



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

LA RELACION CARBONO/NITROGENO COMO UN CRITERIO PARA EVALUAR EL GRADO DE HUMIFICACION DE MATERIALES ORGANICOS COMPOSTEADOS.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA AGRICOLA
PRESENTA:
CELIA VERONICA VILORIA GOMORA

ASESOR: DR. ARTURO AGUIRRE GOMEZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2002

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

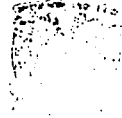
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



VIVIENDA NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. de/ Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"La relación carbono : nitrógeno como un criterio para evaluar el grado de humificación de materiales orgánicos compostados "

que presenta la pasante: Galia Verónica Victoria Gómez

con número de cuenta: 831737-2 para obtener el título de :
Ingeniera Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 6 de noviembre de 2001.

PRESIDENTE	<u>Biol. Aurora Vázquez Mora</u>	<u>Aurora Vázquez</u>
VOCAL	<u>Dr. Arturo Aguirre Gómez</u>	<u>Arturo Aguirre</u>
SECRETARIO	<u>M.C. Elvino Josefát Vega Rojas</u>	<u>Elvino Josefát</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Q. Galia Elena Valencia Islas</u>	<u>Galia Elena</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Andres Simón Marbán Bahena</u>	<u>Andres Simón</u>

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, a mi familia y también a mis amigas y amigos que por suerte son muchos.

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria, así como a sus docentes por compartir sus conocimientos y desconocimientos.

Agradezco a la Asociación Nacional de Distribuidores de Fertilizantes e Insumos Agropecuarios del Sector Social A.C., organización, que además de inspirar el tema de tesis, financio una parte de este trabajo

Agradezco de manera particular al Dr. Arturo Aguirre por su valiosa orientación y paciencia.

Por último agradezco, a Juan Hernández Zaragoza, quien también financio una parte de esta tesis.

Índice General

1. Introducción	4
2. Objetivo general y objetivos particulares	6
2.1. Objetivo general	6
2.2. Objetivos particulares	6
3. Hipótesis	6
4. Revisión de literatura	7
4.1. Antecedentes	7
4.2. Características de la materia orgánica	8
4.2.1. Propiedades bioquímicas	9
4.2.2. Propiedades físicas	9
4.2.3. Propiedades químicas	10
4.2.4. Componentes químicos de la materia orgánica	10
4.2.5. La biodegradación de la materia orgánica	11
4.2.6. La relación C/N	13
4.3. Proceso de compostaje	16
4.3.1. Descomposición anaeróbica	17
4.3.2. Descomposición aeróbica	17
4.3.3. Vermicomposta	19
4.4. La incineración de los desechos orgánicos	21
4.5. Sistema de vertedero	22
5. Materiales y métodos	23
5.1. Desarrollo del experimento	23
5.2. Diseño del experimento	24
5.3. Cronograma de actividades	27
5.4. Equipo e instrumentación	28
5.4.1. Herramientas de campo	28
5.4.2. En laboratorio (vidriería y equipo)	28
5.5. Procedimiento	28
5.6. Experimento en campo	28
5.7. Toma de muestras	29
5.8. Tratamiento de las muestras	29
5.8.1. Secado	29
5.8.2. Molido	29
5.9. Procedimiento para la determinación de carbono total	30

5.10 Procedimiento para la determinación de nitrógeno total	31
6. Resultados y discusión	34
6.1. Carbono	34
6.2. Nitrógeno	40
6.3. Relación Carbono / Nitrógeno	44
7. Conclusiones	52
8. Bibliografía	53

Índice de cuadros

Cuadro 1:	Lugares y organizaciones donde se ubican las unidades piloto del programa de la ANDFIASS	4
Cuadro 2:	Valores de la relación de C/N y otros valores (varios autores)	15
Cuadro 3:	5.3 Cronograma de actividades 1999	27
Cuadro 4:	Costos estimados de producción de una vermicomposta para 10 toneladas de material durante 4 meses	50
Cuadro 5:	Costos estimados de producción de una composta para 10 toneladas de material durante 4 meses	50
Cuadro 6:	Descripción de materiales y equipo utilizados en la producción de vermicomposta y composta	51
Cuadro 7:	Depreciación de maquinaria, equipo y pie de cría	51

Índice de figuras

Figura 1:	Microorganismos y Proceso de composteo en paja modificado de Paul y Clark, 1996	18
Figura 2:	Esquema de los tratamientos	26
Figura 3:	Cinética de estabilización de carbono en cama de vermicomposteo sin adición extra de alimento	37
Figura 4:	Cinética de estabilización de carbono en cama de vermicomposteo con adición periódica de alimento	38
Figura 5:	Cinética de estabilización de carbono en pila de compostaje	39
Figura 6:	Cinética de estabilización del nitrógeno en cama de vermicomposteo sin adición extra de alimento	41
Figura 7:	Cinética de estabilización del nitrógeno en cama de vermicomposteo con adición periódica de alimento	42

Figura 8:	Cinética de estabilización del nitrógeno en pila de compostaje	43
Figura 9:	Cinética de estabilización de la relación C/N en camas de vermicomposteo sin adición extra de alimento	47
Figura 10:	Cinética de estabilización de la relación C/N en camas de vermicomposteo con adición periódica de alimento	48
Figura 11:	Cinética de estabilización de la relación C/N en pila de compostaje	49

1. INTRODUCCIÓN

La Asociación Nacional de distribuidores de Fertilizantes e Insumos Agropecuarios del Sector Social A.C. (ANDFIASS), que asocia a organizaciones de productores agropecuarios, que compactan la demanda de los fertilizantes químicos y cubre algunas necesidades de capacitación de sus socios; ha desarrollado desde 1996 el Programa "Fertilización Alternativa", cuya finalidad es buscar e impulsar técnicas y fuentes de fertilización que mejoren la productividad de los cultivos y no deterioren el ambiente. Este proyecto fue apoyado por diversas instituciones del sector rural: como la ex Secretaría de Agricultura y Ganadería hoy SAGARPA, Secretaría de Desarrollo Social, Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (ANDFIASS, 1998)

Para implementar lo anterior se decidió concentrar los esfuerzos en 4 unidades piloto de producción de compostas, humus de lombriz y uso de aluminosilicatos (zeolitas), y después de poner en práctica éstas tecnologías, sistematizar una metodología de producción y uso de mejoradores de suelo.

Cuadro 1: Lugares y organizaciones donde se ubican las unidades piloto del programa de fertilización alternativa de la ANDFIASS

Lugar	Nombre de la Organización
Miacatlán, Mor.	SPR. Verdadera Hermandad/ ESCARSUR
Abasolo, Tamps.	Unión de Ejidos Alfredo V. Bonfil.
Salvatierra, Gto.	Servicio Empresarial Agropecuario del Bajío, S.A. de C.V.
Batopilas, Coah.	Ejido Colectivo Batopilas

La primera pregunta al intentar sistematizar una metodología de producción y uso de abonos orgánicos o mejoradores de suelo fue, ¿cuál parámetro de calidad se debería tomar en cuenta para determinar en que punto del proceso de humificación, estarían listas tanto compostas como lombricompostas, para ser aplicadas al suelo?

En este marco, la presente Tesis tiene como objetivo contribuir con el Programa de Fertilización Alternativa de la ANDFIASS, sugiriendo algún

posible criterio de calidad para el uso de abonos orgánicos y/o mejoradores de suelo.

Dado lo anterior, la ANDFIASS interesada en impulsar un programa de recuperación de suelos, utilizando mejoradores orgánicos y minerales, propuso al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) la realización de un convenio, donde el interés del PNUD para 1999 era que las organizaciones civiles realizaran propuestas de políticas públicas sobre asuntos ambientales y para la ANDFIASS era que el uso de mejoradores de suelo fuera reglamentado en términos de calidad para su uso en campo, de ese convenio nace el presente trabajo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

Evaluar la relación carbono / nitrógeno como índice de humificación de un material orgánico composteado.

2.2 Objetivos Particulares

- Estudiar la cinética de humificación de una composta aerobia y dos vermicompostas, de tal forma que permita establecer la relación estrecha entre la cinética y el proceso de humificación.
- Determinar la factibilidad de utilizar la relación carbono / nitrógeno como criterio de calidad del material composteado.

3. Hipótesis

- El proceso de vermicomposteo es más eficiente que el de composteo en lo referente a velocidad de humificación.
- La relación C/N desciende más rápido en una vermicomposta que una composta.
- La relación C/N es un parámetro confiable para determinar el grado de humificación de un material composteado.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 ANTECEDENTES

En 1997 la entonces SEMARNAP hoy SEMARNAT, dio a conocer que el 60% de la superficie del territorio nacional se encuentra en grado de erosión severa y que el 10% de las tierras de riego presentan problemas de salinización, tala clandestina, plagas e incendios frecuentes; México enfrenta problemas de degradación de tierras debido a la erosión (en sus formas hídrica y eólica), a procesos de salinización, degradación biológica, y otros procesos químicos y físicos.

Estos tipos de deterioro no sólo están alterando el potencial productivo en los lugares donde ocurren, sino que están incidiendo negativamente en las áreas de depósito de sedimentos, asolvando los vasos de almacenamiento de las obras hidráulicas, canales de drenaje y esteros, además de contaminar lagos, ríos y otros cuerpos de agua.

En ese documento, se informa que para México y América Central la erosión hídrica es responsable del 74% de los suelos degradados, seguido por la degradación química con un 11%, la degradación física con un 8% y la erosión eólica con el 7% (SEMARNAP-INEGI, 1997).

El uso inadecuado del suelo ha ocasionado, una acelerada degradación de los suelos, marcada por una disminución de la fertilidad en un 80% del territorio nacional debido entre otros factores a la poca aplicación y deficiente conservación de la materia orgánica en los suelos, a las altas tasas de erosión y escasez de cubierta vegetal.

Por tal motivo este estudio está orientado a seguir la cinética de la relación C/N y determinar qué tan factible es su uso como un criterio para evaluar el grado

de humificación de materiales orgánicos composteados, que posiblemente permita a los usuarios finales de estos, tener una mayor confianza e información sobre las compostas.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica es una de las fracciones más activas del suelo, y constituye solamente de entre el 1 y 5% de los componentes de un suelo. Esta se encuentra generalmente más concentrada en los primeros 25 cm del perfil del suelo (Pérez, 1998).

La materia orgánica se encuentra también en ambientes acuáticos como ríos, agua de mar, lagos, lagunas, desechos de drenaje y sedimentos superficiales de lagos, los que están modificándose continuamente (Otsuki 1978, citado por Cruz, 1985).

La materia orgánica en los suelos es de suma importancia ya que mejora las condiciones físicas y químicas, incrementando la retención de humedad, facilitando las labores, reduciendo las pérdidas por erosión y proporcionando nutrientes a las plantas (Fuentes, 1989). Estos beneficios se obtienen cuando se acumula y descompone materia orgánica en un suelo según indica the Potash & Phosphate Institute, (1997). En pocas palabras, un suelo con materia orgánica descompuesta es generalmente considerado como un suelo fértil, no obstante esta fertilidad se interpreta según Urbano *et. al.* (1998), como un recurso que pareciera no agotarse en el suelo y que está interrelacionado con propiedades físicas, químicas y biológicas de este, con el comportamiento de los cultivos y con el sistema de producción utilizado, teniendo en cuenta principalmente la productividad sobre la calidad de los cultivos, es decir, se considera que en un suelo fértil puede producirse con pocos insumos (economía de productos), poca labranza (economía energética) y no requiere de gran infraestructura de riego y drenaje (economía de infraestructura).

No es suficiente que un suelo sea fértil si este no tiene un mantenimiento permanente, varios autores señalan que el uso de materia orgánica humificada en la agricultura trae ventajas tales como:

4.2.1 PROPIEDADES BIOQUÍMICAS

- ✓ Tienen influencia en la permeabilidad de la membrana celular y funciona como transporte proteico de iones, que significa una entrada más rápida y selectiva de agua y elementos esenciales en la raíz.
- ✓ Incrementan el contenido de clorofila y fotosíntesis, promoviendo consecuentemente una mayor formación de ATP, aminoácidos (proteínas y enzimas), carbohidratos y proteínas, activa la respiración y ciclo de Krebs.
- ✓ Afectan positivamente la síntesis de ácidos nucleicos, influenciando consecuentemente la transpiración del RNA-m.
- ✓ Es un transportador de iones y proteínas estructurales.
- ✓ Reduce los riesgos de encharcamiento y por tanto ayuda al crecimiento de diferentes órganos, ya que parece ser que el humus tiene un mayor efecto en las raíces que en las partes aéreas de las plantas y las hojas son mayormente beneficiados que los tallos.
- ✓ La difusión de gases entre la atmósfera del suelo y la atmósfera exterior favorece la actividad de toda la población microbiana aerobia del suelo.

4.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS

- ✓ Por su color oscuro, aumenta la absorción de radiación solar, en consecuencia, los suelos ricos en humus se calientan más y mantienen un régimen térmico más estable.
- ✓ Hace más ligeros los suelos arcillosos y compactos los arenosos.
- ✓ Por su naturaleza coloidal, contribuye a aumentar la estabilidad de los agregados del suelo.

-
- ✓ La mayor estabilidad estructural se traduce en mejor permeabilidad para el agua y el aire.
 - ✓ El aumento de permeabilidad hidráulica en los suelos pesados permite que se simplifiquen las posibles aplicaciones de drenaje y saneamiento.
 - ✓ Reduce los daños por erosión hidráulica y eólica y aumenta la capacidad del suelo para retener agua.

4.2.3 PROPIEDADES QUÍMICAS

- ✓ Aumento del poder tampón del suelo y, en consecuencia, reducción de las oscilaciones del pH.
- ✓ Por su alta capacidad de intercambio catiónico, aumenta la capacidad de absorción e intercambio iónico del suelo. La capacidad para retener cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{3+} , NH_4^+ , etc.) aumenta.
- ✓ Las propiedades quelantes de los coloides húmicos permiten formar quelatos con algunos cationes, favoreciendo la fertilidad del suelo.

Dadas todas las cualidades anteriormente señaladas, en la última década en México se ha revalorado el uso de la materia orgánica en la agricultura, dando paso a la llamada agricultura orgánica (Gómez, 1996).

4.2.4 COMPONENTES QUÍMICOS DE LA MATERIA ORGANICA

Varios autores describen los componentes químicos de la materia orgánica del suelo como sigue:

1. Hidratos de carbono: Pentosas (arabionosa, xilosa)
Hexosas (glucosa, fructosa)
Oligosacáridos (almidón, celulosa)
Polisacáridos (almidón, celulosa)
Polisacáridos (arabanas, galactanas, xilanas)
Polisacáridos (sustancias pécticas)
2. Glucósidos (glucosa + alcohol: glucosa + fenol: glucosa + aldehído)

-
3. Ácidos orgánicos, sales y ésteres (ácidos oxálico, cítrico, málico, succínico, etc.)
 4. Lípidos y compuestos afines: Grasas y aceites
Ceras
Aceites esenciales
 5. Compuestos nitrogenados (proteínas, aminoácidos, aminas, purinas, pirimidinas, ácidos nucleicos, alcaloides, bases orgánicas, etc.)
 6. Pigmentos (clorofilas, carotenos, antocianinas, etc.)
 7. Ligninas (Polímeros derivados de fenilpropano)
 8. Taninos (Complejos fenólicos)
 9. Resinas
 10. Elementos minerales: Aniones (PO_4^{3-} ; Cl^- ; SO_4^{2-})
Cationes (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; K^+ ; Na^+ ; Fe^{3+} ; etc.)

Por otra parte, Alexander (1991) señala que comúnmente los constituyentes orgánicos de las plantas se dividen en 6 grandes categorías: la primera es la celulosas que constituyen de entre un 15 y 60% del peso seco, la segunda es la hemicelulosas que se encuentran en un rango de 10 a 30%, la tercera son las ligninas que constituyen entre un 5 y 30% según el tipo de plantas, la cuarta es la fracción soluble en agua que incluye azúcares, aminoácidos, ácidos alifáticos también de entre un 5 y 30%, la quinta son éteres y alcoholes solubles en agua como grasas, aceites, resinas, pigmentos y la sexta son las proteínas. Según Kononova (1981), los procesos de descomposición que sufren los componentes orgánicos son la oxidación y fermentación.

4.2.5 LA BIODEGRADACION DE LA MATERIA ORGANICA

Según Álvarez *et. al.* (1994), Ortega (1979) y otros autores, los productos de la biodegradación de los residuos orgánicos, son la biomasa microbiana, los bioproductos microbianos y los humatos resistentes como ácidos fúlvicos, húmicos y huminas.

Humina es aquella parte de la materia orgánica que no es fácilmente extraída ni con soluciones alcalinas ni con soluciones ácidas, tiene una reducida capacidad de reacción y se encuentra en bajas cantidades en el humus.

Ácidos húmicos es la fracción del humus que es soluble en álcalis e insolubles en ácidos minerales. Llega a representar hasta el 80 % del humus.

Ácidos fúlvicos es la fracción del humus que es soluble en agua y en pH tanto alcalinos como ácidos.

Así mismo, dependiendo de la relación C:N:P:S, se liberan con mayor o menor facilidad iones de diversa naturaleza tales como los SO_4^{2-} , NH_4^+ , PO_4^{3-} y CO_2 (Paul y Clark, 1996).

La materia orgánica sufre una primera evolución que la transforma en humus, luego una segunda etapa en la que continua descomponiéndose hasta convertirse en elementos minerales. La primera etapa se denomina humificación y la segunda, mineralización.

Según Urbano (1999), y Aguirre (1985) el término "materia orgánica del suelo" (MOS), se refiere a todos los residuos de naturaleza orgánica presentes en el suelo. Esta MOS puede encontrarse en alguno de los siguientes estados:

- **Materia Orgánica sin transformación;** se refiere a los residuos de naturaleza vegetal (raíces, tallos, hojarasca, etc.) y animal (deyecciones, cadáveres, gusanos, lombrices, insectos, etc.) que no han sufrido aún ninguna transformación, siendo la relación carbono / nitrógeno (C/N), superior a 30.
- **Humus joven;** se refiere a residuos de naturaleza orgánica que han sufrido algunas transformaciones debido a la acción física, química y biológica de

la humogénesis pero que se encuentran sólo parcialmente descompuestos. Este humus joven también es llamado humus libre o fracción ligera, presentando una relación C/N superior a 15.

- Humus estable; se refiere a los residuos de naturaleza orgánica que han sufrido una transformación intensa y ya no es posible reconocer en ellos su estructura original. En el humus estable la relación C/N se encuentra alrededor de 10.

4.2.6 LA RELACIÓN C/N

Como se puede ir deduciendo, la relación C/N se va reduciendo conforme avanza el proceso de descomposición o de humificación.

Dada la tendencia de la relación C/N, Urbano (1999) y otros autores sugieren que el índice para caracterizar el grado de humificación de un material orgánico podría ser la relación que existe entre la cantidad de carbono orgánico y el nitrógeno total de ese material, en principio, otros autores señalan que adicionalmente podría observarse la relación entre el carbono orgánico y fósforo total, Kalbitz, *et. al.* (2000), o bien entre carbono orgánico y nitrógeno orgánico, Hoitink y Kuter (1986). En este caso es importante también determinar el grado de mineralización del nitrógeno y determinar en que grado está disponible, He *et. al.* (2000).

Por otra parte, autores como Broadbent (1986) señalan que la relación C/N sirve para determinar el nivel de mineralización de la materia orgánica en descomposición; Hoitink y Kuter (1986) y Chen (1986) afirman que comúnmente se utiliza esta relación para determinar el grado de madurez y estabilidad de la materia orgánica composteada, sin embargo Hoitink y Kuter (1986) mencionan que este índice es insuficiente para determinar el grado de madurez y que más bien sirve para determinar el grado de estabilidad de la materia orgánica en descomposición, otros criterios sugeridos para determinar

el grado de madurez y estabilidad de la materia orgánica son obtener un extracto acuoso de las sustancias húmicas y determinar su relación E_4/E_6 y su interrelación con la relación C/N (Saviozzi, *et. al.* 1987 y Witter y López 1987), determinación de la capacidad de intercambio catiónico del material composteado (Estrada, *et. al.* 1987) y con base en la respuesta de los cultivos cuando un material composteado es aplicado al suelo, Raviv, *et. al.* (1987). Cabe señalar que comercialmente se considera que un material composteado tiene caducidad de un año, como material biológicamente activo, sin embargo también faltan estudios que den mayor precisión al respecto.

Parece ser que los factores que motivan el cambio progresivo de la relación C/N son:

- ✓ En el proceso de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por los microorganismos que consumen ésta para obtener energía se da preferencia a los componentes carbonaceos, ya que es el elemento que requieren en mayor cantidad los microorganismos durante la degradación de los compuestos orgánicos Raviv *et. al.* (1987), en segundo término es consumido el nitrógeno, elemento fundamental para la formación de proteínas protoplasmáticas. El nitrógeno consumido es regresado a la materia orgánica al morir los microorganismos.

- ✓ La oxidación de las cadenas carbonadas, también proporciona energía y desprenden CO_2 , que pasa a la atmósfera, este desprendimiento es el que hace que se reduzca el nivel de carbono orgánico y provoca la reducción de la relación C/N según Urbano (1999).

Por otra parte, algunos autores mencionan, que los valores de la relación C/N están estrechamente relacionados con el clima, donde la relación C/N es más elevada en climas fríos y secos que en climas cálidos y húmedos.

También se menciona que la relación C/N, tiene valores más altos en el subsuelo que en los horizontes superficiales, lo cual es bueno para los cultivos, ya que en estos horizontes se desarrolla el área radicular.

La relación C/N también tiene que ver con el tipo de materia orgánica, por ejemplo el tipo de estiércol que seguramente está relacionado con la alimentación del animal y el aparato digestivo de éste e incluso edad, Simpson (1991), como puede observarse en el siguiente cuadro:

Cuadro 2: Valores de la relación de C/N y otros valores (varios autores)

TIPO DE MATERIAL	CONTENIDOS				
	M.O. %	REL. C/N	NITROGENO %	P ₂ O ₅ * %	K ₂ O * %
POLLINAZA	54.00	10	3.04	1.70	1.89
CERDAZA	45.00	17	3.9	0.45	0.50
ESTIERCOL VACUNO	62.11	16	1.92	1.01	1.62
ESTIERCOL BORREGO	56.49	39	2.13	1.28	3.67
BAGAZO DE CAÑA	58.40	22	1.49	0.28	0.99
PULPA DE CAFÉ	86.97	25	1.91	0.17	0.02
PAJA DE FRIJOL	94.68	32	1.63	0.29	1.94
CASCARA DE ARROZ	54.55	39	0.78	0.58	0.99
ASERRIN DE MADERA	93.45	<100	0.06	0.01	0.01

* Nomenclatura que se utiliza dada la técnica analítica utilizada, sin embargo estos son valores equivalentes a fósforo o potasio disponible.

Como se puede deducir, el proceso de humificación de la materia orgánica es muy complejo, por ello el humus es uno de los productos que hasta ahora el hombre no ha podido producir por síntesis, Bellapart (1988). Los procedimientos antropogénicos utilizados solo han servido para acelerar este proceso Santamaría (2000), o bien para hacer desaparecer la materia orgánica, que acumulada y sin ningún proceso, es un problema para los centros de población, esto problemas básicamente se refieren a que la materia orgánica puede generar microorganismos patógenos para la salud humana, Raviv, *et. al.* (1987) Algunos de los procedimientos más comúnmente utilizados son:

- a. Compostaje (tradicional y el vermicomposteo).
- b. La incineración de desechos orgánicos.
- c. Los de vertedero.

4.3 PROCESO DE COMPOSTAJE

Según Zucconi y de Bertoldi (1987) el compostaje se define como un proceso biooxidativo controlado que involucra la descomposición de sustratos orgánicos heterogéneos en estado sólido, que promueve el paso de la materia orgánica a través de una fase termófila en la que se liberan temporalmente fitotoxinas y en el que se produce principalmente bióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estable también llamada composta, por su parte composta es definida como un producto estable y saneado (de micro organismos dañinos para la salud humana), producto de un proceso de composteo y que beneficia el cultivo de plantas. Este producto inicialmente sufre una descomposición acelerada y que es parte del proceso de humificación.

Por otra parte Valencia define el composteo en su clase de suelos, como el proceso durante el cual el hombre agrupa residuos orgánicos de origen y características variadas, con el objeto de provocar su transformación y descomposición, acelerando por medio de la acción de poblaciones microbianas heterogéneas, en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación, tratando de semejar la degradación natural de la materia orgánica del suelo.

Así mismo define a la **composta** como un material en apariencia semejante al suelo, que proviene de la degradación microbiológica acelerada y controlada de muy diversos materiales orgánicos con la intervención activa del hombre, el que posteriormente la utilizará para adicionar al suelo como mejorador.

Según señala Cruz (1999), el compostaje o la aceleración de la descomposición de desechos orgánicos, que fue estudiada inicialmente por Howard en 1935, puede realizarse mediante 2 procesos básicos:

- ✓ Descomposición anaerobia (sin presencia de oxígeno)
- ✓ Descomposición aerobia (con presencia de oxígeno)

4.3.1 DESCOMPOSICIÓN ANAERÓBIA

Los microorganismos utilizan para la respiración y la fermentación el O_2 , que existe en la materia orgánica hasta consumirlo totalmente, pues en este tipo de descomposición la materia orgánica se cubre y cierra herméticamente, para que no entre más oxígeno, esto provoca la generación de olores desagradables dada la formación de gases, como el H_2C (ácido sulfhídrico) o el CH_4 , (metano), gases originados al descomponerse los aminoácidos sulfurados, pudiendo este último gas, ser utilizado como combustible (biogas). Una vez terminada la formación del biogas, también se obtiene un biofertilizante de los materiales residuales (ANDFIASS, 1997).

Este tipo de descomposición es más eficiente que la fermentación aeróbica (Otsuki and Hanya 1972, citado por Kalbitz, *et. al.*, 2000), en lo referente a conservación de nutrientes y tiempo de descomposición, sin embargo produce olores muy fuertes, lo que hace incomodo su uso y manejo (Aguirre, 1985).

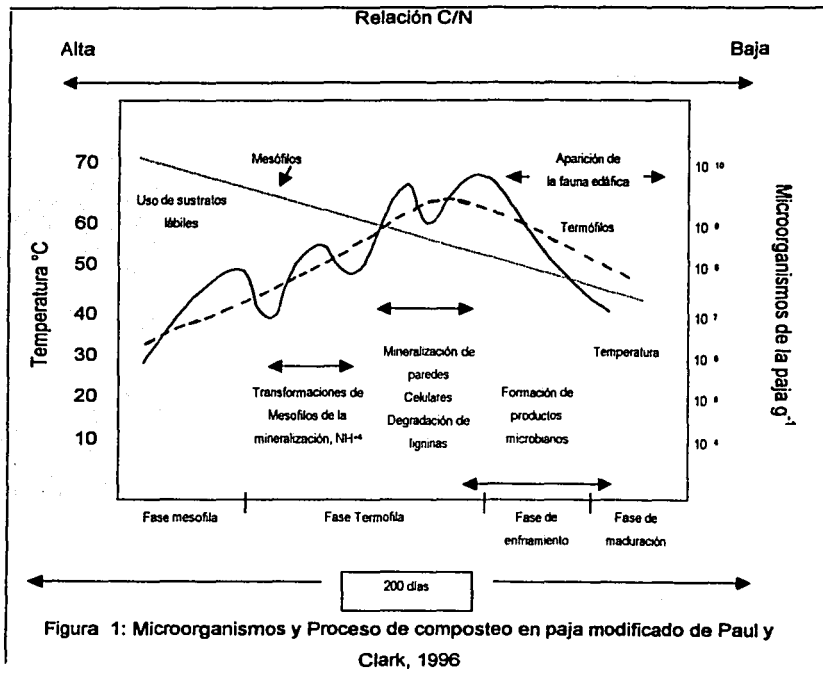
4.3.2 DESCOMPOSICIÓN AERÓBIA

También llamado proceso de composteo, es la fermentación al aire libre de la materia orgánica, mediante un proceso donde la acción de los microorganismos depende de la presencia del O_2 y de otras condiciones tales como temperatura, humedad, pH, tipo de material y concentración de nutrientes disponibles. Todos estos factores ocurren de manera simultánea y la eficacia en la elaboración de composta se basa en la interrelación de los mismos. Finalmente, es importante saber que a partir de todo tipo de residuos orgánicos es posible obtener un mejorador de suelos, oscuro, estable, sin mal olor, listo para ser utilizado en cualquier cultivo sin causar daño y que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

En el proceso de composteo aeróbico se desarrolla una flora microbiana muy compleja y variada que aparece según las condiciones de la composta en el

tiempo (Paul y Clark, 1996), para entender esto se plantean cuatro etapas fundamentales que ocurren en el proceso de composteo :

- Etapa Mesofila
- Etapa Termofila
- Etapa de Enfriamiento
- Etapa de Maduración



Como se observa en la figura No. 1, durante la primera etapa se desarrolla la flora mesófila, con el consiguiente aumento de la temperatura y disminución del

pH. En la etapa termófila, la temperatura comienza a elevarse debido a la fermentación, dada por la acción biológica de bacterias y hongos, llegando a alcanzar hasta 70°C o más, siendo la temperatura ideal de 50 a 65°C, según de Raviv, *et. al.*, (1987). Una vez que empieza a agotarse el material biodegradable se produce el enfriamiento y por último durante la maduración (que se desarrolla en ambiente mesófilo), se producen complejas reacciones de condensación que conducen a la formación de compuestos estables y complejos conocidos como humus y más específicamente ácidos húmicos. Para alcanzar estas temperaturas es fundamental la forma de la composta, preferentemente haciendo pilas de forma piramidal, de entre 1.5 y 2 metros de altura, Raviv, *et. al.*, (1987), Bidlingmaier, *et. al.*, (1987) y la granulometría de los materiales a compostear, de entre 80 y 250 mm, Blingnieres (1987).

Los organismos participantes en el proceso son fundamentalmente hongos, (mohos y levaduras), bacterias (autótrofas y heterótrofas) y algas.

Con el uso de este tipo de fermentación, el proceso de composteo dura aproximadamente de 3 a 5 meses. La baja producción de olores, es lo que ha hecho que esta forma de composteo sea la más comúnmente utilizada.

4.3.3 VERMICOMPOSTA

Otra alternativa para el composteo de los desechos orgánicos es el uso de lombrices de tierra, práctica que ya en 1777 fue iniciada por White; (Russell's, 1988), quién observó que las lombrices de tierra descomponían residuos más o menos frescos, aunque otros autores señalan que los Egipcios habían ya reconocido la importancia de las lombrices en relación con la fertilidad de los terrenos de cultivo, más tarde diversos autores han dicho que estos anélidos pueden degradar prácticamente cualquier residuo orgánico no tóxico, como papel, estiércol y lodos activados, entre ellos Chee (1997) y Pineda, (1994). Con este proceso, según Paul y Clark, (1996) se incrementa el contenido de

nitrógeno, lo que provoca la estabilización de la vermicomposta en poco tiempo, sin embargo Quintero, *et. al.*, (1999), señalan que si bien la vermicomposta promueve el desarrollo de microorganismos nitrificantes, inhibe los microorganismos que promueven la degradación del carbono.

Jeavons (1991) señala que la composta de lombriz es enriquecida con minerales, convertibles o asimilables, si ésta es comparada con la comida que se dio inicialmente a las lombrices, conteniendo ésta 2 veces más calcio, 11 veces más potasio y 3 veces más magnesio. Según Bellapart (1988) los nitratos aumentan 5 veces y los fosfatos 7 veces, donde la lombriz pasa estos nutrientes de la forma insoluble o no disponible a una forma soluble o disponible. Por otra parte, según Chee (1997) la relación C/N disminuye más rápidamente en una vermicomposta que en una composta.

La lombriz utilizada comúnmente para la producción de humus de lombriz en grandes cantidades es el llamado híbrido rojo californiano (*Eisenia foetida*) en primer término y la roja africana (*Edrilus eugeniae*) en segundo nivel de importancia, sin embargo, existe literatura que señala que la lombriz que actualmente se comercializa como roja californiana es realmente un conjunto de lombrices que cohabitan, y que por su voracidad son utilizadas para explotaciones comerciales, este complejo de lombriz está formado por *Eisenia foetida* y *Eisenia andrei*, así mismo existen lombrices locales que se mezclan en el cultivo como es el caso de *Peryonix excavatus* que se encuentra en nuestro país principalmente en regiones cafetaleras. (Müller, *et. al.*, 1997).

Las características más importantes del híbrido rojo californiano son: que no escapa del cultivo, ya que es una especie doméstica, que tiene gran resistencia a condiciones ambientales, tiene un ciclo biológico corto (alcanzan su madurez sexual a los 5 meses), tiene una alta tasa de crecimiento y reproducción, gran producción de lombrices por capullo, puede cohabitar con

altos niveles de densidad de población, se adapta fácilmente al manejo de los seres humanos, se alimenta de materia orgánica en descomposición y es muy productiva ya que llega a comer mas de 10 veces al día, (Müller, *et. al.*, 1997 y Bellapart, 1988), lo que la hace una especie ideal para la producción de vermicomposta en grandes extensiones de terreno, obteniendo además buen rendimiento.

4.4 LA INCINERACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS

La incineración de desechos orgánicos, que consiste en calcinar éstos desechos orgánicos y posteriormente utilizar sus cenizas. Según Bellapart (1988), este procedimiento debería estar prohibido ya que más bien elimina materiales orgánicos que pudieran ser utilizados más adecuadamente en un proceso de composteo. Por otra parte, Jeavons (1991) recomienda la incineración, pero sólo de desechos orgánicos infestados por alguna plaga o enfermedad o bien de plantas consideradas malezas muy persistentes y las cenizas resultantes incorporarlas a la composta.

4.5 SISTEMA DE VERTEDERO

El sistema de vertedero, desde el punto de vista ecológico, geológico y geográfico, según Bellapart (1989), consiste en la acumulación de los residuos orgánicos en un lugar adecuado, de tal manera que no afecte a poblaciones cercanas. Estos residuos se acomodan de tal forma que posteriormente puedan ser compactados con maquinaria pesada, en algunas zonas también llamados rellenos sanitarios. Este procedimiento supone de principio la desaparición de los desechos que generalmente no están separados, aquí se encuentran materia orgánica, vidrio, plástico, metales, además de otros materiales que no podrán ser reciclados.

El sistema de vertedero podría tener algunos ajustes para reciclar la materia orgánica, siempre y cuando los materiales estén separados.

Como podrá concluirse, existe en la literatura información dispersa sobre las generalidades del proceso de humificación de la materia orgánica y algunos otros procesos antropogénicos para acelerar éste. Sin embargo, en lo referente al proceso de compostaje (anaerobio, aerobio y vermicomposta), según la revisión de literatura realizada, existen pocos estudios comparativos detallados, sobre cuál proceso es más eficiente, por lo que el presente trabajo, tiene como objetivo evaluar la cinética de humificación de una composta aeróbica tradicional y su comparativo con la cinética de una vermicomposta, y con base en ello determinar cual de éstos dos métodos podría ser más eficiente en términos de tiempo, tomando como un indicador de la estabilidad de la composta la cinética de la relación C/N.

5. MATERIALES Y METODOS

5.1 DESARROLLO DEL EXPERIMENTO

Aunque se han publicado gran cantidad de textos sobre elaboración de compostas y vermicompostas, así como de su importancia en la fertilización orgánica, se ha escrito poco sobre los cambios físicos y químicos que sufre la materia orgánica durante el proceso de descomposición (Chee, 1997), los posibles criterios de calidad para su uso, o sobre cuál es el más eficiente, desde el punto de vista químico o de velocidad de humificación, siendo ésta una de las razones por las que se plantea el presente trabajo.

Según la revisión realizada, existen contradicciones sobre los parámetros de calidad estándar que los materiales composteados y vermicomposteados deben satisfacer. Particularmente en México, estas consideraciones no han sido tomadas en cuenta en el momento de la comercialización de las compostas y/o vermicompostas, por lo que pueden sugerirse algunos criterios a tomar en cuenta ya conocidos y que en México no están estudiados a cabalidad. Algunos de estos son:

pH del material

Contenido de nitrógeno

Relación C/N y la relación carbono orgánico / nitrógeno orgánico

Relación C/P

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Contenido y tipo de microorganismos (aspectos biológicos y sanitarios)

Granulometría y humedad (aparición física)

Cantidad y tipo de enzimas (reguladores del crecimiento)

Estabilidad y Madurez

Tiempo de composteo

Granulometría del material a compostear

No. de lombrices por m² o por volumen de material y desarrollo de la población

Indicadores de campo como índice de germinación, biomasa vegetal, rendimiento y calidad.

La intención de determinar rangos (C/N, CIC, etc.) de calidad de una composta o vermicomposta, tiene como objetivos, por un lado determinar para cada material el método de aceleración de la descomposición más adecuado y por otro lado definir los índices que indicaran cuándo es el mejor momento de usar en campo cada material, todo ello de alguna forma se utiliza en campo sin embargo no hay un estándar oficial y ello dificulta por un lado normar el uso y por otro generar una política pública adecuada para la elaboración y uso de estos materiales en la agricultura nacional.

5.2 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Lugar donde se desarrolló el experimento : Unidad de Producción de Humus de Lombriz de la ANDFIASS A.C. en Salvatierra, Guanajuato.

El diseño y distribución de los tratamientos fue mediante el modelo bloques al azar, De la Loma (1982), determinando 3 tratamientos, que consistieron en :

Tratamiento 1 sin comida: 5 réplicas de camas de producción de vermicomposta, con una densidad de población de 32 mil lombrices (híbrida roja californiana), por metro cuadrado, utilizando la semi composta, necesaria para alimentar esta población por un periodo de quince días. Se tomaron muestras verticales cada martes y viernes por un lapso de 100 días, sin aplicar más alimento que el inicial.

Tratamiento 2 con comida: 5 réplicas de camas de producción de vermicomposta, con una densidad de población de 32 mil lombrices (híbrida roja californiana) por metro cuadrado, con la semi composta, necesaria para

alimentar la población por quince días y alimentar cada 7 días con el volumen de alimento para esta población, se tomaron muestras verticales cada martes y viernes antes de alimentar , se alimentaron cada viernes, por un periodo de 100 días.

Tratamiento 3 composta inicial: Esta fue la composta inicial, que se volteó y regó cada 10 días, los primeros 20 y después cada 21 días, de aquí se tomó material para alimentar las camas con comida, muestreándose cada martes y viernes durante 80 días más, hasta completar 100 días.

De cada muestra se midió: porcentaje de carbono, porcentaje de nitrógeno, se calculó la relación C/N y se tomó la temperatura al momento del muestreo.

Todas las muestras fueron congeladas y se realizaron las determinaciones de nitrógeno y carbono de éstas.

Figura 2 : Esquema de los tratamientos

Composteo iniciado el día 15 de enero de 1999



1.5 toneladas

A los 21 días, se dividió la composta en dos partes (1 de febrero de 1999)



1 tonelada

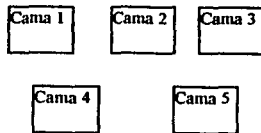


0.5 tonelada

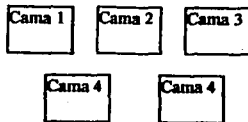
Esta se siguió composteando por 80 días más

Ésta se dividió en 10 camas de producción de humus de lombriz con 2 tratamientos

Tratamiento 1 (Tvsc): Solo alimento inicial



Tratamiento 2 (Tvcc): Con alimento cada 7 días, además del inicial.



Tratamiento 3 (Tc): Composta inicial



1 tonelada

Los tratamientos 1 y 2 se regaron cada tercer día, el tratamiento 3 cada 21 días.

5.3 Cuadro 3: CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 1999

ACTIVIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL
CARGA Y DESCARGA DE ESTIERCOL FRESCO	8			
MONTAJE: PRIMERA MUESTRA	15			
SEGUNDA: MUESTRA		22		
TERCERA MUESTRA			29	
CUARTA MUESTRA, DIVISION DEL MATERIAL Y MONTAJE DE 10 CAMAS DE PRODUCCION DE HUMUS			5	
MUESTREO		11	16	23
MUESTREO ALIMENTACION EN CAMAS		12	19	28
ANALISIS LABORATORIO				23
PROCESAMIENTO DE DATOS Y RESULTADOS				

DIAS TRANSCURRIDOS 0 | 1 | 7 | 14 | 21 | 28 | 35 | 42 | 49 | 56 | 63 | 70 | 77 | 84 | 93 | 100

5.4 Equipo e instrumentación

5.4.1 Herramientas de campo

Palas, bieldos, carretilla, manguera, termómetro, báscula , medidor portátil de pH.

5.4.2 En laboratorio (cristalería y equipo)

Cristalería básica de laboratorio

Todo el material fue perfectamente lavado y tratado con una solución crómica, para que ningún residuo alterara los datos, particularmente en la determinación de nitrógeno

Equipo

Baño María con control digital de temperatura, Polyscience

Balanza granataria, Ohaus

Balanza analítica, Sauter

Estufa Blue M

Espectrofotómetro, Bausch & Lomb, Spectronic 88

Potenciómetro estándar, Corning modelo 12 con electrodos de platino (indicador) y de vidrio para pH (referencia), en la determinación de Redox de carbono.

5.5 Procedimiento

5.5.1 Experimento en campo

- Se compostearon 1.5 tons. de estiércol vacuno (70% estiércol vacuno lo que representa 1,050 y 30% rastrojo de sorgo lo que representa 450 kg), esta proporción de la mezcla fue realizada según experiencia propia.
- Se regó y volteo cada 10 días, (en este caso se hizo de esta forma para estandarizar la práctica ya que normalmente se riega según lo necesite el material)
- En el día 21 el material orgánico semi - composteado se dividió en dos partes, (una de 0.5 tons y otra de una tonelada), la primera se siguió

composteando por 80 días más, realizándose volteos y riegos cada catorce días para homogeneizar el material,

- La segunda parte de la composta se utilizó para montar 10 camas pequeñas (de 60 x 60 x 40 cm) de producción de vermicomposta, con una densidad de población inicial de 32 mil lombrices (híbrida roja californiana), por metro cuadrado, lo que representó 7,680 lombrices por cama, que se colocaron sobre costales de rafia para evitar la contaminación del material con el suelo.

5.5.2 Toma de muestras

Se muestreó 2 veces por semana a partir de que se instalaron las camas de producción de humus de lombriz, y la composta además de ser muestreada, se utilizó como alimento para las lombrices del tratamiento con comida.

5.5.3 Tratamiento de las muestras

Las muestras fueron colectadas y mantenidas en refrigeración hasta el momento del análisis.

5.5.3.1 Secado

Las muestras fueron secadas en estufa durante 24 hrs. a 100°C, posteriormente las 5 repeticiones de los tratamientos con comida y sin comida, se homogeneizaron, obteniéndose por tanto una muestra para el tratamiento con comida, otra para el tratamiento sin comida por cada fecha, más la muestra de composta.

5.5.3.2 Molido

Cada muestra fue molida, primero en un molino común de discos y posteriormente en un molino de martillos, obteniéndose un polvo fino de cada una.

5.5.4 Procedimiento para la determinación de carbono total (Houba, 1989)

1.- Se preparó 1 litro de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) 1Normal Redox, disolviendo 49.035 grs. de dicromato de potasio, pesado en balanza granataria, en medio litro de agua destilada y aforándose a un litro en un matraz con esa capacidad

2.- Se pesaron en balanza analítica 0.1 gramos de muestra, y se colocaron en tubos de ensaye de 10 ml. y se agregaron 10 ml. de dicromato con pipeta volumétrica

3.- También se prepararon dos tubos de ensaye en blanco

4.- A cada tubo se le agregaron 10 ml. de ácido sulfúrico con pipeta automática (de 5 en 5, lentamente)

5. - Se dejó en baño María por 2 horas para que se llevara a cabo la digestión

6.- Se tituló con Sulfato Ferroso $FeSO_4$, 0.5 Normal

Para titular, después de transcurridas las 2 horas, se retiraron las muestras del baño María y se dejaron enfriar. Se vació el contenido de cada tubo en vasos de precipitado, y se enjuagó el tubo 3 veces, se completó a ca. (aproximadamente) 150 ml con agua destilada, se vertió el Sulfato Ferroso en una bureta con llave. Por otra parte, el vaso de precipitado con la muestra se colocó sobre un agitador magnético, introduciendo los electrodos de vidrio y platino conectados al potenciómetro, se valoró con sulfato ferroso, hasta que el potencial redox indicó el punto de equivalencia, con un abrupto salto de 300 mV. (la muestra desarrolla un color verde esmeralda). Se tomaron los datos de los mililitros gastados en cada muestra para realizar los cálculos de % de C.

5.5.5 Procedimiento para la determinación de nitrógeno total (Houba, 1989)

- 1). En un matraz de 250 ml. se mezclaron las siguientes sustancias:
18 ml de agua destilada,
100 ml de ácido sulfúrico (vertiendo despacio y en pequeñas porciones).
La mezcla se colocó sobre un agitador magnético, para disolver, se adicionaron 6 gr. de ácido salicílico.
- 2). Posteriormente se pesaron 0.3 gr. de muestra en la balanza analítica y se colocaron en tubos de digestión.
- 3). A cada tubo se le agregaron con pipeta automática, 3.3 ml de la mezcla preparada al inicio en 1).
- 4). Las muestras se dejaron reposar toda la noche.

5). DIGESTION

- En una parrilla de calentamiento se colocaron los tubos de digestión, vigilando la temperatura con un termómetro de -10°C a 400°C ,
- Se calentaron las muestras en los tubos a 180°C por espacio de una hora
- Después, se sacaron y enfriaron,
- Se añadieron 10 gotas de agua oxigenada (H_2O_2 , peróxido de hidrógeno al 30%), volviendo a colocar los tubos sobre la parrilla. La temperatura en este punto se elevó a 280°C (justo por debajo del punto de ebullición del ácido sulfúrico) por lapso de 5 a 10 minutos,
- El agua oxigenada se evapora en ese tiempo, se sacaron nuevamente los tubos para dejar enfriar y se volvió a añadir 10 gotas de agua oxigenada, repitiendo esta operación hasta obtener completa transparencia en la mezcla de digestión,
- Cada tubo se aforo con agua destilada, en matraces, a 50 ml vertiendo el contenido del tubo en el matraz y agregando un poco de agua destilada, se dejó enfriar esta mezcla y se vertió el resto del agua hasta completar los 50 ml.

6) Determinación de nitrógeno por colorimetría :

Se prepararon los siguientes reactivos :

a.- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) = 10 mol / L

Se disolvieron 200 g de hidróxido de sodio en 400 ml de agua destilada con ayuda de un agitador magnético. Una vez disuelto, se dejó enfriar y posteriormente se aforó a 500 ml con agua destilada, en un matraz volumétrico.

b.- Solución Salicilica

Se disolvieron 110 gr. de ácido salicílico $C_7H_6O_3$, en 105 ml. de la solución (1) hidróxido de sodio y aforó con agua destilada a 250 ml. en un matraz de 250 ml. Esta solución se preparó justo antes de usar.

c.- Solución Buffer pH 12.3

Se disolvieron 26.7g de $Na_2HPO_4 \cdot 2H_2O$, fosfato monoácido di sódico dihidratado, en agua destilada y se aforó en un matraz volumétrico de 2 litros. Se adicionaron 10 ml. de la solución (1) y se ajustó el pH con esta solución.

d.- Solución EDTA

Se disolvieron 4 gramos de $Na_2EDTA \cdot 2H_2O$, en 10 ml de agua destilada

e.- Solución de Hipoclorito

Se diluyeron 20 ml. de hipoclorito en 100 ml. de agua. Preparándose el mismo día que se usó

f.- Solución de Nitroprusiato :

Se disolvieron 50 mg de nitro prusiato de sodio dihidratado. $Na_2 - (Fe (CN)_5 NO) \cdot 2 H_2O$, en 100 ml de agua destilada. Se preparó justo antes de usar.

g.- Reactivo I:

A 50 ml de solución salicílica (b), se agregaron 100 ml. de la solución de Nitroprusiato (f) y 5 ml de solución EDTA (d)

h.- Reactivo II:

A 200 ml. de Solución Buffer (c), se agregaron 50 ml. de la solución (e) (hipoclorito).

i.- Solución madre de NH_4 concentración 2,500 mg/l

Se obtuvo disolviendo 11.793 gr. de sulfato de amonio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ en 1000 ml volumétricos de agua

j. Preparación de la Serie estándar

- En 7 tubos de ensaye para 10 ml se agregaron 5 ml de H_2O destilada, 0.45 ml de ácido sulfúrico (concentrado), mezclando y dejando enfriar y se adicionaron 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 ml de la solución madre, por tubo, se completó hasta 10 ml con agua destilada. Esta serie tiene concentraciones de NH_4 de 0, 2.5, 5.0, 7.5, 10, 12.5 y 15 mg/l.

k. Modo de preparar las diluciones :

- De cada tubo de digestión, incluyendo la serie estándar se tomaron 0.2 ml (200 L) y esta sub muestra se colocó en otro tubo de ensaye respetando la secuencia. A estas submuestras se agregaron 3.0 ml del reactivo I agitándose con ayuda de un agitador magnético y posteriormente se adicionaron 5.0 ml del reactivo II, agitando nuevamente.
- Las submuestras se dejaron reposar 2 horas tiempo en que éstas desarrollaron color (verde-azul).
- Transcurrido este tiempo, con ayuda del espectrofotómetro, se tomó la lectura de la absorbancia con una longitud de onda de 660 y en un rango de 0-1, la lectura se inició con la serie estándar.

• 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Carbono

Las figuras 3, 4 y 5 muestran las gráficas del comportamiento del carbono en los tres tratamientos; a) camas de vermicomposta a las que no se agregó más comida que la inicial (Tvsc), b) camas de vermicomposta a las que se adicionó alimento cada 21 días, con la composta inicial (Tvcc) y 3) pila de composteo aeróbico (Tc). Las gráficas muestran la cinética de estabilización del carbono durante 100 días de experimentación.

Como se observa, el descenso más abrupto del contenido de carbono en los 3 tratamientos Tvsc, Tvcc y Tc se presentó en los primeros 30 días, la literatura reporta que en esta etapa se llevan a cabo en principio, la fase mesofila que implica el aumento de los microorganismos degradadores de la materia orgánica (Paul y Clark, 1996), y posteriormente la fase termófila donde se alcanzan las mayores temperaturas del proceso de composteo llegando incluso hasta 70°C, debido a la acción microbiana (Paul y Clark, 1996; Zucconi y de Bertoldi 1987 y Hoitink y Kuter, 1986). Este descenso abrupto del carbono en la primera parte del proceso, corresponde con la labilidad del carbono, ya que primero se descompone el carbono muy labil *i.e.* es decir, el carbono más fácilmente oxidable (*e.g.* azúcares simples, aminoácidos, ácidos alifáticos, proteínas), posteriormente la fracción labil (*e.g.* celulosas y hemicelulosas) y por último la fracción resistente (*e.g.* ligninas, aceites, ceras, resinas) (Rodríguez, 1993, citado por Santamaría, 2000). El carbono es consumido por los microorganismos degradadores, (Raviv, *et. al.*, 1987), inicialmente por bacterias y hongos y, ya en la fase termófila, por diversas especies de bacterias del género *Bacillus*, principalmente, (Paul y Clark, 1996).

Los 70 días siguientes, el contenido de carbono se estabilizó, mostrando un comportamiento asintótico, es decir después de presentar una caída abrupta, se estabilizó hasta convertirse en una línea recta, a medida que transcurrió el tiempo, ésta tendencia se observó particularmente en los tratamientos con y sin comida (Tvsc y Tvcc respectivamente). Sin embargo, en el caso de la composta (Tc), la tendencia del contenido de carbono continuó descendiendo.

Por otra parte, el comportamiento de las pendientes de las gráficas, nos indica que hay una mayor tasa de descomposición en el tratamiento Tc con 0.126, que Tvsc con 0.014, que Tvcc con 0.021; cabe decir que en los tres tratamientos el punto de inicio del carbono se situó en 26.4 %C para Tvsc, 26.6% C para Tvcc y 27 %C para Tc. El comportamiento de la composta coincide con las gráficas reportadas por Raviv, *et. al.*, (1986) y Blignieres (1986) para compostas de desechos urbanos y con las gráficas reportadas por Hammouda, *et. al.*, (1986) y Alexander (1991) para compostas con paja y forraje.

Así mismo, según muestran las gráficas (3-5), en los tratamientos Tvsc y Tvcc, el contenido de carbono más bajo en los últimos días del experimento, fue igual o superior a 20, mientras que para el caso de Tc el contenido de carbono más bajo es de 18.

La tendencia general de las curvas cinéticas de carbono, fue el descenso del contenido, respecto al valor inicial, siendo el tratamiento Tc más eficiente en términos de la tasa de descomposición y en términos del nivel de descomposición de carbono, alcanzando el valor más bajo. Esto podría deberse a que la lombriz inhibe la presencia de microorganismos degradadores de carbono como señalan Chee, (1997) y Quintero, *et. al.*, (2000), y también por que en el proceso de vermicomposteo no se alcanzan las temperaturas que en una composta, elemento fundamental para el proceso

de descomposición, Raviv, et. al. (1987). Lo anterior, tiene relación con la temperatura que se alcanza, sobre todo en la etapa termófila, Bidlingmaier, et. al. (1987), esta situación se da ya que las dimensiones de las camas de vermicomposta tienen la función de no permitir que la temperatura se eleve, pues la lombriz no soporta temperaturas superiores a los 35°C. Esto contradice lo reportado por Santamaría (2000), quien expone que no hay diferencia significativa en el contenido de carbono orgánico de una composta y una vermicomposta. Esta situación podría estudiarse con mayor detalle correlacionándose la presencia de poblaciones de macro y micro organismos y sus combinaciones respecto a la tasa de descomposición del carbono durante todo el proceso, así como realizar un estudio más detallado sobre las dimensiones y forma de la vermicomposta y la composta.

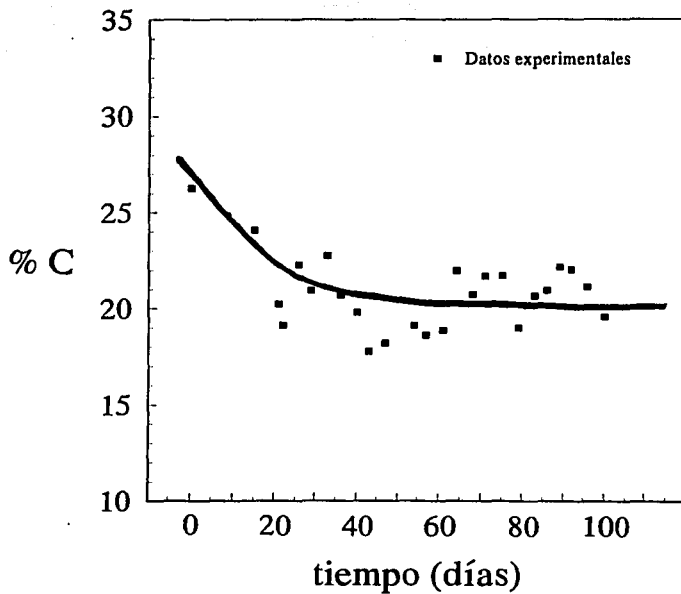


Figura 3: Cinética de estabilización de carbono en cama de vermicomposteo sin adición extra de alimento

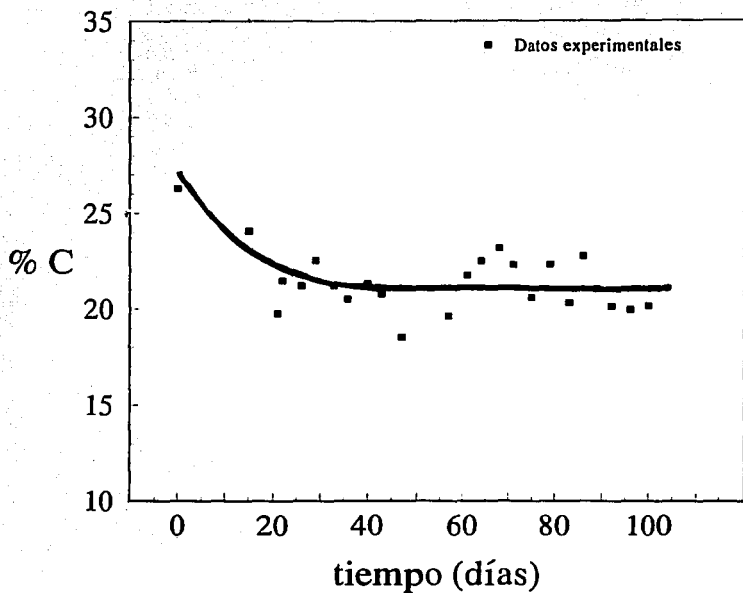


Figura 4: Cinética de estabilización de carbono en cama de vermicomposteo con adición periódica de alimento

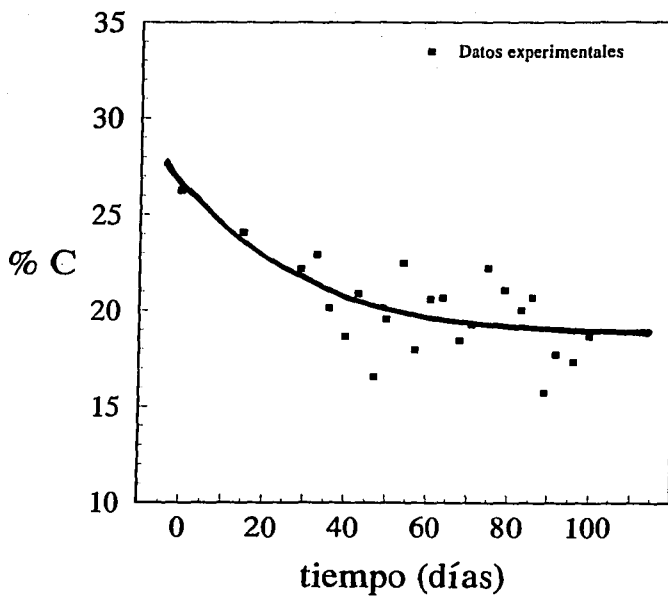


Figura 5: Cinética de estabilización de carbono en pila de compostaje

6.2 Nitrógeno

En lo que respecta al contenido total de nitrógeno, las figuras 6, 7 y 8 muestran las gráficas de la cinética de estabilización del nitrógeno para los tratamientos Tvsc, Tvcc y Tc, durante 100 días de experimentación.

En este caso, existe mayor grado de dispersión en los datos, no obstante, la tendencia general en los tres casos es una línea recta, que podría interpretarse a simple vista como que el contenido de nitrógeno total se mantuvo igual desde el inicio del experimento, particularmente para Tvsc y Tvcc. Esto coincide con lo reportado por Hammoud, *et. al.*, (1987), en su estudio de compostaje de paja. Para el caso de Tvcc, hay un ligero aumento de este elemento, coincidiendo ello, con la tendencia reportada por Alexander (1991). Sin embargo, el hecho de que el nitrógeno aparentemente no haya sufrido cambios, no significa que no haya sido consumido, más bien como reporta Chee (1997), los microorganismos parecen establecer una dinámica de consumo y reintegración del nitrógeno durante su ciclo de vida. Los microorganismos aprovechan como segunda fuente de nutrientes, después del carbono, al nitrógeno como reporta Raviv, *et. al.* (1987), volviendo a reintegrar este último elemento al momento de morir.

Podría decirse que el contenido de nitrógeno total, no se vió disminuido o aumentado por el proceso de composteo o el de vermicomposteo, esto en oposición con los hallazgos de Raviv *et. al.* (1987) y Savozzi *et. al.* (1987). Para ser más precisos en este caso, habría que realizar más estudios para diferenciar el tipo de nitrógeno que se presenta durante el proceso (NH_3 , NH_4^+ , nitrógeno disponible, nitrógeno mineralizado, etc.) y el tipo de microorganismos consumidores y fijadores de nitrógeno presentes.

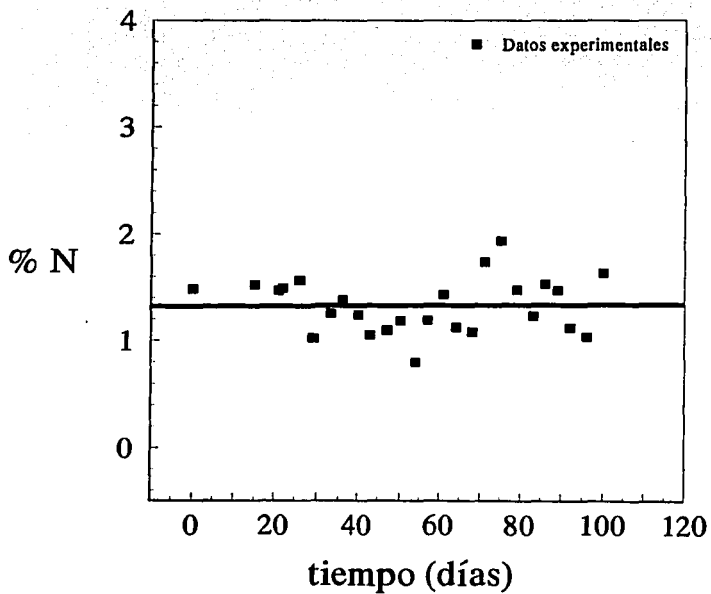


Figura 6: Cinética de estabilización del nitrógeno en cama de vermicomposteo sin adición extra de alimento

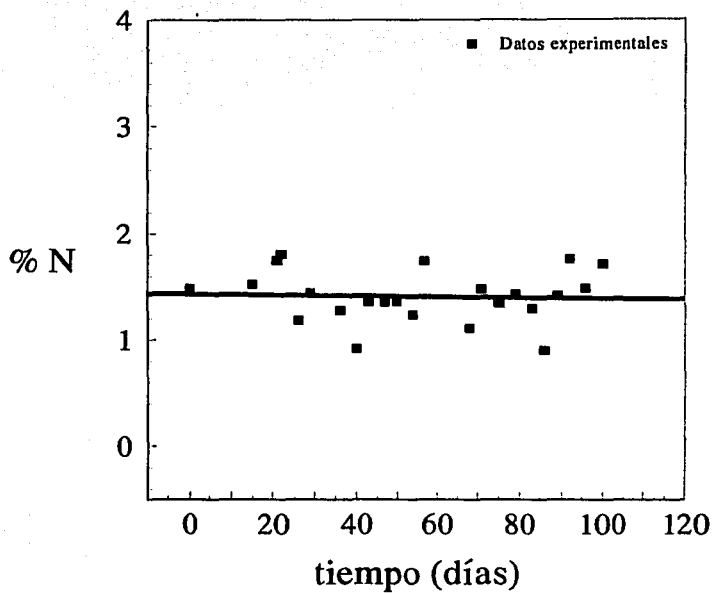


Figura 7: Cinética de estabilización del nitrógeno en cama de vermicomposteo con adición periódica de alimento

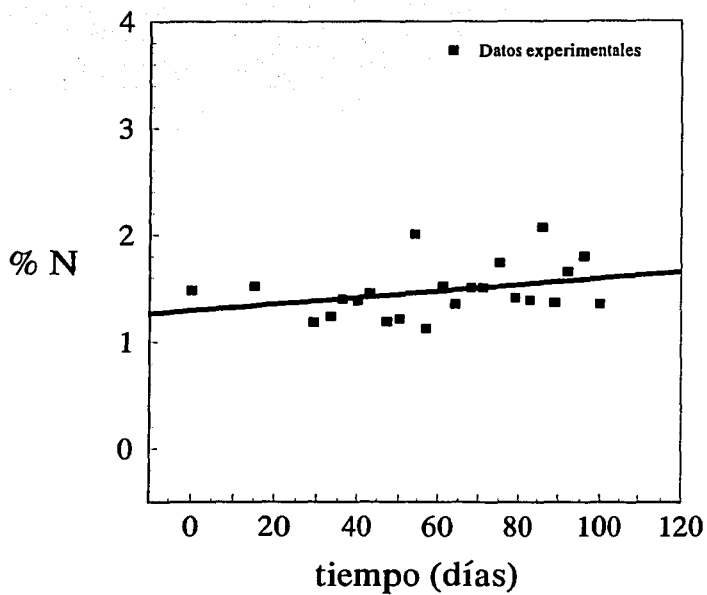


Figura 8: Cinética de estabilización del nitrógeno en pila de compostaje

6.3 Relación Carbono / Nitrógeno

Las figuras 9, 10 y 11 muestran la cinética de la relación carbono / nitrógeno en los tres tratamientos Tvsc, Tvcc y Tc durante los mismos 100 días de experimentación.

El comportamiento de la relación C/N en los tratamientos Tvsc y Tvcc son muy similares, mostrándose en línea recta, siendo ligeramente más alta al inicio del proceso y decreciendo levemente a lo largo del tiempo, en este caso la relación C/N lógicamente refleja la inter relación entre el carbono y el nitrógeno. Comparando las 3 gráficas, para cada tratamiento, podemos observar además que la relación C/N, está marcada por el comportamiento del carbono. Complementariamente, podría afirmarse en este punto que el hecho de adicionar comida a uno de los tratamientos no representó diferencia, es decir que en las camas de vermicomposta, sin adición extra de alimento, la lombriz sólo utilizó el alimento inicial durante los casi 4 meses de experimentación y la relación C/N se mantuvo constante con un valor de 16.5.

De lo anterior se deduce que en los dos primeros tratamientos (Tvsc y Tvcc), hubo poca movilidad de la materia orgánica, ya que en una vermicomposta no se puede voltear continuamente el material, pues se cree que esta función de aireación y movimiento es realizada por las lombrices. Otro aspecto a tomar en cuenta es la densidad de población (32 mil lombrices por metro cuadrado) reportada por Bellapart (1989); esto implica que para afirmar con más certeza es necesario realizar un estudio con diferentes densidades de población y determinar cual es más eficiente en términos de la cinética de la relación C/N.

En el caso de la composta, la relación C/N, presenta el comportamiento esperado, es decir la reducción de la relación C/N con el tiempo, con la misma tendencia de la reportada por Alexander (1991), para la descomposición de

paja, y en general para la mayoría de las tendencias reportadas por diversos autores (Witter, *et. al.*, 1987, Blingnieres, 1987, Hammoud, *et. al.*, 1987 y Paul *et. al.*, 1996), en este caso también se verá que la cinética del carbono, es la que determina la tendencia de esta cinética.

La relación C/N se comporta de manera más eficiente en una composta que en una vermicomposta, este comportamiento contradice lo reportado por Chee (1997) en su estudio sobre cinética microbiana, y lo hallado por Santamaría (2000) en su investigación sobre escalamiento del proceso de composteo y vermicomposteo, donde reporta que no halló diferencia significativa en sus tratamientos. Sin embargo, algunas de las razones que se deducen del presente trabajo, es que en una composta, el proceso de descomposición es más acelerado por efecto de la temperatura, la humedad y la aireación reportados por diversos autores como fundamentales, ya que pueden ser manejados más adecuadamente.

Por otro lado, en una vermicomposta se atribuye a la lombriz la función de airear el material, lo que controla a su vez la humedad y la temperatura, sin embargo cabe decir que la lombriz solo resiste temperaturas máximas de 35°C, y se espera que en un material en descomposición se alcancen como promedio hasta 70 grados en los primeros 40 días, por lo que sería necesario realizar un estudio más detallado de la cinética de humificación en ambas formas de composteo, tomando en cuenta, aspectos como: la cinética microbiana, las densidades de población lombriz para vermicomposta, cinética de la temperatura, la humedad, la aireación, el contenido de nitrógeno (orgánico y disponible), el contenido de carbono, la relación C/N, la relación E_4/E_6 , la textura del material final y todas sus correlaciones.

Del presente estudio, se deduce que el uso de la relación C/N para determinar el grado de humificación de un material es eficiente, ya que muestra el grado

de estabilidad del material composteado, sin embargo falta su aplicación y estudio de comportamiento al aplicar en campo.

Otro uso de la relación C/N que puede deducirse, es que podría determinarse cual es el mejor método para acelerar el proceso de descomposición de un material orgánico, ya que existe poca literatura sobre manejo de desechos orgánicos, con datos científicamente comprobados, en la que se clasifiquen los métodos de descomposición, según cada material, ya que en este caso podría afirmarse que para acelerar la descomposición de estiércol vacuno y paja de sorgo, es más eficiente usar el composteo aeróbico. Con materiales de menor contenido de carbono como son desechos de verduras, lodos residuales y desechos semi líquidos podría ocuparse la vermicomposta, para verificar esto también habrían que realizarse los estudios correspondientes.

Por otra parte, si el elemento que marca la tendencia de la relación C/N, es el carbono entonces, quizá el criterio de calidad para determinar el grado de humificación de un material debería ser realizar un análisis más detallado del comportamiento del carbono a lo largo del proceso y verificar qué grado de importancia tiene el dar seguimiento a la cinética del nitrógeno.

Finalmente, los anteriores resultados podrían tomarse en cuenta como preliminares, en tanto no se realicen los estudios complementarios ya sugeridos. Cabe mencionar que si bien hay mucha literatura sobre materia orgánica, la mayoría está centrada en el comportamiento de ésta en el suelo, y su dinámica de composteo. Existen más trabajos sobre la aplicación de materia orgánica y rendimiento de los cultivos, que sobre lo ocurrido en el proceso de descomposición y sobre la calidad de la materia orgánica que se aplica al suelo. Cabe aclarar que gran parte de la información e investigación que existe sobre el tema, fueron desarrolladas en su mayoría en la década de los 80's.

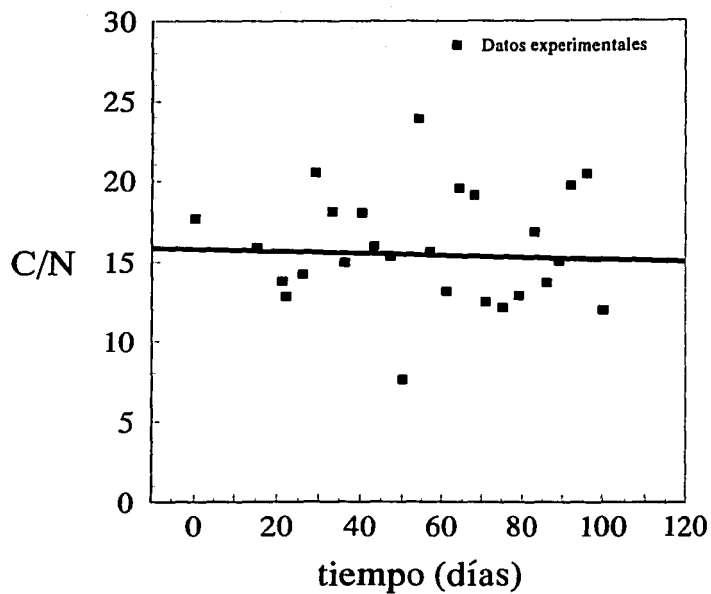


Figura 9: Cinética de estabilización de la relación C/N en camas de vermicomposteo sin adición extra de alimento

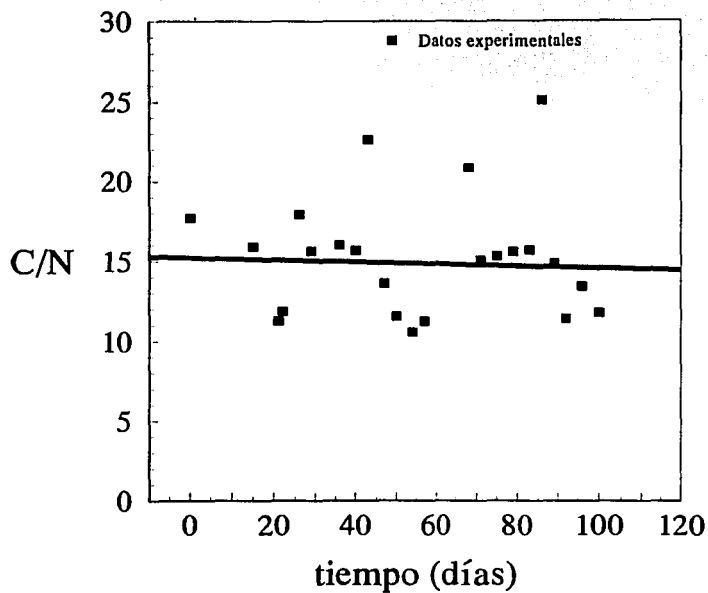


Figura 10: Cinética de estabilización de la relación C/N en camas de vermicomposteo con adición periódica de alimento

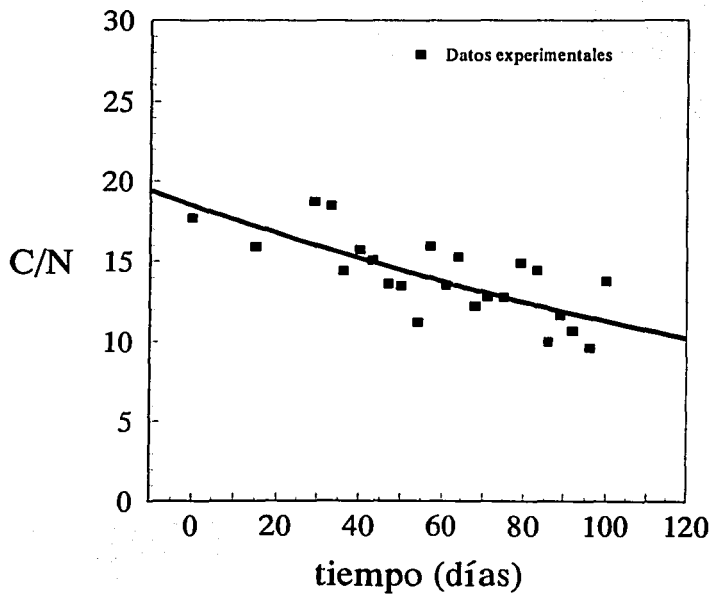


Figura 11: Cinética de estabilización de la relación C/N en pila de compostaje

ESTA TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA

Adicionalmente, es importante aclarar que el costo de producción de una vermicomposta es más alto que el de una composta, particularmente por que en una vermicomposta se requieren de más jornales que en una composta, además del costo que representa el pie de cría de la lombriz roja californiana, que en el mercado actual fluctúa entre quinientos y mil pesos el kilo, a continuación se presentan los costos estimados a partir de la experiencia propia, de ambos métodos para compostear 10 toneladas de material en cada proceso:

Cuadro 4: Costos estimados de producción de una vermicomposta para 10 toneladas de material durante 4 meses

Concepto	Unidad	Cantidad/ mes	Costo unitario	Costo por mes	Costo total / 4 meses
Estiércol y flete	Toneladas	10	\$ 150.00	\$ 1,500.00	\$ 6,000.00
Dep. de materiales	Paquete	1	\$ 761.89	\$ 761.89	\$ 3,047.56
Mano de obra	Jornales	22	\$ 80.00	\$ 1,760.00	\$ 7,040.00
TOTAL				\$ 4,021.89	\$ 16,087.56
Costo por tonelada de vermicomposta					\$ 1,608.76 *

* Producir vermicomposta es 70% más caro que producir composta

Cuadro 5: Costos estimados de producción de una composta para 10 toneladas de material durante 4 meses

Concepto	Unidad	Cantidad/ mes	Costo unitario	Costo por mes	Costo total/4 meses
Estiércol y flete	Toneladas	10	\$ 150.00	\$ 1,500.00	\$ 6,000.00
Dep. de materiales	Paquete	1	\$ 206.33	\$ 206.33	\$ 825.33
Mano de obra	Jornales	8	\$ 80.00	\$ 640.00	\$ 2,560.00
TOTAL				\$ 2,346.33	\$ 9,385.33
Costo por tonelada de composta					\$ 938.53

Razones del cálculo		
Estiércol	10.00	tons.
A razón de 0.6 ton/m ²	16.67	m ²
Numero de lombrices a razón de 32 mil lom./ m ²	533,333.33	lombrices
Kilos de lombriz a razón de aprox. 2000 lom./kilo	266.67	kilos

Cuadro 6: Descripción de materiales y equipo utilizados 3 en la producción de vermicomposta y composta

Materiales y equipo				
Concepto	Unidad	cantidad	Costo unitario	Costo total
Pala	pieza	1	\$ 70.00	\$ 70.00
Bieldo	pieza	1	\$ 80.00	\$ 80.00
Carretilla	pieza	1	\$ 320.00	\$ 320.00
Azadón	pieza	1	\$ 90.00	\$ 90.00
Termómetro	pieza	1	\$ 250.00	\$ 250.00
Medidor de pH	pieza	1	\$ 550.00	\$ 550.00
Lab. portátil de suelo	pieza	1	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00
Cercado	metro	1	\$ 10.00	\$ 10.00
Riego	pieza	10	\$ 5.00	\$ 50.00
Análisis de Laboratorio	pieza	1	\$ 1,000.00	\$ 1,000.00
Cuarto vigilante		1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
TOTAL				\$ 14,920.00

Cuadro 7: Depreciación de maquinaria, equipo y pie de cría

DEPRECIACIÓN					
CONCEPTO	VALOR AD.	% DEP.	DEP.	DEP. ACUM.	VALOR R.
	A	B	C=A*B	D=C*5	E=A-D
ACTIV FIJO TANGIBLE AFT	\$ 148,253.33		\$ 9,142.67		\$ 120,825.33
ACONDICIONAMIENTO DE LOCAL	\$ 10,000.00	0.10	\$ 1,000.00	\$ 3,000.00	\$ 7,000.00
PIE DE CRÍA / LOMBRIZ	\$ 133,333.33	0.05	\$ 6,666.67	\$ 20,000.00	\$ 113,333.33
MOBILIARIO Y EQUIPO	\$ 4,920.00	0.30	\$ 1,476.00	\$ 4,428.00	\$ 492.00
TOTAL	\$ 148,253.33		\$ 9,142.67		\$ 120,825.33
Dep. / mes con lom.			\$ 761.89		
Dep. / mes sin lom.			\$ 206.33		

Por último, ya que el asunto de recuperación de los suelos y la sustentabilidad de los agroecosistemas, resulta prioritario para asegurar el alimento en nuestro país, sería indispensable desarrollar, con mayor detalle, esta línea de investigación, tarea que está en manos de universidades y centros de investigación del sector agrícola y en donde las organizaciones del sector social del ámbito agrícola y ambiental tendríamos interés en participar.

7. Conclusiones

- I. La relación C/N, y más específicamente la cinética del carbono, determinó el grado de descomposición de la materia orgánica, ya que ésta inició con valores por arriba del 25 % de carbono, decayendo después de 100 días a valores menores a 20.
- II. El contenido de nitrógeno total no se vio disminuido o aumentado por el proceso de composteo o el de vermicomposteo.
- III. Es factible utilizar la relación C/N como criterio para determinar la estabilidad y cierto grado de humificación de un material composteado, sin embargo falta interrelacionarla con parámetros como la Capacidad de Intercambio Catiónico y aplicarse en campo.
- IV. El proceso de composteo anaeróbico es más eficiente que el de vermicomposteo para acelerar la descomposición de estiércol vacuno y paja de sorgo.
- V. La relación C/N tuvo una tasa de descomposición más efectiva en una composta que en una vermicomposta.
- VI. El control mecánico de los factores temperatura y humedad en una composta son más efectivos en el proceso de humificación que la acción de la lombriz en ese mismo sustrato.
- VII. La relación C/N puede ser utilizada para determinar el tipo de composteo de un material orgánico.
- VIII. No hubo diferencia en los tratamientos de vermicomposteo con y sin comida.
- IX. Es 70% más costoso producir vermicomposta que composta.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1.- *Aguirre M. (1985).* ESTUDIO MICROBIOLÓGICO DE LA BIODEGRADACIÓN DEL ESTIÉRCOL BOVINO Y SU EVOLUCIÓN AGRONÓMICA, Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados, Montecillos, Mex.
- 2.- *Alexander M. 1991* INTRODUCTION TO SOIL MICROBIOLOGY, Second Edition 1977, Reprint, 1991, Krieger Publishing Company, Molabar Florida, 215 pgs.
- 3.- *Álvarez S. y Ferrera-Cerrato R. (1994)* LOS MICRO ORGANISMOS DEL SUELO EN LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN DE LOS AGROECOSISTEMAS, Cuademo de Edafología 25, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, México, p.p. 15-20
- 4.- *Bellapart V., C. (1988)* AGRICULTURA BIOLÓGICA EN EQUILIBRIO CON LA AGRICULTURA QUÍMICA, Ed. Aedos, Barcelona, primera edición, 280 pgs.
- 5.- *Bidlingmaier, W., Folmer, J., Frank, G. (1987)* EXPERIENCE GAINED IN THE COMPOSTING OF WET SOLID WASTES OBTAINED DURING THE SEPARATE RECLAMATION OF VALUABLE MATERIALS., In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.' Hermite, F. Zucconi (eds), Compost: Production, quality and use, Commission of the European Communities, Luxemburg. p.p. 160-177
- 6.- *Blingnieres, F.X. (1987)* QUALITY OF URBAN WASTE COMPOST RELATED TO THE VARIOUS COMPOSTING PROCESSES. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.' Hermite, F. Zucconi (eds), Compost: Production, quality and use, Commission of the European Communities, Luxemburgo. Pp. 368-385
- 7.- *Broadbent F.E., (1986)* EFFECTS OF ORGANIC MATTER ON NITROGEN AND PHOSPHORUS SUPPLY TO PLANTS., In: Y. Chen Y. Avnimelech (eds). The role of organic matter in modern agriculture, Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, Netherlands. pp.13-27
- 8.- *Cruz Z., V. M. (1999)* EFECTO INMEDIATO Y RESIDUAL DE ABONOS ORGÁNICOS, Tesis de Maestría de Colegio de Posgraduados Posgraduados Montecillos, México, 92 pgs.
- 9.- *Chee L., C. (1997)* CINÉTICA MICROBIANA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOST, Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados Montesillos, México, 120 pgs.
- 10.- *Chen Y.A. (1986)* THE ROLE OF ORGANIC MATTER IN MODERN AGRICULTURE, Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, Netherlands. p.p.266-267.
- 11.- *De la Loma, J.L. (1982)* EXPERIMENTACIÓN AGRÍCOLA, segunda edición, Unión tipográfica editorial, Hispano-Americana, S.A. de C.V., México, 308 pgs.
- 12.- *Estrada, J., Sañla, J., Cequiel, R.M, and Cruañas, R. (1987)* APPLICATION OF A NEW METED FOR CEC DETERMINATION AS A COMPOST MATURITY INDEX. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.' Hermite, F. Zucconi (eds), Compost: Production, quality and use, Commission of the European Communities, Luxemburgo. P.p. 334-367
- 13.- *Fuentes Y. J. L., (1989)* EL SUELO Y LOS FERTILIZANTES, Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación, Instituto Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Agrario, Ediciones Mundiprensa, tercera edición, España, 376 pgs.

14.- *Gómez T., L., (1996) LA AGRICULTURA ORGÁNICA DE MÉXICO: UNA OPCIÓN VIABLE PARA LA AGRICULTURA DE ESCASOS RECURSOS*, Tesis de licenciatura, Chapingo, México, 250 pgs.

15.- *Hammouda, G.H.H. and Adams W.A, (1987) THE DESCOMPOSITION, HUMIFICATION AND FATE ON NITROGEN DURING THE COMPOSTING OF SOME PLANT RESIDUES*. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.' Hermite, F. Zucconi (eds), *Compost: Production, quality and use*, Commission of the European Communities, Luxemburgo. P.p. 245-253

16.- *He Z.L., Awa A.K., Yan P., Li Y.C., Calvert D.V., Stoffella P.J. And Banks D.J. (2000) NITROGEN MINERALIZATION AND TRANSFORMATION FROM COMPOSTS AND BIOSOLIDS DURING FIELD INCUBATION IN A SANDY SOIL*, Soil Science and Interdisciplinary approach to soil research, Vol. 165 No. 2, February, 2000, pgs. 161-169

17.- *Holtitz H.A.J and G.A. Kuter, (1986) EFFECTS OF COMPOSTS IN GROWTH MEDIA ON SOIL BORNE PATHOGENS*. In: Y. Chen and Y. Avnimelech (eds). *The role of organic matter in modern agriculture*, Martinus Nijhoff Publishers. Dordrecht, Netherlands. P.p. 289-308

18.- *Houba, V.J.G., J.J. Van Der Lee, I. Novozamsky, I. Walinga, (1989) SOIL AND PLANT ANALYSIS A SERIES OF SYLLABI PART 7, PLANT ANALYSIS PROCEDURES*, Wageningen Agricultural University Department of soil science and Plant Nutrition, The Netherlands

19.- *Jeavons, J. (1991) CULTIVO BIOINTENSIVO DE ALIMENTOS: MAS ALIMENTOS EN MENOS ESPACIO*, Willits, C.A., *Ecology Activo of the Mid-Peninsula* 120 pgs.

20.- *Kalbitz K. Solinger S., Park J.H., Michalzik B., and Matner E., (2000) CONTROLS ON THE DYNAMICS OF DISSOLVED ORGANIC MATTER IN SOILS: A REVIEW*, Soil Science and interdisciplinary approach to soil research, Vol. 165 No. 4, April, 2000, p.p. 277-304

21.- *Kononova M.M., (1981), MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO: SU NATURALEZA, PROPIEDADES Y MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN*, Ed. OIKOS-Tau, S.A., Barcelona, España 260 pgs.

22.- *Müller G., R., Granados M. M., Bocanegra G. J., Mota T. F., (1997) MANUAL DE LOMBRICULTURA*, Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria, SEP-FONAES, México, 40 pgs.

23.- *Ortega S., F. (1979), LA MATERIA ORGÁNICA DE LOS SUELOS Y EL HUMUS DE LOS SUELOS DE CUBA*, Academia de Ciencias de Cuba, Instituto de suelos, 115 pgs.

24.- *Paul E.A. and Clark, F.E., (1996), SOIL MICROBIOLOGY AND BIOCHEMISTRY*. 2nd. Edition. Academic Press, San Diego California U.S.A., 340 pgs.

25.- *Pérez O., M. A. (1997), DINÁMICA DE LA MATERIA ORGÁNICA Y EL NITRÓGENO EN TEPETATES REHABILITADOS PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA*, Tesis de Maestría, Montesillos, México, 112 pgs.

26.- *Pineda M. (1984), LOMBRICULTURA, HUMUS DE LOMBRIZ - PREPARACIÓN Y USO*, Centro de Investigación y promoción del campesinado, Piura, Perú, 106 pgs.

27.- *Quintero L., Ferra-Carrato R., Etchevers B., García C., Rodríguez-Kabana, Alcatar G. y Aguilar S., (2000) VERMICOMPOSTEO, COMPOSTEO Y SU DINÁMICA MICROBIANA*, In. Quintero-L. R., Reyna T. R, Chee L. C., Ibáñez H. A., García C. N. (eds). *La edafología y sus perspectivas al siglo XXI*, Tomo I- Investigación y educación hacia la sostenibilidad edáfica para el Tercer Milenio , Primera Edición, Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma Chapingo, México, p.p. 417-428.

28.- *Raviv M., Chen Y and Inbar Y, (1987) PEAT AND PEAT SUBSTITUTES AS GROWTH MEDIA FOR CONTAINER GROWTH PLANTS. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.'Hermite, F. Zucconi (eds), Compost: Production, quality and use, Commission of the European Communities, Luxemburgo. , p.p. 278-295.*

29.- *Raviv m., Medina S., Che Y, Inbar Y. y Geler Z, (1987) CHANGES IN THE CHEMICAL AND HORTICULTURAL PROPERTIES DURING COMPOSTING OF SLURRY PRODUCED BY METHANOGENIC FERMENTATION OF DAIRY COW MANURE. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.'Hermite, F. Zucconi (eds), Compost: Production, quality and use, Commission of the European Communities, Luxemburgo. p.p.377-385.*

30.- *Russell's, (1988) SOIL CONDITIONS AND PLANT GROWTH, eleventh edition, Edited by Alan Wild, Longman Scientific Technical, 320 pgs.*

31.- *Santamaría R., S. (2000), ESCALAMIENTO DEL PROCESO DE COMPOSTEO Y VERMICOMPOSTEO: ASPECTOS BIOLÓGICOS Y NUTRIMENTALES, Tesis de Maestría, Montesillos, Texcoco, México.*

32.- *Saviozzi A., Riffaldi R., y Levi-Minzi R., (1987) COMPOST MATURITY BY WATER EXTRACT ANALYSES, In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.'Hermite, F. Zucconi (eds), Compost: Production, quality and use, Commission of the European Communities, Luxemburgo, 853 pgs. p.p. 359-387*

33.- *Simpson K., (1991) ABONOS Y ESTIÉRCOLES, Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza España*

34.- *Urbano P. (1999) TRATADO DE FITOTECNIA GENERAL, Ediciones Mundi Prensa, Madrid España, 2ª edición. 350 pgs.*

35.- *Urbano P., Comejo J., y Cerda A, (1998) AGRICULTURA SOSTENIBLE, Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. 340 pgs.*

36.- *Witter E. and Lopez-Real J.M., (1987) MONITORING THE COMPOSTING PROCESS USING PARAMETERS OF COMPOST STABILITY.. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.' Hermite, F. Zucconi (eds), Compost: Production, quality and use, Commission of the European Communities, Luxemburgo. p.p. 351-357*

37.- *Zucconi, F. y De Bertoldi M., (1987) COMPOST SPECIFICATIONS FOR THE PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF COMPOST FROM MUNICIPAL SOLID WASTE. In: M. de Bertoldi, M.P. Ferranti, P.L.'Hermite, F. Zucconi (eds), Compost: Production, quality and use, Commission of the European Communities, Luxemburgo. P.p. 30-50.*

38.- *1997 SEMARNAP - INEGI, Estadísticas del Medio Ambiente, México, 1997, 203 pgs.*

39.- *1997 MANUAL INTERNACIONAL DE FERTILIDAD DE SUELOS, Potash & Phosphate Institute, primera Impresión, U.S.A. 150 pgs.*

40.- *1997, PROGRAMA DE FERTILIZACIÓN ALTERNATIVA, Asociación Nacional de Distribuidores de Fertilizantes e Insumos Agropecuarios del Sector Social, A.C. (ANDFIASS), México. 20 pgs.*

41.- *1998, ¿Cómo elaborar una composta?, ANDFIASS, SEMARNAP y PNUD, México. 45 pgs.*