

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DETERMINACION DE ÁCIDOS FÚLVICOS EN COMPOSTAJES DE RESIDUOS
DE DIFERENTE RELACION CARBONO/NITRÓGENO EN PALMIRA,
COLOMBIA**

POR:

NERY GUSTAVO GÓMEZ LÓPEZ

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE**

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE



CATACAMAS

OLANCHO

Diciembre, 2011

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS FÚLVICOS EN COMPOSTAJES DE RESIDUOS
DE DIFERENTES RELACION CARBONO/NITRÓGENO EN PALMIRA,
COLOMBIA**

POR:

NERY GUSTAVO GÓMEZ LÓPEZ

WILMER MISAEL REYES SANDOVAL, M Sc.

Asesor Principal

**TESIS PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE**

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2011

DEDICATORIA

A DIOS

Por darme la vida y ser la luz que ilumina mi camino en el bien y en el mal

A MIS PADRES

A mi madre Sonia López que con todas sus limitaciones me ha hecho llegar hasta donde estoy y por tus sabios consejos a mi padre Nery Gómez que en paz descansas, te llevo en mis pensamientos y en mi corazón y sé que desde lo alto tú compartes este triunfo conmigo. Gracias por su apoyo en los momentos más difíciles.

A HERMANOS

Sonia Yolanda Gómez, Eduardo Josué Gómez por estar siempre pendientes de mí, y por ser la fuente de inspiración

A MIS ABUELOS Y TIOS

Gustavo López y María Romero, a Gustavo López Romero, José López, por pasar siempre al tanto de todo lo que me pasaba.

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Por estar siempre a mi lado y por que sin su ayuda me hubiese sido imposible, por darme la sabiduría, entendimiento necesario para lograr cada una de mis metas.

A MI MADRE

Sonia Yolanda López por haberme brindado su apoyo incondicional en estos cuatro años de estudio y por encontrarse siempre a mi lado en los momentos que la he necesitado.

A MIS HERMANOS

Por ser ellos los que siempre a mi lado y que me sirven de apoyo en cada uno de mis sueños.

A MI ALMA MATER

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA por haberme acogido por estos cuatro años y permitirme culminar mis estudios.

A MIS ASESORES

A mi asesor principal M Sc. Wilmer Misael Reyes, por sus consejos y por estar pendiente de este trabajo, a mis asesores secundarios M Sc Jose Trinidad Reyes, por su apoyo y a M Sc Mario Edgardo Talavera.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS

Por haberme brindado su apoyo moral e incondicional y a mi hermano del alma Humberto Mejía a mis compañeros de cuarto del Pentágono: Darcy Martínez, Edgar Ferrufino, Carlos Torres, Alex Chacón, a los compañeros del Destroyer: Carlos Carrasco, Porfirio Hernández, Nelson Degrandez, a mis compañeros de carrera Guillermo López, Carlos Jiménez.

A MIS TIOS

Gustavo López Romero, José López Romero, Ana López Romero, Humberto Mejía, María del Carmen Argucia por brindarme su apoyo en todos los aspectos, de los cuales estoy muy agradecido.

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 General.....	2
2.2 Específicos	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1 La materia orgánica	3
3.1.1 Papel de la materia orgánica en la formación del suelo y en la creación de su fertilidad	3
3.1.2 Relación de la materia orgánica con las propiedades químicas del suelo.....	6
3.1.3 Beneficios de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo.....	7
3.1.4 Participación de la materia orgánica en la actividad biológica del suelo.....	8
3.2 Fuentes orgánicas y su empleo agrícola	10
3.2.1 Empleo de residuos orgánicos para el mejoramiento de la fertilidad del suelo..	10
3.2.2 El compost.....	13
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1 Ubicación del área de estudio	18
4.2 Materiales y equipo.....	18
4.3 Métodos	19
4.3.1 Metodología para la elaboración del compost.....	19
4.3.2 Metodología para la determinación de la respirometría.....	19
4.3.3 Extracción y caracterización de las sustancias húmicas	21
4.3.4 Separación de los ácidos húmicos y ácidos fulvicos.....	22

4.3.5 Para determinar el carbono orgánico.....	22
4.3.6 Determinación de la reacción o ph.....	22
4.3.7 Determinación del porcentaje de humedad	23
4.4 Manejo del experimento	23
4.5 Análisis Estadístico:.....	24
4.6 Variables evaluadas	25
V.RESULTADOS Y DISCUSION	26
5.1 Análisis del contenido de humedad	26
5.2 Determinación de pH en cada tratamiento.....	28
5.3 Análisis de la actividad de los microorganismos en los tratamientos a diferentes horas, a los 24 días	30
5.4 Análisis de la actividad de los microorganismos en los tratamientos a diferentes horas, a los 48 días.....	32
5.6 Concentración del Carbono Orgánico en los Ácidos Fulvicos	34
VI.CONCLUSIONES.....	36
VII.RECOMENDACIONES	37
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	38
ANEXOS	43

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos.....	24
Cuadro 2. Evolución del contenido de humedad en cada tratamiento.	26
Cuadro 3. Evolución del PH en cada tratamiento	28
Cuadro 4. Evolución de la actividad de los microorganismos a los 24 días	30
Cuadro 5. Evolución de la actividad de los microorganismos a los 48 días.....	32
Cuadro 6. Se representan los promedios en (%) Carbono Orgánico en los ácidos fulvicos	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fraccionamiento de las sustancias húmicas en función de la solubilidad a diferente pH según Stevenson (1994)	16
Figura 2. Comportamiento de la humedad en los diferentes tratamientos, en 2 periodos de maduración.....	27
Figura 3. Comportamiento del pH, en los diferentes tratamientos, en 2 periodos de maduración.....	29
Figura 4. Comportamiento de la respiración, en los diferentes tratamientos, en los 24 días de maduración.....	31
Figura 5. Comportamiento de la respiración, en los diferentes tratamientos, en los 48 días de maduración.....	33
Figura 6. Comportamiento del porcentaje de carbono, en los diferentes tratamientos, en los 24 y 48 días de maduración.	35

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Fraccionamiento de la materia orgánica	44
Anexo 2. ANAVA para la humedad medida a los 24 días.....	44
Anexo 3. ANAVA para la humedad medida a los 48 días.....	45
Anexo 4. ANAVA para el pH medido a los 24 días	45
Anexo 5. ANAVA para el pH medido a los 48 días	45
Anexo 6. ANAVA para la respiración de 8:00 am a 11:00 am medida a los 24 días	46
Anexo 7. ANAVA para la respiración de 8:00 am a 11:00 am medida a los 48 días	46
Anexo 8. ANAVA para la respiración de 11:00 am a 2:00 pm medida a los 24días.....	46
Anexo 9. ANAVA para la respiración de 11:00 am a 2:00 pm medida a los 48 días.....	47
Anexo 10. ANAVA para la respiración medida de 2:00 pm a 5:00 pm a los 24 días.....	47
Anexo 11. ANAVA para la respiración medida de 2:00 pm a 5:00 pm a los 48días.....	47
Anexo 12. ANAVA para la respiración medida de 5:00 pm a 8:00 am a los 24 días.....	48
Anexo 13. ANAVA para la respiración medida de 5:00 pm a 8:00 am a los 48 días.....	48
Anexo 14. ANAVA para la medición de los ácidos fúlvicos a los 24 días.....	48
Anexo 15. ANAVA para la medición de los ácidos fúlvicos a los 48días.....	49

Gómez López, NG. 2011 Determinación del carbono orgánico en los ácidos fúlvicos en compostajes de residuos de diferente relación carbono/nitrógeno en Palmira, Colombia, Tesis Lic. RRNN Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Honduras. C.A p.49

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la Universidad Nacional de Colombia, en la zona de aéreas múltiples, con el objetivo de la determinar los ácidos fúlvicos resultantes en compostajes de residuos de diferente relación carbono/nitrógeno, el estudio consistió en cuatro tratamientos por tres repeticiones, cada tratamiento con relación de carbono/nitrógeno diferente, se utilizo un diseño completamente al azar. Las variables evaluadas fueron: pH, contenido de humedad, actividad de los microorganismos, determinación y carbono orgánico en los ácidos fúlvicos.

Los análisis de varianza realizados mostraron que existen diferencias significativas para las variables de pH, contenido de humedad, actividad de los microorganismos; en el caso del carbono orgánico de los ácidos fúlvicos no presentan diferencia significativa. Los resultados obtenidos muestran que los mayores contenidos de carbono orgánico en los ácidos fúlvicos se obtuvieron a los 48 días de su maduración encontrados en el tratamiento 1, la mayor respiración se obtuvo a los 24 días en las composteras de relación carbono/nitrógeno de 20.1 y 25.1, el mayor porcentaje de humedad se encontró a los 24 días de maduración debido a que es un proceso descendente en los tratamientos 1 y 2, los pH más elevados corresponden a los 48 días, debido a que estos se encontraron en la fase media del proceso de maduración.

Palabras claves: Ácidos fúlvicos, relación carbono/nitrógeno, carbono orgánico, maduración.

I. INTRODUCCIÓN

El uso excesivo y el mal uso de insumos externos, como fertilizantes inorgánicos y plaguicidas conjuntamente con cultivos especializados o monocultivos pueden propiciar un considerable incremento en la producción general de alimentos, pero también agotan la fertilidad y los componentes biológicos del suelo y degradan los elementos físicos de la tierra (Alfonso y Carrobello 2002).

Entre los problemas más graves que enfrenta la agricultura es la degradación de los suelos, lo cual, al no prestarle la debida atención a los procesos que la ocasionan, compromete seriamente el futuro de la producción de alimentos. El reto principal, por tanto, es lograr establecer sistemas de producción capaces de solventar la creciente demanda alimentaria de la población, meta que está vinculada directamente con detener los procesos que degradan los suelos (MINAGRI 2001).

Una de las vías para restablecer los suelos degradados lo constituye el suministro de materia orgánica, la cual representa la principal reserva de carbono de la biosfera y constituye la principal fuente de carbono y nitrógeno en los ecosistemas terrestres, de su conservación depende en gran medida la vida del planeta. Para conservarla es necesario dirigir permanentemente el proceso de transformación de los restos orgánicos hacia la formación de sustancias húmicas estables para elevar la productividad de los ecosistemas terrestres (Martínez *et al.* 1999).

En este contexto desarrollado en Palmira, Colombia con el objetivo de evaluar el potencial de generación de ácidos fulvicos a partir de compostajes de desechos de diferentes proporciones C/N.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Determinar los ácidos fúlvicos resultantes en compostajes de residuos de diferente relación carbono/nitrógeno en Palmira, Colombia.

2.2 Específicos

Evaluar el comportamiento de la humedad, el pH y la actividad de los microorganismos a los 24 y 48 días del proceso de maduración.

Determinar la influencia del pH, humedad y la actividad de los microorganismos sobre el porcentaje final de ácidos fúlvicos.

Determinar los porcentajes de carbono orgánico existentes en los diferentes sustratos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 La materia orgánica

3.1.1 Papel de la materia orgánica en la formación del suelo y en la creación de su fertilidad

La materia orgánica comprende todos los compuestos orgánicos que se encuentran en el suelo, todos los restos de plantas y animales, así como los productos orgánicos de la transformación de esos residuos, conocidos como humus (Cairo y Fundora 1994).

La composición y propiedades de la materia orgánica del suelo como componente de este, está influenciada por los procesos naturales de formación de suelos, controlados por la interacción de los factores formadores. Materia orgánica = f (clima, vegetación, material parental, topografía), (Stevenson 1982, citado por Ruíz *et al.*, 1997).

La mayor parte de la materia orgánica del suelo tiene origen vegetal y proveniente de la vegetación herbácea espontánea, de los bosques y de los restos de las cosechas; es la principal fuente de nitrógeno y azufre para las plantas, a veces también de fósforo, tal es así que generalmente más del 95% del nitrógeno total del suelo se encuentra en la materia orgánica del mismo. Su influencia es decisiva en las propiedades físicas como la estructura (granulación) del suelo y la capacidad de retención de la humedad. Las plantas superiores influyen en la formación del suelo, tanto durante el período de crecimiento y desarrollo como después de muertas, cuando sus residuos aéreos y radicales caen en la superficie o quedan formando parte del espesor del suelo (Cairo y Fundora 1994 y Farrel 1996).

Numerosos investigadores han reconocido efectos beneficiosos en la aplicación de la

materia orgánica en el suelo, en cuanto a las mejoras observadas con respecto a las características químicas, físicas y biológicas del mismo. La materia orgánica forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuye a la asimilación de nutrientes, mejora la estructura y la retención de agua del suelo y da soporte a todo un mundo de microorganismos cuya actividad resulta beneficiosa para el cultivo (Vicente, 2002).

Hernández y López (1995) señalan que de acuerdo con lo planteado por Sánchez (1976) y Jenkinson (1981) las prácticas culturales promueven la descomposición del material orgánico y estas junto con la alta demanda de nutrimentos que requiere el cultivo, redundan en un empobrecimiento progresivo de los suelos que debe ser corregido con el uso de fertilizantes, rotación de cultivos y la incorporación de residuos vegetales.

El monocultivo en general provoca grandes alteraciones en el contenido y composición de la materia orgánica del suelo disminuyendo bruscamente el contenido total de carbono, los complejos orgánicos móviles y semimóviles e incluso la redistribución de los microelementos dentro de las fracciones, por lo que varía su papel como barrera ecológica del suelo (Martínez *et al.* 2001)

En los agroecosistemas la materia orgánica tiene una influencia importante sobre algunas características de los suelos como son: capacidad de intercambio catiónico, formación de agregados, capacidad de retención de agua y disponibilidad de nutrimentos esenciales (Uren, 1991 citado por Hernández y López 1995).

De forma general la materia orgánica es indispensable para la manutención de la micro, meso y macro vida del suelo. Igualmente la bioestructura y toda la productividad del suelo se basa en la presencia de materia orgánica en descomposición o humificada y la misma proporciona:

Sustancias agregantes del suelo, tornándose grumoso con bioestructura estable a la acción

de las lluvias Ácidos orgánicos y alcoholes durante su descomposición, que sirven de fuente de carbono a los microorganismos de vida libre y fijadores de nitrógeno. Posibilita la vida de los microorganismos, especialmente los fijadores de nitrógeno, que producen sustancias de crecimiento, como triptófano y ácido indolacético.

Alimenta a los microorganismos activos de la descomposición, que producen antibióticos que protegen las plantas de enfermedades contribuyendo así a la sanidad vegetal. Sustancias intermediarias producidas en su descomposición que pueden ser absorbidas por las plantas, aumentando su crecimiento, pero cuando la materia orgánica es humificada trae más beneficios. Aumenta la capacidad de cambio de cationes del suelo Aumenta el poder tampón, ósea la resistencia contra la modificación brusca de pH. Proporciona sustancias como fenoles, que contribuyen a la respiración de las plantas, a una mayor absorción de fósforo y también a la sanidad vegetal (Primavesi 1984).

La incorporación de abonos verdes al suelo aumenta el contenido de materia orgánica del suelo, especialmente cuando son incorporadas mezclas de plantas; aumenta la disponibilidad de macro y micronutrientes en el suelo en forma asimilable para las plantas; permite elevar el pH del suelo principalmente por la acción de las leguminosas; incrementa la capacidad de reciclaje y movilización de los nutrientes poco solubles; mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua; permite una buena cobertura vegetal, reduciendo la erosión; favorece la actividad de los microorganismos del suelo; favorece la restitución del fósforo y potasio al suelo y genera también beneficios complementarios, porque pueden ser usados como forraje y por la abundante floración de las plantas son aprovechados por las abejas (Perú 2003).

3.1.2 Relación de la materia orgánica con las propiedades químicas del suelo

La fertilidad y capacidad productiva de nuestros suelos dependen en gran medida, del contenido de humus y también de la materia orgánica, que influye en las características químicas, como la capacidad de adsorción de cationes (capacidad de intercambio catiónico), suministro de nutrientes a las plantas (tanto cationes adsorbidos a su superficie (Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4 y microelementos) como los liberados cuando la materia orgánica se mineraliza; N, S y P entre otros que forman parte constituyente de la misma; es decir, influye tanto en el régimen de los nutrientes como en la capacidad transformadora del suelo (Cairo y Fundora 1994).

La materia orgánica fija iones de la solución del suelo, los cuales quedan débilmente retenidos, están en posición de cambio, evita por tanto que se produzcan pérdidas de nutrientes en el suelo, la capacidad de cambio es de 3 a 5 veces superior a la de las arcillas, es por tanto una buena reserva de nutrientes, influye en el pH ya que produce compuestos orgánicos que tienden a acidificar el suelo, influye en el estado de dispersión/floculación del suelo y es un agente de alteración por su carácter ácido (Fernández *et al.* 2003).

En muchos suelos, principalmente en los arenosos y en algunos en los cuales predominan arcillas del tipo 1:1 y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, el humus es el principal portador de cargas negativas, y, por tanto el principal contribuyente a la capacidad de intercambio catiónico de dichos suelos (Cairo y Fundora 1994).

En la materia orgánica se encuentra más del 95% del nitrógeno total del suelo, constituyendo de esta manera la principal fuente de nitrógeno del suelo para las plantas, es además la principal e importantísima de azufre para las plantas y a veces también la principal fuente de fósforo para el vegetal (Cairo y Fundora 1994).

Los elementos N, P, S y otros contenidos en ella pasan a la forma mineral asimilable para el vegetal. Algunas de las sustancias orgánicas como por ejemplo los ácidos orgánicos, participan en la descomposición de los minerales del suelo, otros ejercen efecto estimulante e inhibidor del crecimiento y desarrollo de las plantas, por otro lado además tiene gran importancia en la solubilidad y movilidad de componentes inorgánicos: Los quelatos, complejos metalorgánicos (por ejemplo, hierro unido a un radical orgánico) solubles, móviles en el suelo, contribuyen a la nutrición vegetal, además de intervenir en los procesos de formación de suelos, (Cairo y Fundora 1994). La materia orgánica ejerce el papel central en el almacenaje de los nutrientes y su liberación en forma asimilable para las plantas (Crespo *et al.*, 2002).

3.1.3 Beneficios de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo

Numerosos estudiosos han sugerido que la materia orgánica del suelo juega un papel importante en la formación de agregados estables y en el mejoramiento de las condiciones físicas del suelo (Stevensos 1982, citado por Ruíz et al. 1997). Se ha encontrado que de los componentes de la materia orgánica, las sustancias húmicas (ácidos húmicos AH, ácidos fúlvicos AF y huminas) muestran una mayor habilidad relativa para promover la formación de agregados estables y sus efectos son más persistentes (Swift 1991, citado por Ruíz et al. 1997).

La materia orgánica contribuye a aumentar sensiblemente la porosidad (la cual es un resultado de la textura, estructura y actividad biológica del suelo), es decir, son los suelos ricos en elementos coloidales los que tienen mayor porosidad, siendo este uno de los principios de determinación de la estabilidad estructural, junto a los agregados estables, debido a su alto contenido de materia orgánica y la presencia de hierro o calcio.

La materia orgánica aumenta la estabilidad de la estructura ejerciendo por un lado el efecto de una cementación sobre los constituyentes de los agregados. En los suelos donde la baja porosidad es total se provoca una baja capacidad de campo, por consiguiente

disminuye la posibilidad de almacenamiento de agua. Por esta razón en tales suelos tiene lugar un interno movimiento capilar ya que en estado húmedo el total de los poros están llenos de agua y en el suelo hay muy poco aire o ninguno, lo que hace que predominen las condiciones anaeróbicas, bajo cuya influencia la descomposición de la materia orgánica avanza lentamente (Cairo y Fundora 1994).

El Ca^{2+} provoca la floculación de las arcillas y proporciona al suelo una reacción favorable al crecimiento de las raíces y los microorganismos. Un suelo exento de materia orgánica no se agrega fácil y rápidamente al agregante Ca^{2+} , por otro lado el Na^+ tiende a desflocular la arcilla y crear una reacción donde muchos de los nutrientes no pueden aprovecharse, por lo tanto causa mala reacción y disminuye el crecimiento de las raíces y de los microorganismos. El Ca^{2+} es elemento positivo en la formación de estructura, el mismo aumenta la cohesión del suelo, frena el estallido de los agregados y modera la dispersión de los coloides (Cairo y Fundora 1994 y Cairo *et al.* 1996).

3.1.4 Participación de la materia orgánica en la actividad biológica del suelo

La biota del suelo desempeña funciones vitales para el medio ambiente y, en particular, para la agricultura, desde la regulación de la estructura de los suelos y de los sistemas de aguas freáticas hasta la degradación de contaminantes, ciclos de los nutrientes, fijación del carbono, protección vegetal, además de propiciar el crecimiento vegetal y la purificación del ecosistema (FAO 2001).

La mayoría de la energía capturada por la vegetación, es utilizada por la biota del suelo para una serie de funciones esenciales de la integridad y productividad del sistema. Estas funciones incluyen la descomposición, el reciclaje de nutrientes, la síntesis y la mineralización de la materia orgánica, la modificación de la estructura del suelo, la regulación de la composición atmosférica y el control biológico de las plagas y enfermedades del suelo (Palm *et al.* 2001).

Los microorganismos también son importantes para la productividad vegetal, es la

biota más abundante de los suelos y a ellos incumbe la regulación de los ciclos de la materia orgánica y los nutrientes, la fertilidad y restablecimiento de los suelos, y las buenas condiciones para el crecimiento de las plantas. Más de 90% de las plantas del mundo desarrollan una asociación simbiótica con uno de los 5 tipos de micorrizas, un hongo que actúa como extensión natural del sistema radicular de la planta. Esta asociación aumenta la capacidad de las plantas de absorber los nutrimentos, las protege contra los patógenos, y aumenta su tolerancia contra los agentes contaminantes y las condiciones adversas del suelo, tales como el estrés hídrico, el bajo pH y la alta temperatura del suelo (FAO 2001).

Según Cairo y Fundora (1994) la mayoría del humus presente en el suelo representa los productos metabólicos de animales pequeños como lombrices, arañas, nematodos, mil pies, insectos y muchos otros que tienden a mejorar la porosidad, en aquellas tierras donde la actividad biológica es intensa se observa con frecuencia, junto a las huellas del recorrido de los gusanos de tierra gran número de canículos finos que resultan del trabajo de pequeños insectos haciendo que su porosidad sea tubular y la estructura esponjosa.

En estos suelos se encuentran al mismo tiempo el aire y el agua por lo que ocurren simultáneamente los procesos anaerobios y aerobios; estos suelos son elásticos y permiten la penetración de las raíces las cuales contribuyen a un buen estado de estructuración.

El efecto de los invertebrados edáficos sobre la descomposición de la materia orgánica es esencial, ya que mediante su alimentación hacen el material más asequible a la acción de los microorganismos descomponedores además de contribuir a la diseminación de hongos y bacterias y al transporte vertical de la materia orgánica de la superficie a las capas más profundas aumentando la velocidad de descomposición (Prieto y Rodríguez 2001).

El humus es el alimento de los microorganismos del suelo, estos a su vez, facilitan una buena estructura y fertilidad, ayudando a fijar los nutrientes en el suelo, sino existe suficiente humus (alrededor del 3% en las regiones tropicales) los nutrientes que regresan al suelo en forma de composta podrán escurrirse (Jeavons 1996).

La descomposición de los abonos verdes en el suelo da lugar a una serie de reacciones bioquímicas que incrementan la actividad microbiana del suelo, fomentando una mayor cantidad y diversidad de microorganismos, que se encarga de la mineralización de elementos nutritivos. También, cuando son incorporados al suelo, favorecen la actividad de los microorganismos como hongos y bacterias que descomponen la celulosa, los que a su vez refuerzan con sus secreciones la consistencia de los agregados del suelo, que son necesarios para el correcto equilibrio del agua y del aire en el suelo (Perú 2003).

3.2 Fuentes orgánicas y su empleo agrícola

3.2.1 Empleo de residuos orgánicos para el mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Desde tiempos remotos el hombre ha utilizado los recursos producidos por la actividad agropecuaria como enmiendas orgánicas aplicadas al suelo para mejorar sus condiciones físicas, químicas y biológicas. La adición de materiales biodegradables conlleva a la síntesis de los complejos orgánicos que unen las partículas en agregados, se incrementa el espacio poroso, mejora la infiltración y el almacenamiento del agua. Para el manejo del suelo en una agricultura orgánica, el empleo de abonos, residuos orgánicos y fuentes alternativas de minerales naturales, constituyen medidas de primer orden. Estos materiales pueden mejorar sustancialmente la bioestructura del suelo si se utilizan de manera racional (Cairo et al. 1996).

El mejor criterio de su utilización actualmente está dirigido al mejoramiento de la fertilidad física (bioestructura) que es el factor de mayor limitación en los suelos

degradados. Este criterio no presupone el empleo de grandes cantidades de materiales, por el contrario, el mínimo suficiente para activar la microflora del suelo y con ello la optimización de los procesos de la descomposición de la materia orgánica. El empleo de carbonato de calcio, cachaza, ceniza, casting, zeolita o caliza fosfatada mejoran la estructura, el contenido de materia orgánica y la actividad de los microorganismos del suelo (Cairo et al. 1996).

El mejoramiento de la bioestructura interviene en la fertilidad general del suelo, tanto física como química. De ello resulta mayor cantidad de nutrimentos disponibles y en capacidad de asimilación, mayor actividad biológica y en correspondencia con los rendimientos altos y estables (Cairo et al. 1996).

Los compuestos orgánicos constituyen además, reservorios de nutrimentos esenciales, secundarios y elementos traza. Se ha estimado que la materia orgánica contiene más del 75% del fósforo disponible en el suelo y 50% del carbono que sirve como fuente de energía para la población microbiana encargada de descomponer los residuos (Darst y Murphy 1990, citado por Leal y Madrid de Cañizales 1998).

Tan pronto los restos vegetales, fuente principal de humus, se desprenden de las plantas y mueren, comienza su descomposición y transformación por la acción de los micro y macroorganismos. En la vegetación de los bosques el aporte principal es el de la parte aérea, por ello la mayor cantidad de humus se encuentra en la superficie, mientras que a mayor profundidad es menor con relación con las gramíneas, pues el sistema radical de los árboles se transforma muy lentamente, lo cual se traduce en un menor contenido de humus. En las gramíneas por ser anual su ciclo vegetativo, su aporte es más periódico y la descomposición es más rápida, por lo cual la distribución en las profundidades es más uniforme, es decir en el césped la incorporación de materia orgánica unido al potente enraizamiento da lugar a horizontes húmicos de mayor espesor que en el bosque (Cairo et al. 1994).

Smith *et al.* (1951) citado por Hernández y López (1995) encontraron que en condiciones de buena fertilización y utilización completa de los residuos provenientes de la cosecha de caña de azúcar, se puede mantener estable el contenido de materia orgánica en el suelo. Hernández y López (1995) citan además a Avilan *et al.* (1981) quienes midieron la contribución de la materia orgánica y nutrimentos por las raíces de caña de azúcar y pastos cultivados. Los autores encontraron que el sistema radical es un aporte fundamental de materia orgánica capaz de generar 0.034 ton ha⁻¹ de nitrógeno y 0.015 ton ha⁻¹ de fósforo. Sin embargo esta contribución no compensa la exportación de nutrimentos por cosecha, especialmente las salidas de nitrógeno que son elevadas por cosecha y quema y que sólo son restituidas por la adición de fertilizantes.

La retención de la paja en el suelo contribuye a conservar la humedad y evita el enyerbamiento del terreno así como su erosión. Su posible uso como reservorio y/o como fuente natural de nutrientes para el cultivo podría representar una ventaja potencial desde el punto de vista económico por concepto de ahorro de fertilizantes químicos con el fin de realizar un manejo racional de los agroecosistema (Rodríguez y Prieto 2001).

La descomposición de la paja de caña de azúcar es lenta y la velocidad de descomposición de la hojarasca fluctúa entre 0.78 y 3.8 mg. g⁻¹ por día, disminuyendo con el tiempo de exposición. El 10.8% de la descomposición es atribuible a la biota edáfica. También la retención de macroelementos en la hojarasca disminuye con el tiempo y se manifiesta en el siguiente orden: P>K>Ca>Na>N>Mg. El P y el K presentan una correlación positiva y significativa con las precipitaciones. La paja de la caña constituye un reservorio de N y un suministro inmediato de P y K al suelo (Rodríguez y Prieto 2001).

La calidad de los recursos orgánicos ha sido considerada como uno de los factores más importantes en la descomposición y liberación de nutrientes (Swift *et al.* 1979; Heal *et al.* 1997). Recursos orgánicos con altos contenidos de nutrientes generalmente se ha correlacionado con altas tasas de descomposición y la relación C/N ha sido ampliamente

usada como un indicador de calidad. Estudios posteriores también indican que una baja relación lignina/nitrógeno también está asociada con altas tasas de descomposición (Melillo et al., 1982).

Sin embargo, Palm y Sánchez (1990) postularon que las concentraciones de polifenoles (PP) podrían tener una mayor influencia en las tasas de descomposición y liberación de nutrientes en recursos orgánicos leguminosos que los contenidos de lignina (L) o contenido de nitrógeno (N). Otros estudios reportan que tanto en sistemas herbáceos (Thomas y Asakawa, 1993) como en sistemas agroforestales (Barrios et al., 1997; Mafongoya et al., 1998; Cobo et al., 2001), la relación entre (L+PP)/N estaba inversamente relacionada con las tasas de liberación de nitrógeno.

Resultados obtenidos por Barrios (2001), sugieren que la calidad del recurso orgánico es un aspecto básico en la definición de principios de su manejo como fuente de nutrientes, existiendo una correlación significativa entre algunos parámetros de calidad de los recursos orgánicos evaluados, la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y la absorción de nitrógeno por el cultivo.

3.2.2 El compost

El compost es considerado como un material biológicamente activo, resultado de la descomposición de la materia orgánica bajo condiciones controladas. Es utilizado para promover el reciclaje de nutrientes, el mejoramiento del suelo y el crecimiento de los cultivos. Algunos consideran que es un proceso y no un resultado final, debido que al aplicarlo al suelo continúan los procesos de degradación de la materia orgánica, efecto que provoca la acción de los microorganismos encargados de esta función. Existen varios tipos de compost, diferenciados fundamentalmente por su manejo (Funes y Hernández 1996).

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. 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); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas). Su calidad depende de los insumos que se han utilizado (tipo de estiércol y residuos vegetales), pero en promedio tiene 1,04% de N, 0,8% P y 1,5% K. Incorporando roca fosfatada en la preparación del compost se logra incrementar el contenido de fósforo disponible para las plantas (P_2O_5) hasta 4 veces, produciéndose el fosfocompost o compost mejorado (Perú 2003).

El compost es un abono neutro, ósea sin casi reacción química ($pH=7$), ni ácida ni alcalina. Posee elementos muy consumidos por los vegetales como el potasio, fósforo y azufre, y menor cantidad de otros elementos como el hierro o el cobre, sin embargo tiene un contenido en carbono treinta veces superior al que posee de nitrógeno. El compost no alberga microorganismos patógenos, pues son eliminados a causa de las temperaturas que se alcanzan durante el proceso de formación (compostaje) (España 2003).

El empleo del compost aporta al suelo materia orgánica que puede incrementarse en un 25% , estimula la diversidad y actividad microbial en el suelo, mejora las propiedades físicas, la estructura del suelo, la estabilidad de los agregados se incrementa, mejora la porosidad total, la penetración del agua, el movimiento a través del suelo y el crecimiento de las raíces, la actividad de los microbios presentes en el compost reduce la de los microbios patógenos a las plantas, contiene muchos macro y micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas y provoca la formación de humus, complejo más estable de la materia orgánica que se encuentra solo en el suelo y es el responsable de su fertilidad natural, acumulando y solubilizando nutrientes que libera gradualmente de acuerdo con los requerimientos de las plantas (Funes y Hernández 1996).

El compost es utilizado comúnmente como enmienda del suelo para mejorar sus propiedades y proveer nutrientes a los cultivos. También se emplea como arroyo en ciertas ocasiones y sus rangos de aplicación varían considerablemente de 3-6 ton. ha⁻¹. Estas dosis no son rígidas y no estarían en función de las necesidades de enmiendas de un suelo determinado (Funes y Hernández, 1996).

3.2.3 Sustancias Húmicas

Cadahia (1998) define a las sustancias húmicas como restos orgánicos ácidos de difícil degradación con elevado contenido en grupos carboxilos, fenólicos y quinónicos, cierta aromaticidad y con incorporación de nitrógeno heterocíclico.

Siendo catalogadas de omnipresentes por encontrarse en todos los suelos, sedimentos y aguas (MacCarthy et al. 1990) la cantidad de sustancias húmicas varía según el tipo de suelo y la profundidad. Las cantidades normales de sustancias húmicas se encuentran entre 35% y 70% de la totalidad de la materia orgánica, debido a su estructura son muy difíciles de estudiar pero si poseen efectos positivos al suelo.

A su vez, las sustancias húmicas están constituidas por tres fracciones en función de su solubilidad en agua con el pH (Aiken *et al.* 1985; Stevenson 1994):

Ácidos Húmicos: fracción insoluble en medio ácido, pero soluble a pH alcalinos.

Ácidos Fúlvicos: fracción soluble en agua a cualquier valor de pH.

Humina: fracción insoluble en agua a cualquier valor de pH.



Figura 1. Fraccionamiento de las sustancias húmicas en función de la solubilidad a diferente pH según Stevenson (1994)

a. Ácidos Fúlvicos

Los ácidos fúlvicos se distinguen de los ácidos húmicos por su coloración más clara, por el contenido relativamente bajo en carbono (menos del 55%) y por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales.

Los fulvoácidos pertenecen al grupo de los ácidos hidroxicarboxílicos y en la hidrólisis ácida forman sustancias reductoras y furfural. Tienen alta capacidad de cambio (hasta 700 meq por 100 g de sustancia). Actúan destructivamente sobre los minerales, son propensos a formar complejos R_2O_3 que poseen gran movilidad.

Por tanto parece ser que ya no existen dudas sobre los ácidos fúlvicos como grupos independientes de materias húmicas con propiedades distintas a la de los ácidos húmicos. A parte de los ácidos fúlvicos propiamente dicho se han descubierto hidratos de carbono,

glucósidos, sustancias de naturaleza fenólica ácidos urónicos y ácidos orgánicos nitrogenados. Datos obtenidos de espectroscopia infrarroja, dan testimonio de la presencia de elementos de naturaleza aromática en los ácidos fúlvicos. Sobre la baja aromatización de Los ácidos fúlvicos hablan los datos de la composición elemental en el cual el porcentaje de carbono es significativamente más bajo y el de hidrógeno supera el de los ácidos húmicos Los ácidos fúlvicos al igual que los húmicos, contienen nitrógeno. Bremner (1954) al hidrolizarlos con HCl 6N, encontró que el 20-30% de su nitrógeno pasa a la solución, en la que descubrió diversidad de aminoácidos, este nitrógeno presenta gran movilidad.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Ubicación del área de estudio

El trabajo de investigación se desarrollo en el área múltiple de Universidad I Nacional de Colombia sede Palmira, coordenadas 4°38'17.59"N 74°5'3.65"O Con altitud de 1.000 msnm, presentando una temperatura media promedio anual de 25°C, humedad relativa de 89%, una precipitación pluvial 1700 mL

4.2 Materiales y equipo

- Frascos con capacidad de más 50 MI
- Ollas o baldes de plástico
- NaOH 0.2 N y HCl 0.2 N
- Embudo
- Soporte
- Pipeta graduada
- Bureta
- Balanza.
- Horno
- Recipiente. Se utiliza para introducir la muestra en el horno.

Herramientas: Las herramientas que se utilizaron para la elaboración del compost son: palas, baldes, balanza, termómetro, manguera o regadora para la distribución del agua

4.3 Métodos

4.3.1 Metodología para la elaboración del compost

Se siguieron los siguientes pasos

- ✓ Selección del lugar alejado del tránsito de personas, un suelo compacto
- ✓ En la base se utilizó una base de plástico de polietileno de 6
- ✓ Luego se pesó las cantidades de los materiales a compostar tanto del estiércol, como del material verde de la universidad.
- ✓ Luego se lleva este material ya pesado sobre el plástico.
- ✓ Agregar tierra negra.
- ✓ Agregar cal.
- ✓ Se mezcla homogéneamente todos los componentes estos formaron un total de 100 kg.
- ✓ Agregar agua lo suficiente hasta obtener un 60% de humedad. (para determinar la humedad adecuada hay que tomar un puñado de material y al presionarlo con la mano, debe mantener su forma sin escurrir agua).
- ✓ Cubrir con plástico.
- ✓ Volteo del material cada 5 días, los volteos proporcionan oxígeno al compost y disminuyen el exceso de temperatura.

4.3.2 Metodología para la determinación de la respirometría

Para la determinación de la respiración se utilizó lo siguiente

En el laboratorio,

- Se preparó una solución 0.2 N NaOH, (lo cual atrapa CO₂).
- Se llenó un frasco por sitio de muestra con 30 ml de la solución de NaOH y se tapó.
- También se puede usar una solución de 0.5 N NaOH, pero la Normalidad debe ser igual a la de del HCl.

En el campo:

- Se remueve la vegetación de un espacio un poco más grande que la circunferencia de la olla de plástico. (intentando no perturbar el lugar porque el disturbio puede causar liberación de CO₂).
- Se pone el frasco en el centro del espacio limpio, se empuja un poco de material para que no se caiga.
- Se quita la tapa del frasco con 30 ml de NaOH y se mete la olla de plástico sobre el frasco inmediatamente (muy rápidamente para no permitir el NaOH absorber mucho CO₂ de la atmosfera).
- Usando las manos se cubre la intersección del suelo y la olla con el material compactado para prevenir la entrada de CO₂ atmosférico.
- Se dejan los frascos de NaOH cubiertos con las ollas de plástico en el campo durante el tiempo necesario.
- También se dejan tres frascos de NaOH, cubiertos con ollas de plástico en diferentes lugares del experimento(testigos)
- Cuando recolecte los envases, de nuevo se tapa el frasco inmediatamente después de remover la olla de plástico para prevenir contaminación de la muestra con CO₂ atmosférico.

Al regresar al laboratorio:

- Se prepara una solución de 0.2 N HCl.
- Se abre el envase con cuidado, y seguidamente se adiciona 2 ml de solución de Ba₂Cl para precipitar todo el CO₃ en la solución de NaOH.
- Luego se adiciona una o dos gotas de fenolftaleína (viraje de color de rosa a blanco).
- Se titula con 0.2 N de HCl.

Luego se utiliza la sig. Formula:

$$C-CO_2 = \frac{\text{Mg C-CO}_2}{(\text{tiempo por area})} = \frac{(\text{ml HCl muestra}-\text{ml HCl testigo})(N)(E)}{(\text{tiempo por area})}$$

Donde:

HCl muestra = ml de HCl utilizados para titular la muestra.

HCl testigo = promedio de ml de HCl utilizados para titular los testigos.

N= normalidad de NaOH y HCl.

E= peso mili equivalente del carbono = 6 mg/meq.

A= área de la boca de la olla de plástico.

- Luego corregimos el resultado según la temperatura del material del material. Primero se calcula la diferencia entre la temperatura del material y 25 °C y se divide la diferencia entre 10.

$$25^\circ - \text{temperatura del material} / 10$$

- Debido a la temperatura del material se utiliza la siguiente formula.

$$\text{Tasa de respiración} \times 2^{(25-T_o)/10}$$

Este resultado final se llama la tasa estándar (a 25 °C)

4.3.3 Extracción y caracterización de las sustancias húmicas

- Se tomo al azar muestras representativas del compost, se mezclaron estas porciones (se retiran las partes grandes de material).
- Este material se paso por un molino, luego se tamizo.
- Se pesan 100 gramos de material (el material compostado o del suelo se debe trabajar en relación 1:10 lo que quiere decir una parte del material por 10 partes de agua).
- Se llevan a un recipiente que los pueda contener y se le agregan 1000 ml de agua y 40 gramos de Hidróxido de Sodio (NaOH).

- Se deja en contacto durante 24 horas removiendo de vez en cuando con una varilla agitadora
- Luego lo pasamos por un papel filtro para acabar de limpiar las partículas gruesas que hayan quedado.

4.3.4 Separación de los ácidos húmicos y ácidos fulvicos

- Se procede a agregar ácido sulfúrico hasta llevar esta solución a pH menor de 2
- Los ácidos húmicos forman una gel y se precipitan y los ácidos fulvicos queda en suspensión.
- Después de separarlos se pasan estos por un papel filtro quedando en este los ácidos húmicos y el recipiente los ácidos fulvicos.

4.3.5 Para determinar el carbono orgánico

- Se toma una alícuota y se lleva a la estufa a 70 grados.
- Posteriormente se toma de esta 0.1 gramo se le agregan 100 ml de agua destilado.
- Aplicar 10 ml de dicromato de potasio y 10 ml de ácido sulfúrico
- Se deja en reposo la muestra durante una hora luego se agregan 20 de difenil amina como indicador.
- Aplicar una pizca de fluoruro de sodio y se titula con sulfato ferroso 1 N

4.3.6 Determinación de la reacción o pH

Para la determinación de la reacción o pH se utilizo el método del potenciómetro citado por (Figueroa, 1999) el cual consiste en colocar una suspensión de suelo y agua destilada en contacto con el electrodo de vidrio el cual es sensible a la concentración de iones de nitrógeno.

4.3.7 Determinación del porcentaje de humedad

Para la determinación del porcentaje de humedad se realizó de la siguiente manera:

- Se extrajo muestra de diferentes partes de la pila de compost y se homogenizaron en un recipiente.
- Se pesó este material húmedo en el laboratorio
- Se expuso mediante un secado al horno a 110°C hasta que los agregados tengan un peso constante. (generalmente 24 horas).
- Se pesó este material seco en el laboratorio
- Luego se aplica la siguiente fórmula:

$$P = [(W - D) / D] * 100$$

Donde,

P : es el contenido de humedad [%]

W : es la masa inicial de la muestra [g]

D: es la masa de la muestra seca [g]

4.4 Manejo del experimento

El presente trabajo de investigación se desarrolló durante los meses de junio a agosto del año 2011; se manejó de la siguiente manera:

- ✓ Elaboración del compost
- ✓ Doce días después de elaborado el compost, se recolectó una muestra de cada pila de compost donde se les extrajo las sustancias húmicas presentes, al mismo tiempo se le determinó el pH, el porcentaje de humedad, y la respirometría. Este procedimiento se repitió exactamente cada 24 días, hasta completar los 48 días fecha que finalizó la toma de datos.

4.5 Análisis Estadístico:

El diseño experimental que se utilizó en el presente trabajo de investigación fue completamente al azar, con 3 repeticiones por tratamiento, haciendo un total de 12 unidades experimentales, siendo cada muestra de compost en diferente estado de maduración la unidad experimental, los tratamientos utilizados son descritos en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

TRATAMIENTO	ESTIERCOL Kg	HOJAS, RECORTES DE CESPED (Kg)	CAL (Kg)	SUELO (Kg)	C/N
1	59.23	37.77	2	1	25
2	68.5	23.5	2	1	20
3	83.4	13.6	2	1	10
4	31.8	65.2	2	1	30

Modelo estadístico que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta en la j-ésima repetición del i-ésimo tratamiento

μ = Media general

τ_i = Efecto del tratamiento I

ε_{ij} = Error aleatorio, donde $\varepsilon_{ij} \sim N(0, \sigma^2)$

$i = 1, 2, 3, \dots, t$

$j = 1, 2, 3, \dots, n$

4.6 Variables evaluadas

- **Determinación de pH**

Este se determino por el método del potenciómetro el cual consiste en colocar una suspensión de compost y agua destilada en contacto con un electrodo de vidrio el cual es sensible a la concentración de iones de hidrógenos.

- **Determinación del porcentaje de humedad**

Para determinar el porcentaje de humedad se utilizo el Método según García, J. 1971 el cual consiste en el peso de la muestra humedad, secado en el horno, peso seco de la muestra en balanza electrónica, y luego la utilización de la formula, siendo la unidad de medida el porcentaje (%).

- **Determinación de la respirometria**

Para determinar la respirometria se utilizo el método que tradicionalmente se aplica en la universidad nacional de Colombia el cual consiste en la captura del CO₂ en los frascos con NaOH. Esta práctica es tradicionalmente utilizada en suelos, siendo la unidad de medida (Mg/cm²/día).

- **Determinación del porcentaje de carbono orgánico de los ácidos fúlvicos**

La concentración de Carbono Orgánico se obtuvo conforme el método de Walkley-Black modificado, siendo la unidad de medida el porcentaje (%).

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Para conocer la relación que existen entre la proporción de carbono/nitrógeno, la actividad de los microorganismos, las temperaturas versus el contenido del carbono orgánico encontrado en los diferentes sustratos, se realizaron mediciones a los 24 y 48 días del proceso de compostaje, las determinaciones fueron las siguientes

5.1 Análisis del contenido de humedad.

En el cuadro 1. Se presentan los promedios en (%) de la humedad de cada una de la pilas de compost a los 24 días y 48 días maduración..

Cuadro 2.Evolución del contenido de humedad en cada tratamiento.

TRATAMIENTOS	Promedio de humedad	
	24 días	48 días
T 1	53.67 a	48.0 a
T 2	53.0 a	48.0 a
T 3	45.7 b	42.7 a
T 4	43.0 b	35.3 b

Nota: promedio con igual letra no son estadísticamente diferentes (prueba LSD $p > 0.05$)

En los análisis de varianza (ANAVA) (Anexos 2,3) realizados para esta variable se encontró que existen diferencias significativas para los promedios de humedad.

De acuerdo a la prueba de LSD (diferencia mínima significativa) el tratamiento 1 presento el promedio de humedad más alto a los 24 días con un porcentaje de 53.67%, siendo estadísticamente similar al Tratamiento 2 con un porcentaje de 53.0%.El promedio de

porcentaje de humedad en el Tratamiento 4 fue de 43.0% siendo estadísticamente similar al Tratamiento 3 con un porcentaje de humedad de 45.7%.

Al realizar esta misma prueba a los 48 días los valores más altos fueron para el Tratamiento 1 y el Tratamiento 2 con valores de humedad de 48.0% siendo estadísticamente similares con el Tratamiento 3 con un porcentaje de humedad de 42.7% y estadísticamente diferentes con Tratamiento 4 quien presentó un porcentaje de humedad de 35.3%.

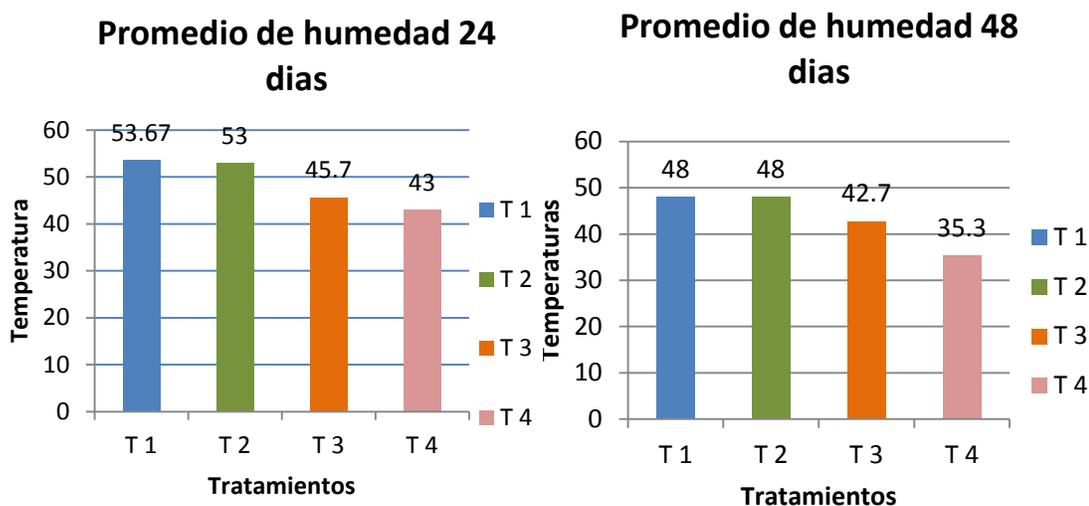


Figura 2. Comportamiento de la humedad en los diferentes tratamientos, en 2 periodos de maduración.

En la figura 2. Se presentan los promedios de las temperaturas en dos fechas de maduración de los diferentes tratamientos. Se encontró que los datos coinciden con el comportamiento de la temperatura a nivel de compostaje, donde, al inicio es 60% a medida avanza el proceso controlado se da la pérdida hídrica en el compost. Según Mayea (1992) la humedad apropiada para la elaboración del compost es de 40 % y 60 %, datos similares que son sugeridos por la FAO (1991)

A los 48 días se observa que solo Tratamiento 4 está por debajo de los estándares establecidos, este factor se debe a que en la preparación se aplicó mayor cantidad de hojas y material verde según Duran (1983) del 100 % del material vegetal fresco el 50% al 75% es agua.

5.2 Determinación de pH en cada tratamiento

En el cuadro 2. Se representan los promedios en el pH de cada una de las pilas de compost a los 24 días y 48 días de su establecimiento.

Cuadro 3. Evolución del PH en cada tratamiento

TRATAMIENTOS	Promedio de pH			
	24 días		48 días	
T 1	8.1500	a	8.8633	a
T 2	7.8133	a	7.7800	b
T 3	6.6033	b	7.4190	b
T 4	5.7000	c	6.4533	c

Nota: promedio con igual letra no son estadísticamente diferentes (prueba LSD $p > 0.05$)

En los análisis de varianza (ANAVA) (Anexos 4,5) realizados para esta variable se encontró que existen diferencias significativas.

La prueba de LSD (diferencia mínima significativa) al igual que lo presentado a los 24 días mostro que el Tratamiento 1 es el más alto con un pH de 8.15, siendo estadísticamente similar al Tratamiento 2 con un pH de 7.81, pero estadísticamente diferente a Tratamiento 4 con pH de 5.70 y también estadísticamente diferente al Tratamiento 3 con un pH de 6.60.

Al realizar la prueba de LSD (diferencia mínima significativa) a los 48 días presenta el Tratamiento 1 con un pH de 8.86, siendo estadísticamente diferentes al Tratamiento 3 y Tratamiento 2 con pH de 7.42 y 7.48, respectivamente. El Tratamiento 4 obtuvo un pH de 6.45 siendo estadísticamente diferente a los demás.

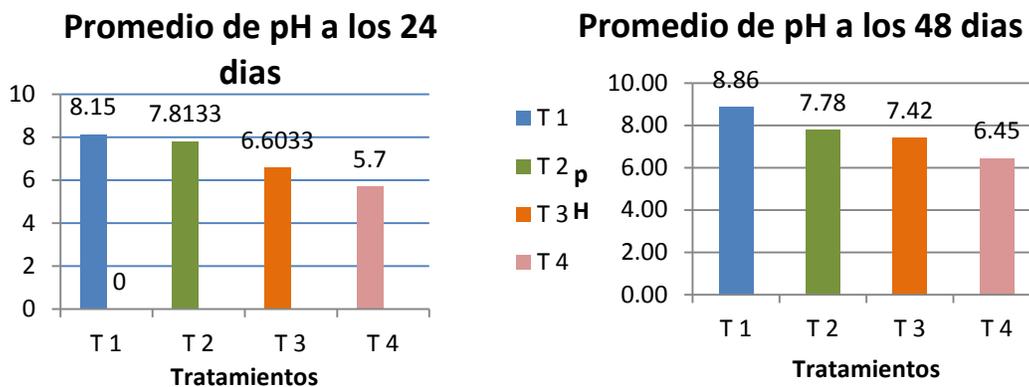


Figura 3. Comportamiento del pH, en los diferentes tratamientos, en 2 periodos de maduración.

En la figura 3. Se presenta el promedio por tratamientos de los pH en dos fechas de su maduración, nótese que la primera lectura a los 24 días el pH de Tratamiento 1 y Tratamiento 2 es elevado lo cual de acuerdo a Rossetti (1994) ocurre porque primero se descomponen los organismos más ácidos y luego los alcalinos llegando a valores entre 8 y 9. Por otro lado al inicio del proceso se han de haber originado pH bajos de acuerdo a Mayea (1992) al inicio de la elaboración del compost, el pH de los restos orgánicos es por lo general ligeramente ácido entre 5 y 6 y en el caso de Tratamiento 3 su proceso de descomposición es bajo debido a que influyen a una serie de factores como los que mencionan SAGARPA (2011) una relación C/N baja indica alto contenido de nitrógeno y en el proceso de descomposición se pierde nitrógeno en forma de amoníaco esto indica temperatura alta y un pH bajo, en el caso de Tratamiento 4 su descomposición es más lenta debido a la cantidad de material verde presente.

De acuerdo MINAZ (1991) a mitad del proceso de descomposición se espera que el pH comience a bajar a valores entre 7 y 8 en el compost ya maduro permaneciendo así hasta el final del proceso cuando se descomponen las proteínas Corominas y Pérez (1994) como señala.

5.3 Análisis de la actividad de los microorganismos en los tratamientos a diferentes horas, a los 24 días

En el cuadro 3. Se representan en mg/cm²/día de cada una de la pilas de compost a los 24 días de su establecimiento.

Cuadro 4. Evolución de la actividad de los microorganismos a los 24 días, en diferentes horas

Tratamientos	Promedio respirometría a los 24 días							
	R5. 8 am- 11 am		R6. 11 am- 2 pm		R7. 2 pm- 5 pm		R8. 5 pm- 8 am	
T 1	4.1333	a	5.4000	a	9.2000	a	12.6000	a
T 2	3.6333	b	4.5000	b	9.1000	a	12.2667	a
T 3	3.0667	c	3.7000	c	8.5667	ab	9.8333	b
T 4	2.6667	c	3.5000	c	7.9000	b	9.4667	b

Nota: promedio con igual letra no son estadísticamente diferentes (prueba LSD $p > 0.05$)

En los análisis de varianza (ANAVA) (Anexo 6, 8, 10,12) realizados para esta variable se encontró que existen diferencias significativas.

En la prueba LSD (diferencia mínima significativa) Se puede observar a los 24 días, en las horas de ocho a once de la mañana, muestra que el Tratamiento 1 presento el promedio más alto de respiración con un promedio de 4.13 mg/cm²/día, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos, Tratamiento 2 presento un promedio de 3.63 mg/cm²/día respectivamente siendo también estadísticamente diferente a los demás tratamientos, Tratamiento 4 y Tratamiento 3 presentaron un promedio de 2.66 y 3.06 mg/cm²/día, siendo estadísticamente similares.

Esta misma prueba LSD (diferencia mínima significativa) indica que a los 24 días, en las horas de once de la mañana a dos de la tarde se observo en el Tratamiento 1 presento los promedios más alto de respiración con un promedio de 5.4 mg/cm²/día, siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos, Tratamiento 2 presento un promedio de 3.63 mg/cm²/día respectivamente siendo también estadísticamente diferente a los demás

tratamientos, Tratamiento 4 y Tratamiento 3 presentaron un promedio de 3.5 y 3.7 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$ siendo estadísticamente similares

A los 24 días, en las horas de dos a cinco de la tarde, se encontró que el Tratamiento 1 tiene mayor respiración con 8.57 $\text{mg}/\text{cm}/\text{día}$, siendo estadísticamente similar a Tratamiento 2 con un $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$ de 9.1. Por otro lado el valor para esta variable es el Tratamiento 4 fue de 7.9 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$ siendo estadísticamente similar con Tratamiento 3 con un valor de 8.56 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$.

En la misma prueba evaluada a los 24 días, en las horas de cinco de la tarde a ocho de la mañana, el Tratamiento 1 es el más alto con un promedio de respiración de 12.6 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$ siendo estadísticamente similar al Tratamiento 2 con un promedio de respiración de 12.27 $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{día}$, pero estadísticamente diferentes a Tratamiento 4 y Tratamiento 3 con un promedio de respiración de 9.47 y 9. $\text{Mg}/\text{cm}^2/\text{día}$ siendo estadísticamente estos últimos similares.

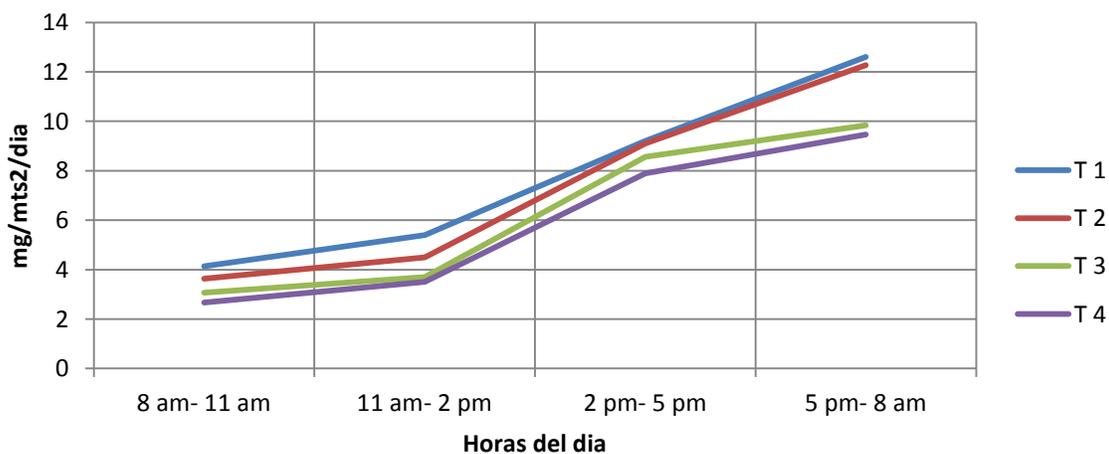


Figura 4. Comportamiento de la respiración, en los diferentes tratamientos, en los 24 días de maduración.

En la Figura 4. Se observa un comportamiento similar en los tratamientos Tratamiento 1 y Tratamiento 2, y otro similar entre Tratamiento 3 y Tratamiento 4 estos cambios son normales debido a la transformación que se está llevando a cabo según, Siqueira (1988) a través de la misma se realizan diferentes funciones como: La descomposición de los residuos orgánicos ricos en carbono, formación, descomposición y actividad heterótrofa de la biomasa microbiana que controla el flujo de Energía.

5.4 Análisis de la actividad de los microorganismos en los tratamientos a diferentes horas, a los 48 días

En el cuadro 5. Se representan en mg/cm²/día de cada una de la pilas de compost a los 48 días del periodo de maduración.

Cuadro 5. Evolución de la actividad de los microorganismos a los 48 días, en diferentes horas

Tratamiento	Promedio respirometria a los 48 días							
	R13. 8am-11am		R14. 11am-2pm		R15. 2am-5pm		R16. 5pm-8am	
T 1	2.5200	a	4.4333	a	4.5333	a	11.0667	a
T 2	1.7333	b	4.0333	ab	4.2000	ab	11.0000	ab
T 3	1.1333	bc	3.6000	bc	3.6667	bc	9.9667	bc
T 4	3.245	c	5.0667	c	9.563	c	13.023	c

Nota: promedio con igual letra no son estadísticamente diferentes (prueba LSD $p > 0.05$)

En los análisis de varianza (ANAVA) (Anexo 7, 9, 11,13) realizados para esta variable se encontró que existen diferencias significativas.

En la prueba de LSD (diferencia mínima significativa), en las horas de ocho de la mañana a once de la mañana, el Tratamiento 4 es el más alto con un promedio de respiración de 3.2 mg/mts²/día siendo estadísticamente similar al Tratamiento 3 con los promedios de 1.13 mg/mts²/día. El promedio de respiración en Tratamiento 1 fue de 2.52 mg/mts²/día siendo estadísticamente diferente al promedio de Tratamiento 2 con un promedio de respiración de 1.73 mg/mts²/día

Al realizar la prueba de LSD (diferencia mínima significativa), en las horas de once de la mañana a dos de la tarde, el Tratamiento 4 es el más alto con un promedio de respiración de 9.563 mg/mts²/día siendo estadísticamente similar al Tratamiento 3 con los promedios de 3.6 mg/mts²/día. El promedio de respiración en Tratamiento 1 fue de 4.53 mg/mts²/día siendo estadísticamente similar al promedio de Tratamiento 2 con un promedio de respiración de 4.2 mg/ mts²/día, pero estadísticamente diferentes a Tratamiento 4 y Tratamiento 1.

A los 48 días a las horas de cinco de la tarde a ocho de la mañana, el Tratamiento 4 es el más alto con un promedio de respiración de 12.6 mg/mts²/día siendo estadísticamente similar al Tratamiento 3 con los promedios de 9.96 mg/mts²/día. El promedio de respiración en Tratamiento 1 fue de 11.0612.6 mg/mts²/día siendo estadísticamente similar al promedio de Tratamiento 2 con un promedio de respiración de 11.00 mts²/día, pero estadísticamente diferentes a Tratamiento 4 y Tratamiento 3.

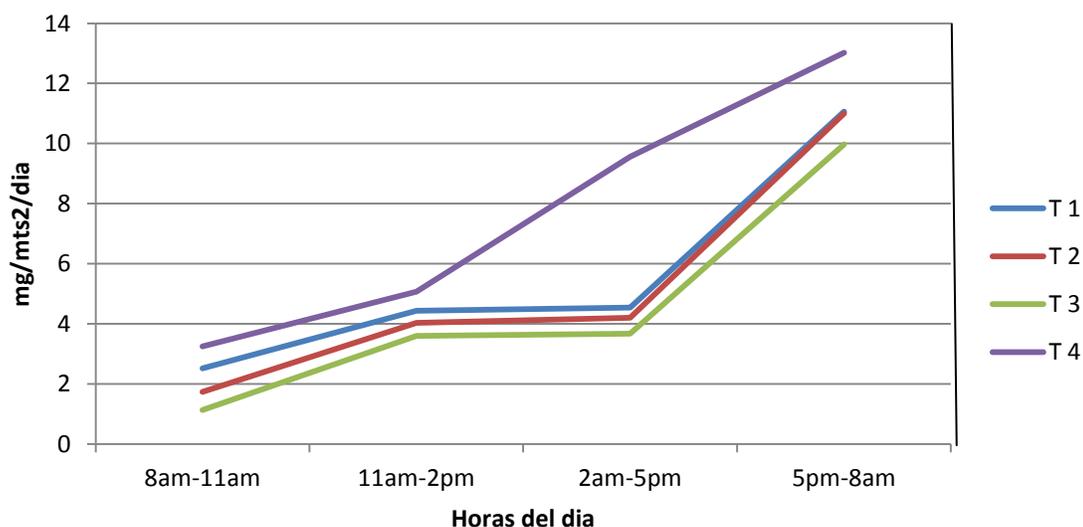


Figura 5. Comportamiento de la respiración, en los diferentes tratamientos, en los 48 días de maduración.

En la figura 5 .Se observa un comportamiento similar en los tratamientos Tratamiento 1 y Tratamiento 2 y por debajo de ellos Tratamiento 3, siendo en el cual se está desarrollando una mayor respiración es el que contiene mayor proporción de carbono y su proceso de descomposición fue más tardado, como cita(Shinner et al., 1995) el desprendimiento de CO2 es una medida de la actividad biológica total del suelo, y es uno de los parámetros más frecuentes y más antiguos para cuantificar las actividades microbianas

5.6 Concentración del Carbono Orgánico en los Ácidos Fulvicos

Cuadro 6. Se representan los promedios en (%) Carbono Orgánico en los ácidos fulvicos

TRATAMIENTOS	Promedio del % de carbono orgánico en los ácidos fulvicos	
	24 Dias	48 Dias
T 1	0.623 a	0.847 a
T 2	0.433 a	0.657 a
T 3	0.340 a	0.563 a
T 4	0.200 a	0.453 a

Nota: promedio con igual letra no son estadísticamente diferentes (prueba LSD $p > 0.05$)

En los análisis de varianza (ANAVA) (Anexo 14,15) realizados para esta variable no se encontró que existen diferencias significativas.

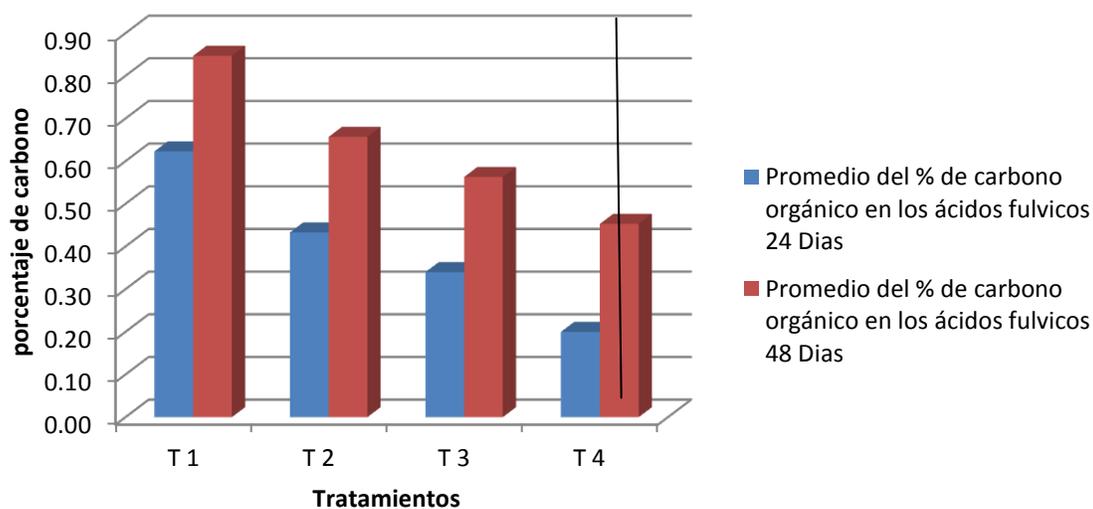


Figura 6. Comportamiento del porcentaje de carbono, en los diferentes tratamientos, en los 24 y 48 días de maduración

El tratamiento con mayor contenido de Carbono Orgánico fue el Tratamiento 1 con 0.847% que corresponde a los 48 días de maduración y el tratamiento con valores más bajos son: T4 con 0.200% y el Tratamiento 3 con el 0.340% que corresponde a los 24 días de maduración. Cabe señalar que los resultados presentan un comportamiento adecuado con el nivel de descomposición del compost, en el cual Tratamiento 4 presenta los valores más bajos debido a la poca transformación de los materiales orgánicos, también por el contenido de los mismo ralentizara el proceso(mayor contenido de carbono).

VI. CONCLUSIONES

Los mejores rangos de pH, temperatura, contenido de humedad establecidos para un buen compost fueron los del tratamiento 1 con relación carbono/nitrógeno 20.1

El tratamiento que presentó mayor respiración fue el de relación carbono/nitrógeno 20.1 a los 24 días de maduración, siendo así su proceso de descomposición mayor que los demás.

Los mejores rendimientos de ácidos fulvicos se encontraron en el tratamiento 1 con relación carbono/nitrógeno 20.1, a los 48 días de maduración.

VII. RECOMENDACIONES

Probar con otras soluciones de extracción, para la lectura de elementos presentes en las sustancias húmicas.

Probar con menores y mayores tiempos de maduración de compost tomando como referencia los usados en este experimento.

Realizar ensayos con los ácidos fúlvicos a nivel de plántulas y suelo, con diferentes dosis, para conocer en si cuales son los efectos seguros sobre sus propiedades.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

AIKEN, G. R., McKNIGHT, D. M., WERSHAW, R. L., MacCARTHY, P. 1985. An introduction to humic substances in soil, sediment, and water. *In* Humic substances in soil, sediment, and water: Geochemistry, isolation and characterization. G. R. Aiken et al. (Eds.) Wiley-Interscience, New York. pp:1- 9.

ATTRA, 2007, Manejo sostenible de suelos, SERVICIO NACIONAL DE INFORMACION DE AGRICULTURA SOSTENIBLE. 40 pag.

Barrios, E. 2001. Calidad de recursos orgánicos, descomposición, disponibilidad de nutrientes y respuesta de los cultivos. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. En publicación electrónica. Sociedad Cubana de Ciencia del Suelo. Cuba.

CADAHIA, C. (1998), Fertirrigación Cultivos Hortícolas Y Ornamentales. España.

Cairo, P.; Malbis Carvajal & J. Machado. 1996. Como mejorar la bioestructura de los suelos degradados de la provincia de Santic Spiritus. *Rev. Agricultura Orgánica*, (3): 7-8.

Cairo. C. P. y O. Fundora. 1994. Edafología. Ed Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana: 475 p.

Crespo, G.; I. Rodríguez; J. Ortiz.; V. Torres; G. Cabrera. 2002. Contribución al conocimiento del reciclaje de los nutrientes en el sistema suelo-pasto-animal en Cuba. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. Cuba. 72 p.

Dabin B. (1971). Étude d'une méthode d'extraction de la matière humique du sol. Sci. Sol. 1, 47-48.

España, 2003. Aprovechamiento de los residuos orgánicos: el compost. En sitio: <http://www.iespana.es>.

FAO. 2001. La vida en los suelos. En sitio: <http://www.fao.org/ag/esp>.

FAO. 2003. Aplicación Balanceada de Estiércol a la Tierra conducente a Fertilidad Mejorada del Suelo. En sitio: <http://www.lead.virtualcentre.org>.

Farell, G. J. 1996. Sistemas Agroforestales. En: Agroecología y Agricultura Sostenible. Módulo 2: 98 p.

Fernández, J. A.; I. García; F. Martínez. 2003. Constituyentes del suelo. Fase sólida. Departamento de Edafología y Química Agrícola. Universidad de Granada. España. En sitio: <http://edafología.ugr.es>

Funes, F. y D. Hernández. 1996. Algunas consideraciones y resultados sobre la elaboración y utilización del Compost en fincas agroecológicas. Rev. Agricultura Orgánica, (1): 8-12.

Gonzales J,(SF), Compost, Servicio de Educación Ambiental granja ecológica, Montevideo.

Hernández, M. E. y D. López. 1995. Respiración edáfica y aportes de materia orgánica por las raíces y hojarasca en un cultivo de caña de azúcar. *Agronomía Tropical*, 45 (1): 121-141.

Jeavons, J. 1996. Sustentabilidad. *Rev. Agric. Orgánica*. (1): 25.

Leal, N. y C. Madrid de Cañizalez. 1998. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agronomía Tropical*, 48 (3): 335-357.

LEXUS, (1998), *Horticultura*, Biblioteca de la Agricultura, Barcelona (España) Segunda edición. pág. 25

MacCARTHY, P., CLAPP, C. E., MALCOLM, R. L., BLOOM, P. R. 1990. An introduction to soil humic substances. *In* Humic substances in Soil and Crop Sciences: Selected readings. P. MacCarthy, C. E. Clapp, R. L. Malcolm, P. R. Bloom (Eds.). Proceedings of a Symposium by the IHSS, Chicago, Illinois, December 1985. pp:161-186.

Martínez R. García S. 2004. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL PESCA Y ALIMENTACION. México. Colegio de postgraduados

Martínez, F.; B. Calero; E. Calderón; M. A. Valera y J. A. Ticante. 2001. Transformación de los restos orgánicos en los suelos y su impacto ambiental. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. En soporte electrónica. Sociedad Cubana de Ciencia del Suelo. Cuba. 230 p.

Melillo, J. M.; J. D. Aber and J. F. Muratore. 1982. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics. *Ecology*, 63: 621-626.

Palm, C. A and P. A. Sánchez. 1990. Decomposition and nutrient release of the leaves of three tropical legumes *Biotrópica*, 22: 330-338.

Palm, Ch.; M. Swift & I. Barois. 2001. Un enfoque integrado para el manejo biológico de los suelos. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Programas y resúmenes. Sociedad Cubana de Ciencia del Suelo. Cuba. 230 p.

Perú. 2003. Abonos orgánicos. Red de acción en alternativas al uso de agroquímicos. Perú. En sitio: <http://www.geocities.com>

Prieto, Dania y C. Rodríguez. 2001. Fauna edáfica asociada a la hojarasca de la caña de azúcar en la etapa inicial de su descomposición. XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo. Programas y resúmenes. Sociedad Cubana de Ciencia del Suelo. Cuba. 230 p.

Primavesi, Ana 1984. Manejo ecológico del suelo Quinta edición. Librería "El Ateneo" Editorial Argentina. 499 p.

Ramírez F.(SF) Conceptos sobre fertilizante de suelo y fertilizantes. 14 pag.

Ruíz, M.; G. Elizalde y J. Paolini. 1997. Caracterización de las sustancias húmicas presentes en microagregados de suelos de dos toposecuencias. *Agronomía tropical*, 47 (4): 381-395.

Sánchez J. 2007. Fertilidad de suelo y nutrición mineral de plantas. 19 pag.

Soliva y Huerta, 2004, Formación de técnicos para el tratamiento y gestión de lodos depuradora valsain, CENEAM/MIMAM

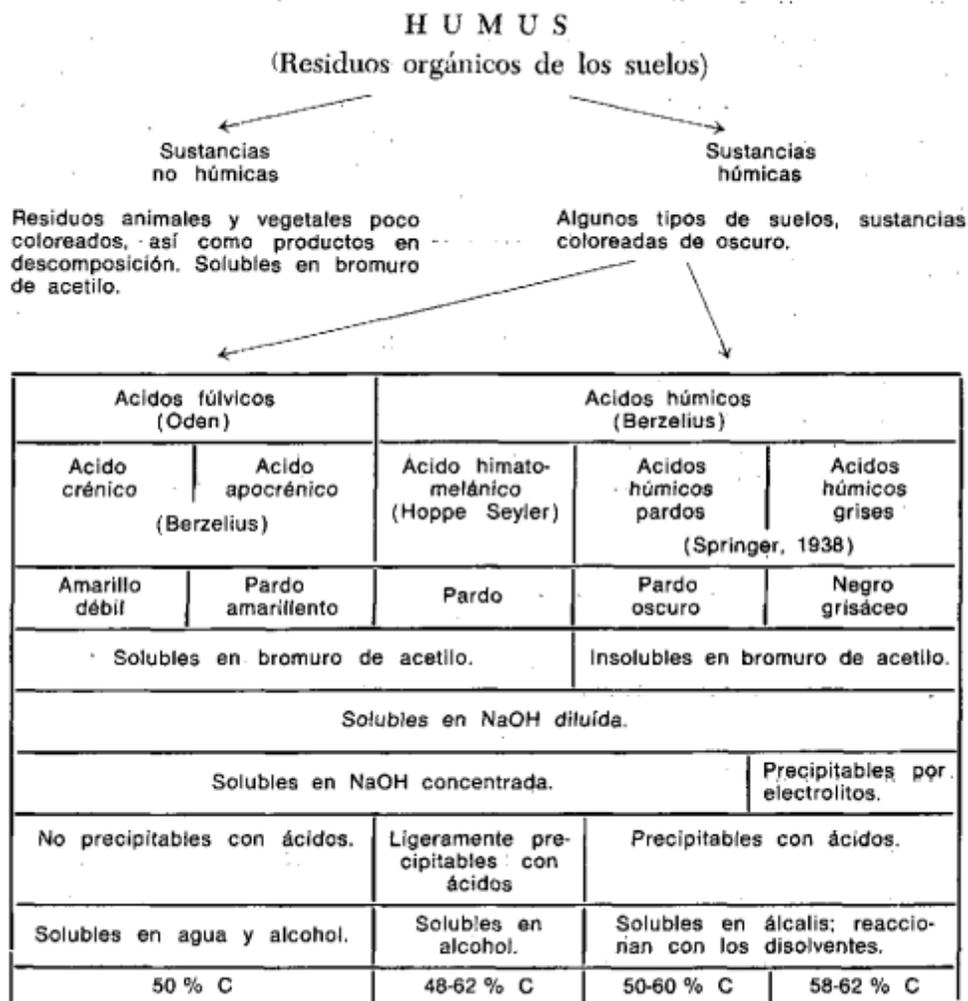
Suárez Castro, F. 1960. Valor de la pulpa del café como abono. Instituto Salvadoreño de Investigaciones del Café. Santa Tecla, El Salvador. Boletín Informativo, Suplemento N.º 5.

Veeken A., Hamelers B. 2002b. Sources of Cd, Cu, Pb and Zn in biowaste. *The Science of the Total Environment*, 300, pp. 87-98.

Vicente, C. 2003. Origen de la materia orgánica. En sitio: <http://www.terralia.com>.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Fraccionamiento de la materia orgánica



Anexo 2. ANAVA para la humedad medida a los 24 días.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	254.3333333	84.7777778	6.69	0.0142
Error	8	101.3333333	12.6666667		
Total	11	355.6666667			

$R^2 = 0.715089$ $C.V = 7.288108$ $X = 48.83333$

Anexo 3. ANAVA para la humedad medida a los 48 días.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	323.6666667	107.8888889	7.23	0.0115
Error	8	119.3333333	14.9166667		
Total	11	443.0000000			

$R^2=0.730625$ C.V= 8.878644 X= 43.50000

Anexo 4. ANAVA para el pH medida a los 24 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	11.44073333	3.81357778	66.68	<.0001
Error	8	0.45753333	0.05719167		
Total	11	11.89826667			

$R^2=7.066667$ C.V= 3.384167 X= 0.961546

Anexo 5. ANAVA para el pH medido a los 48 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	8.91801558	2.97267186	22.20	0.0003
Error	8	1.07103933	0.13387992		
Total	11	9.98905492			

$R^2=0.892779$ C.V= 4.796173 X= 7.628917

Anexo 6. ANAVA para la respiración de 8:00 am a 11:00 am medida a los 24 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	7.20666667	2.40222222	40.04	<.0001
Error	8	0.48000000	0.06000000		
Total	11	7.68666667			

$R^2=0.979474$ C.V= 7.978803 X= 2.316667

Anexo 7. ANAVA para la respiración de 8:00 am a 11:00 am medida a los 48 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	6.74250000	2.24750000	13.22	0.0018
Error	8	1.36000000	0.17000000		
Total	11	8.10250000			

$R^2=0.937554$ C.V= 8.256707 X=2.9666672

Anexo 8. ANAVA para la respiración de 11:00 am a 2:00 pm medida a los 24 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	13.04333333	4.34777778	127.25	<.0001
Error	8	0.27333333	0.03416667		
Total	11	13.31666667			

$R^2=0.832151$ C.V= 9.644692 X= 4.2750

Anexo 9. ANAVA para la respiración de 11:00 am a 2:00 pm medida a los 48 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	2.73666667	0.91222222	5.47	0.0243
Error	8	1.33333333	0.16666667		
Total	11	4.07000000			

$R^2=0.866418$ C.V= 6.109013 X=11.04167

Anexo 10. ANAVA para la respiración medida de 2:00 pm a 5:00 pm a los 24 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	7.19583333	2.39861111	7.57	0.0101
Error	8	2.53333333	0.31666667		
Total	11	9.72916667			

$R^2=0.672400$ C.V=10.33540 X= 3.950000

Anexo 11. ANAVA para la respiración medida de 2:00 pm a 5:00 pm a los 48 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	23.60916667	7.86972222	17.30	0.0007
Error	8	3.64000000	0.45500000		
Total	11	27.24916667			

$R^2=0.762986$ C.V= 6.012572 X= 10.27500

Anexo 12. ANAVA para la respiración medida de 5:00 pm a 8:00 am a los 24 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	9.82916667	3.27638889	8.58	0.0070
Error	8	3.05333333	0.38166667		
Total	11	12.88250000			

$R^2= 0.701132$ C.V= 10.73661 X= 3.783333

Anexo 13. ANAVA para la respiración medida de 5:00 pm a 8:00 am a los 48 días.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	3.09666667	1.03222222	6.26	0.0171
Error	8	1.32000000	0.16500000		
Total	11	4.41666667			

$R^2= 0.739615$ C.V= 5.458995 X= 10.30833

Anexo 14. ANAVA para la medición de los ácidos fúlvicos a los 24 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	61.0625000	20.3541667	0.91	0.4789
Error	8	179.3266667	22.4158333		
Total	11	240.3891667			

$R^2=0.336924$ C.V= 71.88144 X= 7.008333

Anexo 15. ANAVA para la medición de los ácidos fúlvicos a los 48 días

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F calculada	Pr. > F
Tratamientos	3	103.1625000	34.3875000	1.35	0.3240
Error	8	203.0266667	25.3783333		
Total	11	306.1891667			

$R^2=0.254015$ C.V= 73.30895 X= 6.458333