongos que se encargan de la fase mesófila, especialmente bacterias del género *Bacillus* sp, aunque existen algunos Bacillos termófilos. Según Meléndez & Soto (2003), el 10% de la descomposición es realizado por bacterias, y del 10 -30% es realizado por actinomicetos.

En este estudio, las altas temperaturas al inicio del proceso del compost se debieron principalmente a la alta humedad inicial. Una humedad entre el 40 y 60 por ciento es suficiente para que exista vida en la pila de compost y las bacterias puedan realizar su función (Dalzell *et al*, 1991); y a la materia fresca de las diferentes mezclas orgánicas que contienen carbono y nitrógeno. La celulosa de algunos materiales que son fuente de carbono, son transformados en azúcares y energía por las bacterias, y las proteínas que son fuente de nitrógeno permiten el desarrollo de las

bacterias. Parte de la energía liberada en la descomposición del material se desprende calor y esto origina un aumento de temperatura (Dalzell *et al*, 1991)

La madurez del compost se alcanza cuando las temperaturas se estabilizan y se acercan a la temperatura ambiente lo que se logra en un período de 3 a 4 meses (Thivierge & Seito, 2005).

En esta investigación los valores de temperatura en la mayoría de los tratamientos no superan el rango de 55° C (con excepción de los T2 en la primer toma de datos y T3 en la sexta toma) que es el rango que recomiendan algunos investigadores. Según Dalzell *et al* (1991), la relación temperatura – tiempo es el factor más significativo de la causa de la muerte de los patógenos, por encima de un cierto nivel de temperatura, una temperatura más alta por un período corto de tiempo o una temperatura más baja por un período más largo puede tener el mismo efecto en contra de la supervivencia de los organismos patógenos. Esto se confirma en el presente estudio, al encontrar temperaturas entre 45° y 50°C por un tiempo prolongado, que asegura también la esterilización del producto obtenido.

Se concluye que existe diferencia significativa entre los tratamientos. La pulpa de café es el material de origen vegetal que favorece mayor actividad microbiana y que permitió obtener temperaturas más altas que el resto de mezclas. En este estudio la esterilización del abono se logró a través de que la temperatura fue entre 45° C y 50° Celsius por un tiempo prolongado. Se recomienda establecer aboneras con mayor altura (1.5m)

3.2. Humedad

Según Dalzell *et al* (1991), cuando el contenido de humedad esta por debajo del 30% en peso fresco las reacciones biológicas en una pila de compost se retardaran considerablemente. Cuando el contenido de humedad es demasiado alto mayores a

70% los espacios entre las partículas del material se saturan de agua impidiendo el movimiento del aire dentro de la pila. El contenido óptimo de humedad en los ingredientes para el compostaje es 50 -60 %, el máximo contenido de humedad en la práctica depende de la firmeza estructural en humedad de los materiales. Los materiales de consistencia dura como la cascarilla de arroz, aserrín y partes vegetales como ramas mantienen su firmeza por mucho tiempo y se pueden compostar a contenidos de humedad alto, también porque absorben más agua que las otras mezclas como desperdicios del comedor, estiércol.

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

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

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

En el presente estudio los valores de la humedad reflejados en el análisis químico realizado en el laboratorio de suelos y aguas de la UNA indican que los rangos de humedad al final del ensayo están dentro de los parámetros óptimos. La humedad varió de 54.68 a 60.91 %. Según Castillo *et al* (2002), el punto óptimo de humedad para conseguir la máxima eficiencia del proceso de formación del abono se encuentra entre 50 y 65%.

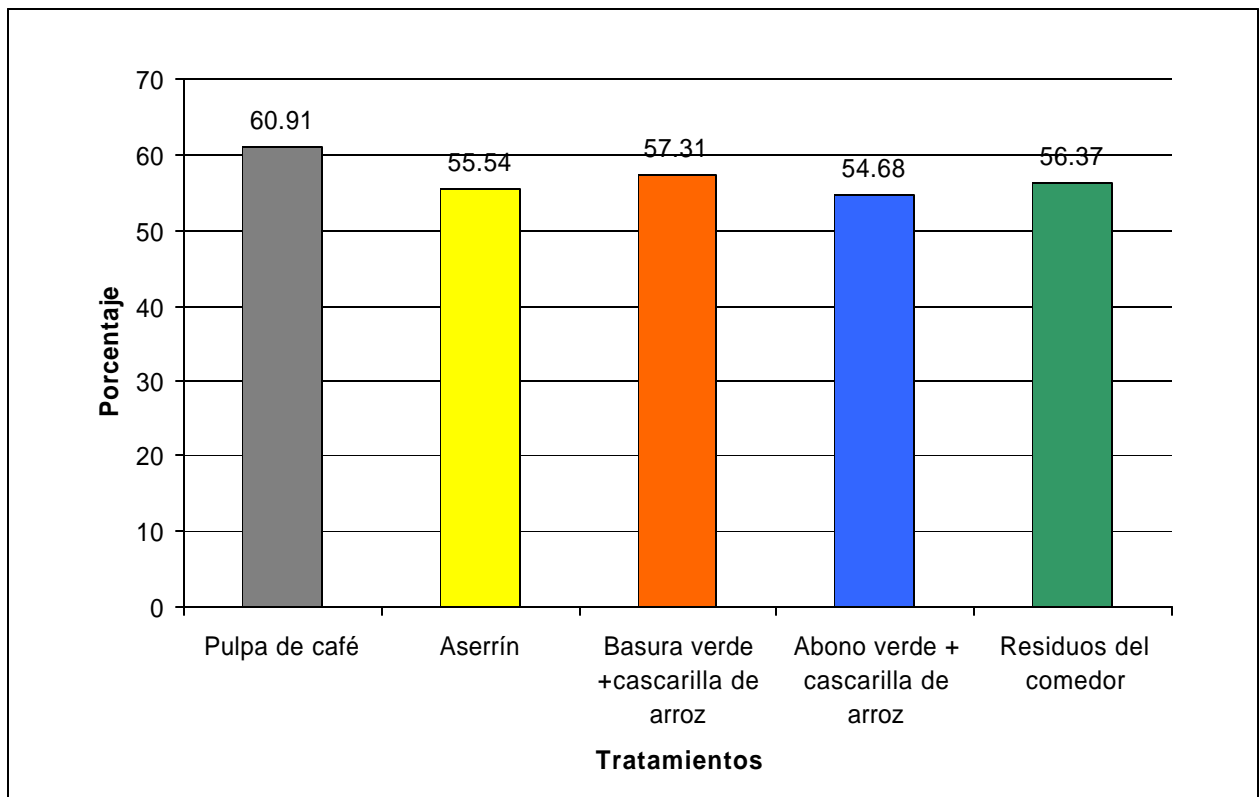


Figura .Nº 3. Porcentajes de la humedad de cinco diferentes mezclas de materia orgánica. Hacienda Las Mercedes, Managua. 2005.

El mayor porcentaje de humedad fue obtenido por el T1 (pulpa de café), seguido del tratamiento T3 (basura verde + cascarilla de arroz) con 57.21% y el mínimo expresado fue para el T4 (abono verde + cascarilla de arroz), esto indica que la pulpa de café tiene gran capacidad de absorción y retención de humedad. esta característica presentada por la pulpa de café favorece una mayor actividad

microbiana, por tanto mayor temperatura lo que permite la pasterización del sustrato; también representa mayor ahorro de agua en el proceso del compostaje.

En el poco porcentaje de humedad encontrado en el T4 de abono verde + cascarilla de arroz, se debe a que en este material había gran cantidad de ramas, conteniendo tanto lignina como celulosa en estado deshidratado (Anexo 2).

Se recomienda realizar la determinación de la humedad por medio de la diferencia del agua que hay en la muestra antes y después de secado al horno, de esta manera precisa se puede corregir el % de humedad por debajo de lo recomendado.

3.3. Contenido de macro y microelementos.

La importancia del compost como materia orgánica, esta dada por la formación de humus que se considera esencial para el mejoramiento de las propiedades de los suelos, siendo estos beneficiados en las labores de maquinaria, aireación de las raíces, solubilidad de elementos, el aumento de la capacidad de intercambio catiónico y el aporte de micro-nutrientes, son factores que se combinan para obtener mayores rendimientos de los cultivos y mantener la fertilidad de los suelos (Jiménez, 1994).

3.3.1. Contenido de macroelementos (C, N, P, K y Ca).

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

Al realizar el análisis estadístico a los macro nutrientes no se encontraron diferencias estadísticas significativas en ninguno de los elementos químicos (Anexo 4). Los rangos obtenidos de N en todos los tratamientos están por debajo del 2%. Según Meléndez & Soto (2003), un compost comercialmente aceptable debe contener más

del 2 % de nitrógeno. Los porcentajes obtenidos de nitrógeno por los cinco tratamientos varían entre 0.31 % y 0.25 %. Los residuos de comedor son los que aportaron más nitrógeno que los otros materiales (Tabla 2).

La mayor o menor cantidad de nitrógeno es posiblemente el factor que determina una mayor o menor población microbiana responsable por la descomposición de residuos, según García & Monge (1999). También señala que el exceso de nitrógeno produce olores desagradables, que es indicativo de que el proceso de descomposición de la materia orgánica anda mal.

Tabla 2. Resultado del análisis químico, del contenido macroelementos en cinco mezclas de materia orgánica compostadas. Hacienda Las Mercedes, Managua. 2005.

Identificación	Trata- miento	C	N	P	K	Ca	Mg
Descripción		%					
Pulpa de café	T1	17.45	0.26	0.42	1.83	1.93	0.35
Aserrín	T2	17.82	0.29	0.31	2.09	2.54	0.30
Basura verde + cascarilla de arroz	T3	16.82	0.28	0.30	1.8	2.15	0.28
Abono verde + cascarilla de arroz	T4	20.07	0.25	0.63	1.78	2.39	0.38
Residuos del comedor	T5	21.8	0.31	0.28	1.35	3.14	0.29

Clave: C: Carbono
K: Potasio

N: Nitrógeno
Ca: Calcio

P: Fósforo
Mg: Magnesio

Con relación al carbono, numéricamente el mayor porcentaje de carbono lo tiene el tratamiento 5 (residuos del comedor) con 21.8%, seguido del T4 con 20.07% y el de menor valor fue el T3 con 16.82%, esto se debe a que en las mezclas había en mayor cantidad componentes orgánicos como cascarilla de arroz, aserrín, cáscaras de cítricos y ramas lignificadas que contenían más carbono. Esto es un factor no deseable, debido a que el proceso de descomposición es más lento (Soto, 2003). Sin embargo, según Stoffell & Kahn (2005), el carbono proporciona la fuente primaria de energía y el nitrógeno es imprescindible para el desarrollo de la población microbiana.

Los resultados obtenidos en fósforo están entre el rango de 0.15 y 1.5 los que se encuentran entre los rangos de un compost comercialmente aceptable (Soto & Meléndez, 2003).

Según resultados obtenidos en la Universidad de Costa Rica (UNED, 1998) en aboneras con diferentes materias orgánicas como abonera con broza de caña de azúcar, abonera con broza de caña de azúcar y cachaza, y abonera con residuos de naranja obtienen los siguientes resultados con relación a nitrógeno: 1.9, 1.5 y 1.2 % de nitrógeno respectivamente. Estos resultados son varias veces superiores a los encontrados en este estudio.

En las mezclas estudiadas el tratamiento cinco que contenía los residuos provenientes del comedor de la Universidad Agraria, como las hortalizas abastecieron de nitrógeno, restos de frutas como son cáscaras de naranja una fuente alta en carbono (Soto, 2003). Restos de cáscara de huevo aportaron carbono a la mezcla; todos estos materiales favorecen a que este tratamiento tenga el mayor porcentaje de carbono y también de nitrógeno que el resto de tratamientos. El tratamiento que contiene abono verde + cascarilla de arroz queda en segundo lugar en relación al contenido de carbono.

Según Soto (2003), los bajos niveles de nitrógeno en el compost, es una de las principales limitantes para los productores. El manejo del nitrógeno en el proceso de compostaje se convierte en un elemento clave para el éxito.

Lo encontrado en este estudio permite concluir que los materiales orgánicos que se utilizaron, aportan poco nitrógeno y tienen gran contenido de carbono. Según Soto (2003), es fundamental un buen sustrato para el desarrollo de microorganismos, lo que al final acelera el proceso de descomposición y mejora la calidad del producto final.

Es recomendable estudiar diferentes cantidades de materiales orgánicos que aporten más nitrógeno al sustrato (incluir materiales verdes, leguminosas, estiércoles vacuno, gallinaza, etc.)

3.3.2. Relación carbono – nitrógeno (C/ N)

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

La relación teórica e ideal para una fabricación rápida se ubica entre 25 y 35. Con relaciones menores se volatiliza mucho nitrógeno y con relaciones mayores la descomposición orgánica es muy lenta (Castillo *et al*, 2002).

Según Thivierge & Seito (2005), un factor muy determinante en la calidad del compost es la velocidad de descomposición del mismo y ésta a su vez depende de la proporción existente de carbono/nitrógeno (C/N) del material ya que está y tendría que tener valores antes mencionados.

Según los resultados obtenidos con estas relaciones altas de C/N ocurrirá inmovilización de N. Como lo señala Vansintjan & Vega (2002), el efecto de la inmovilización se muestra desde una relación C/N más alta de 35:1. Esto se da cuando los microorganismos toman N mineral del suelo para convertirlo en proteína microbiana el proceso se conoce como Inmovilización. Rastrojos con valores superiores inducirán a la inmovilización de N mineral en el tejido microbiano.

Tabla 3. Resultados obtenidos para la relación Carbono/Nitrógeno (C/N) en cinco mezclas de materia orgánica compostadas. Hacienda Las Mercedes, Managua. 2005.

Identificación	Tratamientos	Relación C/N
Pulpa de café	T1	67.13
Aserrín	T2	60.09
Basura verde + cascarilla de arroz	T3	60.09
Abono verde + cascarilla de arroz	T4	79.22
Residuos del comedor	T5	68.84

La mezcla que contenía abono verde + cascarilla de arroz, obtiene el mayor valor de la relación C/N con 79:1, seguida por la mezcla conteniendo residuos del comedor con 68.84:1 y en tercer lugar el tratamiento con pulpa de café con 67.13:1. En el tratamiento que contenía abono verde, se utilizó el frijol gandul (*Cajanus cajan*), con ramas, material bastante lignificado. Según los resultados que se observan en la Tabla 3, la mezcla que contiene residuos del comedor es la que tiene más carbono y nitrógeno que las otras, esto depende de los componentes de estos residuos, entre ellos la cáscara de huevo y naranja.

Labrador (1996), expresa que si las relaciones C/N son muy altas el proceso de compostaje es más lento ya que la materia prima contiene muchos materiales leñosos.

Todos los tratamientos tienen una relación carbono/nitrógeno alta, las que varían entre 79:1 a 60:1. Este efecto se debió a que se utilizó menos materia orgánica verde, que es la fuente primordial de nitrógeno. Según Castillo *et al* (2002), cuando se mezclan mayores cantidades de residuos de color marrón y menor cantidad de residuos de color verde se obtendrá una relación C/N alta.

Se recomienda que en las aboneras se agregue más material vegetal verde (leguminosas, malezas recién cortadas, forrajes o estiércol y determinar el contenido de algunos elementos como el carbono y nitrógeno (análisis bromatológico) en los

materiales que son componentes de la mezcla que permita establecer una abonera con un balance óptimo de carbono y nitrógeno que es entre 25-35:1. Según la Autoridad de Desperdicios Sólidos de Puerto Rico, parte del arte del compostaje consiste en balancear los verdes y los marrones.

3.3.3. Contenido de Micronutrientes

En la actualidad más de media docena de elementos menores son esenciales para el desarrollo normal de las plantas.

Aunque la cantidad de micro nutrientes encontrados en la plantas en cultivos es pequeña, todos ellos se encuentran presentes en cantidades adecuadas en el suelo para que la planta tenga un crecimiento y rendimientos óptimos. La carencia de uno, cualquiera de ellos, traerá como consecuencia la disminución de los rendimientos y una carencia grave puede originar la pérdida completa de la cosecha (García, 2001).

Tabla 4. Resultado del análisis químico del contenido de microelementos en cinco mezclas de materia orgánica compostadas. Finca Las Mercedes, Managua. 2005.

Identificación	Trata- miento	Fe	Cu	Mn	Zn
Descripción		ppm			
Pulpa de café	T1	4795	86.67	892	191.33
Aserrín	T2	7398	315.17	904.33	197.67
Basura verde + cascarilla de arroz	T3	6912	206.33	883.33	130
Abono verde + cascarilla de arroz	T4	7089.3	167	933	256.33
Residuos del comedor	T5	7109	187	1015.6	438.67

Clave: Fe: Hierro

Cu: Cobre

Mn: Manganeso

Zn: Zinc

No se encontró diferencia significativa entre los diferentes tratamientos (Anexo 4). Esto significa que los diferentes materiales de origen vegetal y animal utilizados en las mezclas estudiadas no afectaron la cantidad de los microelementos Fe, Cu, Mn y Zn en el producto final.

La cantidad de hierro encontrado en el producto final osciló entre 7398 a 4795 ppm. La mezcla con aserrín tiene el valor mayor con respecto a hierro. Con relación a cobre (Cu), la mezcla con aserrín (T2) también obtiene el mayor valor encontrado (315 ppm). El contenido de manganeso (Mn) en estas mezclas varió de 1015.6 a 883.33 ppm y el de zinc (Zn) de 438.67 a 130. La mayor cantidad en ppm de manganeso (Mn) y zinc (Zn) fue encontrada en la mezcla con residuos del comedor (Tabla 4).

En este estudio no se realizó análisis bromatológico para determinar la cantidad de microelementos en los materiales orgánicos que integraron cada mezcla.

El Fe es constituyente de varias enzimas de oxido-reducción, entre las que se figuran las catalasas, peroxidasas deshidrogenadas. Participa en la síntesis de clorofila y de proteína; el Cu es esencial para el metabolismo de las plantas. Es parte integral de compuestos enzimáticos (Kass, 1996); el Mn es esencial para la fotosíntesis de proteína, en la síntesis de clorofila y en la formación y funcionamiento de cloroplastos; el Zn interviene en la formación de auxinas, síntesis de proteína, como agente catalítico en reacciones oxidantes, en el metabolismo de carbohidratos y fotosíntesis (García, 2001).

Según Meléndez & Soto (2003), el conocer cuánto de los nutrimentos son retenidos en el compost sirve como un estimativo de su efecto residual.

También mencionan Meléndez & Soto (2003), que no existe a la fecha un análisis único que mida la calidad del compost, pero esto puede ser por las características mismas del compost, donde no solo se busca un material que libere nutrimentos en cantidades adecuadas, que mejore las estructuras del suelo, controle enfermedades, retener agua, aumentar la capacidad de intercambio cationico, etc. Un simple análisis de localidad del compost no nos daría todas estas respuestas, es necesario que se utilicen unas mezclas de análisis.

3.4. Fitotoxicidad.

Es una prueba utilizada para evaluar la estabilidad y madurez del abono compostado. Puede evaluarse a través de la germinación de semilla, elongación de raíces o el crecimiento de plantas en compost solos o en mezclas con el suelo (Varnero *et al*, 2006)

La determinación del índice de germinación indica la presencia de sustancias fitotóxicas y se considera internacionalmente como uno de los ensayos para determinar la madurez de un compost (Varnero *et al*, 2006)

Los porcentajes de germinación de la semilla del rábano (*Raphanus sativus L*) obtenidos oscilan entre 97% y 91% en la tercera evaluación (Figura 4). El tratamiento con la mezcla pulpa de café en la evaluación realizada refleja el mayor porcentaje de germinación, le sigue la mezcla con aserrín con 96 por ciento de germinación y el menor porcentaje de germinación lo obtiene la mezcla basura verde + cascarilla de arroz, logrando un 91%. Esto indica que el producto obtenido por medio del compostaje tiene una buena madurez y es apto para usarse en la fase de siembre en cualquier cultivo.

Según Thivierge & Seito (2005), en un compost bien maduro no se encuentra presencia de agentes tóxicos que puedan afectar la germinación de las semillas.

Se observó que el sustrato con pulpa de café mantenía la humedad después de aplicado el riego por mayor tiempo que los otros sustratos, lo que permitió abastecer de agua a la semilla y obtener mayor germinación en comparación con las otras mezclas. Los resultados obtenidos por el resto de los tratamientos fueron excelentes ya que en todos se obtuvieron porcentajes de germinación mayores del 90%. Esto indica que no hay presencia de sustancias fitotóxicas en ninguno de los tratamientos. Según Rivero de Trinca (1999), porcentajes de germinación superiores al 80 por

ciento se consideran satisfactorios, indican ausencia de agentes tóxicos para la germinación de la semilla.

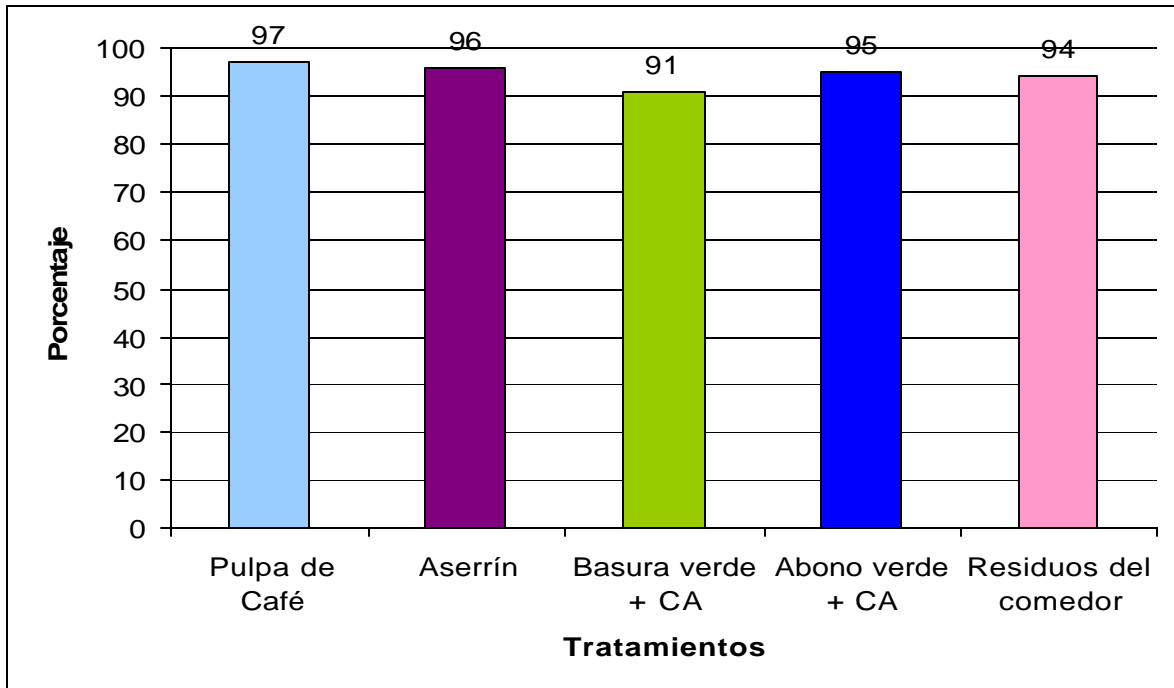


Figura 4. Porcentaje de germinación de la semilla del rábano (*Raphanus sativus* L.) establecida en sustrato con abono compost obtenido con cinco mezclas de materiales orgánicos. Finca Las Mercedes Managua. 2005.

Se puede concluir que todas las mezclas tienen estabilidad, no hay presencia de sustancias fitotóxicas. En todos los tratamientos se obtiene una germinación arriba del 90 por ciento.

3.5. Diversidad de hongos y bacterias en el proceso del compostaje.

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

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

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

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

En la primer muestra realizada a los 30 días después de establecidas las composteras se encontró bacterias del genero *Bacillus* sp en todos los tratamientos, y bacterias del género *Pseudomona* sp en los tratamientos 1, 2 y 4, esto muestra que el compost se encontraba en la fase mesofilica y que el proceso de descomposición se estaba realizando correctamente debido a la presencia de estos microorganismos (Tabla 5).

Según Brock *et al* (1987), entre los *Bacillus* existen muchas especies que son promotoras de crecimiento de la planta, otras son antagonistas de muchos patógenos fungosos.

A los 90 días de establecidas las aboneras la bacteria *Pseudomona sp* prevaleció en los tratamientos 1, 2 y 4 y se encontró en el T3. Las bacterias del género *Pseudomona* son organismos ecológicos importantes en la tierra y en el agua y es probable que sean responsable de la degradación de muchos compuestos solubles derivados de la descomposición de materiales de plantas y animales (Brock *et al*, 1987); algunas especies de *Pseudomonas* pueden actuar como biofertilizante y ayudar de forma directa a la planta a tomar nutrientes.

También a los 90 días prevalecieron bacterias del genero *Bacillus* en los tratamientos 2, 3 y 5, desapareciendo en el tratamiento 1 (pulpa de café) y en el T4 (abono verde + cascarilla de arroz), además se encontró *Trichoderma sp* en el T2 y *Sarcina sp* en el T5, lo que indica que hubo vida microbiana y una buena acción de los microorganismos, y que incidió positivamente a obtener un producto de calidad con relación a la vida microbiana. La presencia de las *Trichodermas sp.* es importante, porque son antagonistas y se utilizan en el control biológico de hongos patógenos de plantas (Brock *et al*, 1987).

Esto indica que hubo una fuerte población de microorganismos benéficos para que se diera una buena descomposición de las diferentes mezclas orgánicas. Es evidente también señalar que se encontraron poblaciones de macroorganismos que ayudan a la descomposición de los materiales orgánicos. Antes de ser víctimas de los microbios del suelo, los restos vegetales y animales son atacados, descompuestos y digeridos por animales más evolucionados y visibles a simple vista que pertenecen a los grupos de artrópodos (insectos, arañas, crustáceos y miriápodos) y al grupo de los anélidos, entre ellos los gusanos de tierra (Castillo *et al*, 2002).

Los hongos son muy importantes en la descomposición de la celulosa que es una de las partes más resistentes de la materia orgánica y que puede constituir hasta el 60% de la masa total. Dentro de las masas en compostaje se deben crear condiciones que

favorezcan las actividades de estos hongos. La temperatura es un factor clave, dado que los hongos se morirán cuando ésta se eleve por encima de 55- 60⁰C y reinvidarán desde las zonas más frías cuando las temperaturas bajen (Dalzell *et al*, 1991).

Tabla 5. Resultado del análisis microbiológico a los 30 y 90 días de establecidas las aboneras con diferentes mezclas de materia orgánica. Las Mercedes, Managua. 2005.

Tratamiento	Género bacterias		Género hongos	
	30 días	90 días	30 días	90 días
T1	Bacillus sp. Pseudomona sp	Pseudomona sp.	Aspergillus sp.	Aeurobasidium sp.
				Penicillium sp.
				Aspergillus sp.
T2	Bacillus sp. Pseudomona sp.	Pseudomona sp.	Aspergillus sp.	Aspergillus feavus
		Bacillus sp		Aerobasidium sp
		Trichoderma sp.		Penicillium sp.
T3	Bacillus sp.	Pseudomona sp. Bacillus sp.	Aspergillus sp.	Aspergillus niger
T4	Pseudomona sp. Bacillus sp.	Pseudomona sp.	Aeurobasidium sp.	Aspergillus niger Penicillium sp
T5	Bacillus sp.	Bacillus sp.	Penicillium sp.	Aspergillus sp
			Aspergillus sp.	
			Eurotium sp.	

Es evidente que las condiciones de temperatura de la abonera a los 30 días de establecida favorecieron la presencia de hongos como el Aspergillus sp, encontrado en cuatro de los tratamientos: pulpa de café, aserrín, basura verde + cascarilla y residuos del comedor (T1, T2, T3 y T5 respectivamente); la presencia de Aspergillus se debe al aumento de sus propágulos por las altas temperaturas (Tabla 5).

También se encontró poblaciones del género Penicillium y Erutium sólo en el T5 (mezclas con residuos del comedor). En esta etapa las temperaturas son altas y la diversidad de los hongos es menor que la encontrada a los 90 días después de establecidas las aboneras. El hongo Penicillium es termo tolerante y son

antagonistas, con potencial uso en el control biológico. Solo el tratamiento 5 (residuos del comedor) tiene la presencia de tres géneros de hongos.

La presencia de hongos es importante en la descomposición de las mezclas orgánicas. El *Aspergillus* sp fue encontrado en todos los tratamientos, también se encontró presencia del genero *Penicillun* sp en el T1, T2 y T4, *Aerobasidium* sp en el T1 y T4 a los 90 días de establecidas las aboneras. En este período en cada uno de los tratamientos se encontró mayor presencia de diversas especies de hongos.

A medida que el material compostado se enfría desde su máxima temperatura, se vuelve disponible para un amplio rango de animales pequeños del suelo, la macro fauna. Estos se alimentan de otros animales, desechos animales y los restos de la materia orgánica. Prefieren condiciones bien aireadas, humedad adecuada y temperatura en el rango de 30 – 40°C. La macro fauna del suelo contribuye importantemente al compostaje mediante el ataque físico de la materia orgánica, desmenuzándola en pequeños trozos que son descompuestos con más facilidad por los microorganismos (Dalzell *et al*, 1991).

Al existir temperaturas demasiado elevadas (65-70°) estas inhiben la actividad de los hongos y bacterias por lo que se retrasa el proceso de descomposición (Dalzell *et al*, 1991).

Al lograrse una disminución de la temperatura se inicia de nuevo la actividad de hongos y bacterias en el material en descomposición. Debido a esto se pudo notar la presencia de nuevas bacterias (Tabla 5).

Se concluye que la presencia de bacterias y hongos estuvo durante todo el proceso de descomposición, siendo menor la diversidad de especies de los hongos encontrados por tratamiento a los 30 días que a los 90 días. Entre las bacterias más encontradas están las del género *Bacillus* y *Pseudomonas*; entre los hongos fueron los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*.

Es recomendable que se realice un recuento de la población de los microorganismos presentes en las diferentes etapas del proceso de compostaje y determinar hasta la especie de los mismos.

IV. CONCLUSIONES

Todos los tratamientos tienen óptimo contenido de humedad y la pasteurización del abono se logró a través de que la temperatura alcanzara entre 45° C y 50° C por un tiempo prolongado, lo que asegura la eliminación de las semillas de malas hierbas y las esporas fitopatógenas sean afectadas. En todas las mezclas no hay presencia de sustancias fitotóxicas y se obtiene una germinación entre 91 y 97 por ciento.

Hubo diferencia significativa entre los diferentes tratamientos con respecto a la variable temperatura. El tratamiento que presentó los mejores resultados fue el T1 pulpa de café, óptimo contenido de humedad, alcanzó la temperatura óptima (entre 45 y 50.16° C) por mayor período de tiempo.

Los resultados indican que las mezclas tienen bajo contenido de nitrógeno, están por debajo del 2%, rango comercialmente aceptable y gran contenido de carbono; los resultados obtenidos en fósforo están entre el rango óptimo de 0.15 y 1.5 %. Todos los tratamientos aportan micro elementos tales como Fe, Cu, Mn, y Zn los cuales son de gran importancia para el desarrollo normal de los cultivos.

Todos los tratamientos tienen una relación carbono/nitrógeno alta, las que varían entre 79:1 a 60:1. Esto produjo una lenta descomposición debido a la disponibilidad de alimento para la micro fauna presente en los tratamientos.

La presencia de bacterias y hongos estuvo durante todo el proceso de descomposición, siendo menor el número de especies de los hongos encontrados por tratamiento a los 30 días que a los 90 días. Entre las bacterias más encontradas están las del género Bacillus y Pseudomonas; entre los hongos fueron los géneros Aspergillus y Penicillium.

V. RECOMENDACIONES

Establecer aboneras con una altura de 1.5 m con el objetivo de evaluar como influye el volumen de la abonera en la temperatura y el tiempo de descomposición.

Realizar pesaje de los materiales que ingresan en las mezclas de las aboneras y la cantidad del producto final que se obtiene.

Determinar la humedad del sustrato en el laboratorio.

Basado en los resultados obtenidos se recomienda establecer ensayos y evaluar en el compost variables como Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), capacidad de retención de agua, pH. En la prueba de toxicidad incluir la medición de variables como la elongación de las raíces y porcentaje de germinación relativo.

Determinar de manera precisa las proporciones y/o cantidades de materia orgánica verde y marrón optimas a utilizar en las mezclas para obtener la relación C/N deseada.

Establecer aboneras con mayores cantidades de materia orgánica verde (leguminosas, malezas recién cortadas, estiércol) a fin que ayude a aportar más nitrógeno y obtener la relación óptima de carbono/nitrógeno (25-35:1).

Determinar la especie y cantidad de población de los microorganismos presente en cada etapa del proceso de compostaje.

Realizar análisis bromatológicos a los diferentes materiales a ser utilizados en la elaboración de las aboneras.

Utilizar en campo los productos obtenidos a partir de este ensayo, para valorar su efecto en el rendimiento de los cultivos y mejoramiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

VI. REVISIÓN BIBLIGRÁFICA

- Brock, T.D; Smith, D.W; Madigan M.T. 1987. Microbiología. Cuarta edición. México, México. Pp 737.
- Castillo, A; Eresue, M; Rodríguez, L; Rugama, J, A. 2002. Manejo integrado de la fertilidad de los suelos en Nicaragua. Managua, Nicaragua. 130 pp.
- Dalzell, H., A. Biddlestone, K. Gray y T. Thuraijan, 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín de suelos FAO (56), Roma. Italia. 177 pp.
- Fernández, R. M; Gómez, J. M y Estrada, I. B. (2004) Compost legislation: sanitation vs Biological quality. I International Conference Soil and Compost Eco-Biology. Pp 167-183.
- García, C, L. 2001. Fertilización de suelos y fertilización de cultivos. Texto básico. Managua, Nicaragua. Pp 104.
- García, G, J; Monge, N, J. 1999. Agricultura orgánica. Primera edición. Editorial Universidad Nacional a Distancia. San José, Costa Rica. 457pp
- INITER, 2005. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. Registro de datos metereológicos. Managua, Nicaragua.
- KAAS, D, C. 1996. Fertilidad de suelos. Primera edición. Editorial Universidad Nacional a Distancia. San José, Costa Rica. Pp 19-21.
- Labrador, J., 1996. La materia orgánica en los agrosistemas. Ministerio Agricultura y Pesca, ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. Pp 115-129.
- Meléndez, G y Soto, G. 2003. Taller de abonos orgánicos. CATIE. Managua, Nicaragua. 86 pp.
- Núñez, O. 1993. Desarrollo sostenible y economía campesina. CIPRES. Managua, Nicaragua. Pp 25.
- Osorio, D. 2005. Volvamos al campo. Primera edición. Editorial grupo latino, LTDA. Bogota, Colombia. 36 pp.
- Restrepo, J y Rodríguez, J. 2002. El suelo, la vida y los abonos orgánicos, editorial enlace, Managua, Nicaragua. 84 pp.
- Rivero de Trinca. 1999. Materia orgánica del suelo. Maracay, Venezuela. 270 pp.

Soto, M. G. 2003. Abonos orgánicos: El proceso de compostaje. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 27 pp.

Stoffell, P.J. y Kahn, B.A. 2005. Utilización del compost en los sistemas de cultivo hortícola. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, Barcelona. Pp 26.

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

Universidad Estatal a Distancia (UNED). 1998. Manejo adecuado de los desechos sólidos en industrias. I edición. San José, Costa Rica. 38 pp.

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

Uribe, L, L.2003.Taller de abonos Orgánicos/CATIE. San José, Costa Rica.10 pp.

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

Varnero, M.M; Rojas, A.C y Orellana, R.R. 2006. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. R.C. Suelo Nutr. Veg., 2007, vol.7, no.1, p.28-37. ISSN 0718-2791.

www.ads.gobierno.pr./secciones/reciclaje/composta

(Cooperband, 2001. www.wastenot-organics.wisc.edu)

ANEXOS

Anexo 1. Temperaturas obtenidas en cinco aboneras con diferentes materiales orgánicos. Hacienda Las Mercedes. Managua, 2005.

Tratamiento	Número de días después de establecidas las aboneras								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Pulpa de café (T1)	51	46	47	50	48	50	47	44.4	44
Aserrín (T2)	60	43.21	48	48	44	46	45	40	42.42
Bas.verde +Cas Arroz (T3)	52	43	48	47	47	56	46	43.2	42
Ab. Verde + Cas Arroz (T4)	53	42.83	47	46.8	44	43	44.5	38	37
Res del comedor (T5)	44.21	45	49	46	46	46	45.5	41.4	40.1

Tratamiento	Número de días después de establecidas las aboneras								
	50	55	60	65	70	75	80	85	90
Pulpa de café (T1)	44.54	42	46	42	40	42	38	38	33.33
Aserrín (T2)	40.4	39	41	40	38	39	35	36.5	32.8
Bas.verde +Cas Arroz (T3)	43	38	45	41	37	40	36	37.8	33.16
Ab. Verde + Cas Arroz (T4)	41	34	37.5	37	39	36	34	34	31.5
Res del comedor (T5)	41.1	37	41	38	40.5	37.5	34	35	32.33

Clave: Bas.ver: Basura verde

Ab. Verde: Abono verde

Cas Arroz: Cascarilla de arroz

Res del comedor: Residuos del comedor

ANEXO 2. Porcentaje de humedad de cinco aboneras con diferentes materiales orgánicos. Hacienda Las Mercedes, Managua. 2005.

Pulpa de café(T1)	Aserrín (T2)	Bas verde + Cas arroz (T3)	Ab. Verde + Cas Arroz (T4)	Res del comedor (T5)()
60.91	55.54	57.21	54.68	56.37

Fuente: Laboratorio de Suelos y Agua (LABSA) de la UNA.

Clave: Ab. verde: Abono verde Cas Arroz: Cascarilla de arroz Res del comedor: Residuos del comedor

Anexo 3. Resultados del análisis químico de cinco aboneras con diferentes materiales orgánicos. Hacienda Las Mercedes, Managua. 2005.

Identificación		C	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	
Trat	Descripción	%						ppm				
T1	Pulpa de café	17.45	0.26	0.42	1.83	2.04	0.35	4795	86.67	892	191.33	
T2	Aserrín	17.82	0.29	0.31	2.09	2.54	0.30	7398	315.67	904.33	197.67	
T3	Basura verde + cascarilla de arroz	16.82	0.28	0.30	1.8	2.15	0.28	6912	206.33	883.33	130	
T4	Abono verde + cascarilla de arroz	20.07	0.25	0.63	1.78	2.39	0.38	7089.33	167	933	256.33	
T5	Residuos vegetales del comedor	21.8	0.31	0.28	1.35	3.14	0.29	7109	187	1015.67	438.67	

Clave: C: Carbono N: Nitrógeno P: Fósforo K: Potasio Ca: Calcio
Mg: Magnesio Fe: Hierro
Cu: Cobre Mn: Manganeso Zn:

Anexo 4. Resultados del análisis de varianza de los contenidos de macro (N, P, K, Ca, C y Mg) y microelementos (Fe, Cu, Mn y Zn)

Elemento	Pr > F
Carbono(C)	0.3176
Nitrógeno (N)	0.7731
Fósforo (P)	0.6179
Potasio (K)	0.0684
Calcio (Ca)	0.6197
Magnesio (Mg)	0.3306
Hierro (Fe)	0.6187
Cobre (Cu)	0.3706
Manganeso (Mn)	0.7441
Zinc (Zn)	0.5630