

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2010

PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DE COMPOSTAS MADURAS PRODUCIDAS A PARTIR DE DIFERENTE MATERIA ORGÁNICA

Jaime Alberto Félix Herrán, Rosalinda Serrato Flores, Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez,
Gerardo Rodríguez Quiroz, Rosa Martínez Ruiz, Hilda Susana Azpiroz Rivero y Victor Olalde
Portugal

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 6, Número 1
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 105-113



e-revist@s

PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DE COMPOSTAS MADURAS PRODUCIDAS A PARTIR DE DIFERENTE MATERIA ORGÁNICA

MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF MATURE COMPOSTS PRODUCED WITH DIFFERENT ORGANIC MATTER

Jaime Alberto Félix-Herrán^{*1}, Rosalinda Serrato-Flores², Adolfo Dagoberto Armenta-Bojorquez³, Gerardo Rodríguez-Quiroz⁴, Rosa Martínez-Ruiz¹, Hilda Susana Azpiroz-Rivero¹ y Víctor Olalde-Portugal²

¹Programa de Ingeniería Forestal e Ingeniería en Desarrollo Sustentable de Universidad Autónoma Indígena de México. Mochichahui, El Fuerte, Sinaloa. Correo electrónico: jfelixherran@yahoo.com.mx. ²Departamento de Biotecnología y Bioquímica, CINVESTAV-IPN, Campus Guanajuato. A. postal 629, CP. 36500. ³Departamento Agropecuario, CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, CP. 81101. ⁴Departamento de Acuicultura, CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, CP. 81101.

*Autor principal.

RESUMEN

Se estudiaron diez compostas originadas de diferente materia orgánica que fueron; de tomate (*Lycopersium esculentum*) (T), frijol (*Phaseolus vulgaris*) (F), garbanzo (*Cicer arietinum*) (G), neem (*Azadirachta indica*) (N), mezcla de pasto de jardín (*Cynodon dactylon*) (P), neem-garbanzo (NG), frijol-garbanzo (GF), y un lote de mezcla de todas las anteriores (vol / vol) (R), lombricomposta de restos vegetales (desechos de mercado) (LRV) y lombricomposta de cachaza de caña (*Saccharum officinarum*) (LCC). Se determinaron las propiedades microbiológicas (bacterias y hongos totales y degradadores de quitina, celulosa y pectina) de las compostas maduras analizadas, así como la tasa de respiración de las mismas medida como C-CO₂ de la biomasa microbiana de las compostas. Los resultados indican que las compostas varían en sus propiedades dependiendo de la naturaleza de la materia orgánica de la cual se originaron, la cuenta viable de microorganismos mostró que las compostas presentaron mayor abundancia de bacterias que de hongos, y que hubo mayor crecimiento a pH ácido que a neutro, además de su efecto como activadoras de la microflora del suelo (P y R). **Palabras clave:** composta, biomasa microbiana, tasa de respiración.

SUMMARY

Were studied ten composts originated of different organic matter that were: of tomato (*Lycopersium esculentum*) (T), soybean (*Phaseolus vulgaris*) (F), chickpea (*Cicer arietinum*) (G), neem (*Azadirachta indica*) (N), mixture of garden grass (*Cynodon dactylon*) (P), neem-chickpea (NG), soybean-chickpea (GF), and a mixture of all the previous (vol / vol) (R), vegetable remainders vermicompost (waste market) (LRV) and sugarcane bagasse vermicompost (*Saccharum officinarum*) (LCC). Were determined the microbiological properties (total amount of bacteria and fungus, and chitin, cellulose and pectine degradators) of mature composts analyzed, as well as the respiration rate measured as C-CO₂ of composts microbial biomass. The results shown that the composts varied in their properties depending on the organic matter nature from which they were produced, the amount of microorganisms shown that the composts presented a higher amount of bacteria that

fungus, and that there was a higher growth at acid pH that at neutral, besides its effect as soil microflora activators (P and R).

Key words: compost, microbial biomass, respiration rate.

INTRODUCCIÓN

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

Esta microflora antes mencionada tiene un papel muy importante en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica, además de su potencial para controlar

poblaciones de patógenos del suelo (Hadar y Mandelbaum, 1992; Hoitink *et al.*, 1991). Donde el incremento en la actividad microbiana benéfica esta relacionada con el incremento de materia orgánica (Sikora y Stott, 1996). Como se menciono anteriormente la materia orgánica es vital como fuente de alimento y refugio para los microorganismos benéficos relacionados con la supresión de enfermedades, estructura del suelo, mejoramiento de las propiedades del suelo y el buen estado del cultivo (Hoitink y Boehm, 1999; Chen *et al.*, 1988; Mandelbaum *et al.*, 1988).

La incorporación de materia orgánica puede ser una alternativa para tratar suelos, ya sea humificada, abono verde o como desechos agrícolas. De las anteriores la materia orgánica se aplica al suelo principalmente en forma de composta, que favorece la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes para la planta, amortigua el pH, fomentando el buen desarrollo de las plantas y por consiguiente esas plantas generaran frutos de buena calidad, por lo antes mencionado la fertilización orgánica mejora la fertilidad y la productividad en el suelo, además ayuda a reestablecer la biodiversidad y la actividad microbiana en suelos degradados (Ruiz, 1996; Soto y Muschler, 2001).

Debido a los diferentes tipos de materia orgánica utilizada para la elaboración de las compostas es de esperarse variación en sus propiedades (Álvarez *et al.*, 2000), es muy importante conocer esa variación para hacer un mejor manejo de las mismas como fertilizante (nitrogenado, fosforado, entre otros), o como fuente de microorganismos que tengan actividad mineralizadora ó que tenga actividad supresora de fitopatógenos del suelo (Hoitink *et al.*, 1996). Por consiguiente, el objetivo de esta investigación es comparar la calidad de compostas maduras producidas a partir de diferente material vegetal en base a sus propiedades microbiológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Producción de la Composta de superficie

Cinco fuentes de material orgánica fueron evaluadas: restos vegetales de garbanzo (*Cicer*

arietinum L.); soca de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) que contenía planta y fruto; restos vegetales de frijón (*Phaseolus vulgaris* L.); material de poda de neem (*Azadirachta indica* A. Juss); material de poda de pasto de jardín (*Cynodon dactylon*); denominadas en esta investigación como G, T, F, N y P respectivamente. De estos materiales se realizaron tres mezclas, mezcla de rastrojo de garbanzo-frijón, mezcla de neem-garbanzo y una mezcla de todas las compostas menos las lombricompostas; denominadas GF, NG y R respectivamente. Los materiales vegetales fueron molidos en una trituradora mecánica para hacer mezclas 1:3 v/v estiércol vacuno – material vegetal. Posteriormente, éstos fueron sometidos a compostaje con el procedimiento descrito por Cooperband (2000), a campo abierto, al formar las camas de compostaje de 50 cm de altura por duplicado fueron cubiertas con bolsas de plástico negro para reducir la perdida de agua. El riego a las camas de compostaje fue para mantener la capa externa húmeda y que la temperatura no subiera de 50°C, ya que arriba de esta temperatura la degradación de la materia orgánica será mas lenta, el registro de la temperatura inicio al tercer día y los volteos fueron cada 15 días a través de traspaleos en forma manual, el registro de la temperatura fue al momento del volteo. El proceso de compostaje duro 120 días, la cosecha fue a finales del mes de julio del 2004, después fueron almacenadas al ambiente en costales para su maduración, y posteriormente tamizarlos (> 5mm) y realizarles los análisis de laboratorio.

Producción de lombricomposta

La lombricomposta de restos vegetales (LRV) incluyo todo tipo de desechos de mercado (vegetales maduros y podridos, entre otros desechos) y estiércol de vacuno (seco y tamizado) en relación 1:3 v/v estiércol vacuno – material vegetal. La cama (3m de largo, 1.5m de ancho y 20cm de altura) cubierta con hojas secas y ramas para reducir el calor superficial y la perdida de agua, la cama fue regada hasta drenar para lavar las sales. Se controló el pH (neutro) y la conductividad eléctrica (entre 0 – 1 mS/cm) para inocular la cama con lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*); 4000 organismos /

m². El riego fue semanal durante los tres meses del proceso. Para la cosecha del humus de lombriz se colocaron costales con estiércol fresco encima de la cama, para que migrara la mayor cantidad de lombrices a esta trampa. La lombricomposta fue cosechada a finales del mes de julio del 2004.

La lombricomposta de cachaza de caña (*Saccharum officinarum* L.) denominada LCC, fue producida con material residual de la extracción de azúcar que se molió y mezcló con estiércol vacuno en relación 1:3 v/v estiércol, esta cama recibió el mismo tratamiento que la cama de la lombricomposta de restos vegetales. Ambas fueron elaboradas y proporcionadas por el Dr. Gerardo Rodríguez Quiroz del CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa.

En el cuadro 1 se muestran las propiedades físico-químicas y orgánicas de las compostas analizadas.

C de la Biomasa microbiana de las compostas

La técnica propuesta por Jenkinson y Powlson (1976), consiste en pesar 25g de cada composta (ajustar CRA al 40%), incubar en oscuridad y temperatura ambiente (25°C) 7 días en frascos ámbar de 970 mL, para mantener la atmósfera húmeda agregar 30mL de agua y un frasco con 20 mL de NaOH 1N como trampa para el CO₂ liberado por la respiración de la biomasa microbiana. Al extraer el frasco con NaOH 1N correspondiente a los días 1, 3, 5 y 7, tapar en seguida el frasco para evitar contaminación por el CO₂ del ambiente. De cada muestra de NaOH 1N tomar una alícuota de 5m para cuantificar el contenido de carbono mineralizado por retrotitulación, utilizando fenolftaleína como indicador y titulando con HCl 0.1N para neutralizar el NaOH que no reacciono, y para titular el carbono presente en el NaOH 1N se utiliza anaranjado de metilo como indicador y titular con HCl 0.01N. El volumen obtenido se

Cuadro 1. Comparación de medias de las 3 repeticiones de las propiedades físico-químicas y orgánicas de las compostas analizadas.

Composta	pH	%H	CRA	%MO	AH	AF	C/N	Cmol(+) Kg de composta ⁻¹	
					mgC g ⁻¹ *	mgC g ⁻¹ *		Ca	Mg
LRV	7.5 a	6.2d	28.1d	30.64e	20.9b	9.5d	6.0h	8.2a	15.1c
GF	6.6 d	72.1ab	74.2abcd	24.97g	10.4d	8.2e	7.5f	0.3d	1.7e
NG	7.3 b	63.3b	45.8cd	25.92f	13.0c	5.7f	0.9j	0.4d	1.6e
P	7.0 c	87.2a	93.1a	37.56c	21.1b	14.7c	10.4d	8.2a	8.8d
G	7.5 a	38.8c	50.8cd	21.71h	11.4d	5.4f	7.4g	6.2b	18.5a
N	7.0 c	70.9ab	93.5a	44.26b	20.8b	17.8a	12.0a	0.3d	1.6e
LCC	7.3 b	6.0d	98.5ab	19.81i	10.6d	5.4f	4.5i	0.2d	1.3e
F	7.5 a	40.8c	77.5abc	25.97f	10.9d	7.7e	10.8c	7.6a	15.3bc
R	7.3 b	76.3ab	54.3bcd	49.98a	24.0a	16.5b	10.2e	0.3d	17.2ab
T	5.8 e	31.0c	76.4ab	36.46d	21.8b	14.4c	11.6b	2.7c	15.8bc

LRV (lombricomposta de restos vegetales), GF (garbanzo-frijol), NG (neem-garbanzo), P (poda de pasto de jardín), G (garbanzo), N (neem), LCC (lombricomposta de cachaza de caña), F (frijol), R (mezcla de todas las compostas menos las lombricompostas) y T (soca de tomate).

% H (porcentaje de humedad), CRA (capacidad de retención de agua en mL de H₂O·100g de composta⁻¹), % MO (porcentaje de Materia Orgánica), AH (ácidos húmicos), AF (ácidos fúlvicos).

Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente iguales, según Tukey ($\alpha \leq 0.05$).

procesa con la siguiente formula:

$$\text{mg C-CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{ss} = \frac{4 \times G \times N \times 12}{\text{g de composta}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \times \frac{1000 \text{ g ss}}{1 \text{ kg ss}}$$

Donde:

ss = suelo seco

G = mL de HCl muestra – mL de HCl del Bco

N = Normalidad del ácido clorhídrico

4 = dilución utilizada para el análisis, de 20 mL iniciales tomamos 5 mL

12 = equivalente químico del C

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Bacterias y hongos totales

Para la preparación de la solución stock, a 90mL de agua destilada estéril agregar 10 g de cada composta, mantener en agitación constante 30 min a 180 opm (oscilaciones por minuto), para posteriormente con esta solución stock preparar diluciones seriadas de 10^{-1} hasta 10^{-5} , los medios de cultivo fueron inoculados en el Auto Plate 4000, Automated, Spiral Biotech, Inc. Bethesda, M.D. USA. El medio de cultivo utilizado para cuantificar las bacterias totales fue el Medio Extracto de suelo (Zuberer, 1986) y para hongos totales el Medio Martín (Parkinson, 1986), llamados ES y MM respectivamente.

Bacterias y hongos degradadores de quitina, pectina y celulosa

Para la cuantificación de degradadores de grupos específicos se utilizó el Medio Mínimo (Martino *et al.*, 2002). Este medio de cultivo presenta la particularidad de que puede cambiarse su composición y su pH, haciéndolo más selectivo dependiendo del grupo de microorganismos a aislar, para el presente experimento los parámetros modificados fueron la fuente de carbono y el pH del medio; la fuente específica de carbono al 1%, consistió de: quitina a base de camarón, carboximetil celulosa de viscosidad media (Sigma), pectina cítrica (Sigma). Estos medios preparados por duplicado, para ajustar su pH a 7.0 y al otro a pH 5.5, ya que los hongos se desarrollan mejor a pH ácido y las bacterias a pH neutro.

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS 2002 con un diseño

completo al azar con 10 tratamientos y 3 repeticiones y para comparar medias entre tratamientos se utilizó la prueba de Tukey a un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados en la Figura 1 muestran la tasa de respiración de las compostas analizadas, siendo las compostas de pasto de jardín (P) y la composta R (mezcla de todas las compostas menos las lombricompostas) las que presentaron la mayor cantidad de carbono mineralizado; las compostas de frijol (F) y la composta de soca de tomate (T) presentaron una relación C/N similar a las compostas P y R (aproximadamente 10) pero no presentaron alto contenido de Carbono mineralizado, muy posiblemente debido a que en general las compostas P y R presentaron mayor abundancia de bacterias y hongos degradadores de quitina, celulosa y pectina con respecto a las compostas F y T, además las compostas P y R presentaron un mayor contenido de humedad que las compostas F y T. La composta que presentó la menor actividad microbiana fue la composta de poda de Neem (N) que también presentó en general menor abundancia de bacterias, posiblemente debido al efecto bactericida del compuesto activo del neem llamado azadiractina (Biswas *et al.*, 2002), aun cuando presento un alto contenido de humedad (70.9%) y una alta capacidad de retención de agua (93.5 mL de $\text{H}_2\text{O} \cdot 100\text{g}$ de composta $^{-1}$). Las compostas son una fuente de nutrientes y microorganismos nativos que al ser adicionadas al suelo tienden a incrementar la actividad microbiana del mismo (Álvarez, 2004; Cooperband *et al.*, 2000).

La composta P presento el mas alto contenido de humedad (87.2%) y alta capacidad de retención de agua (93.1mL de $\text{H}_2\text{O} \cdot 100\text{g}$ de composta $^{-1}$), lo que podría haber favorecido la actividad microbiana, el mismo comportamiento que en las compostas R y T. Pero en la composta de neem que también presento un alto contenido de humedad (70.9%) y una alta capacidad de retención de agua (93.5 mL de $\text{H}_2\text{O} \cdot 100\text{g}$ de composta $^{-1}$), no se presento el mismo efecto, muy probablemente.

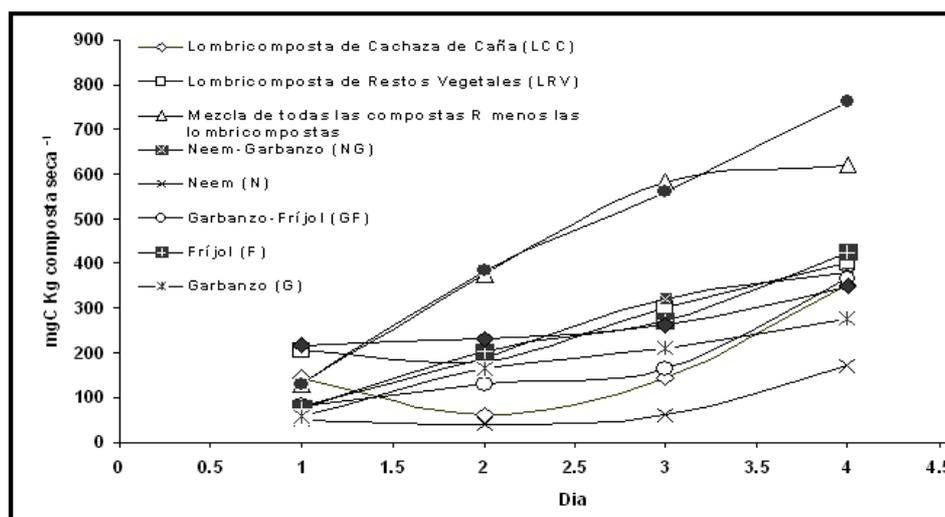


Figura 1. Carbono de la biomasa microbiana presente en las compostas, expresada como mgC Kg de compostaseca⁻¹.

Abundancia de microorganismos

Bacterias y Hongos Totales

Los resultados en el Cuadro 2 muestran la abundancia de bacterias y hongos totales presentes en las compostas analizadas, la mayor abundancia de hongos se encontró en las compostas R y N, siendo el contenido de propágulos presente en la composta R 24 veces mayor al presente en la lombricomposta LRV que presentó la menor abundancia de los mismos (Cuadro 2). Mientras que la mayor abundancia de bacterias se encontró en la composta GF, y las compostas T, P, F, N, LRV, NG, G no presentaron crecimiento bacteriano (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de la abundancia de bacterias y hongos totales de las compostas.

Composta	Hongos 1x10 ⁵ propágulos totales	Bacterias 1x10 ⁶ bacterias totales
T	0.0012 b	0.0000 a
P	0.0011 b	0.0000 a
F	0.0007 b	0.0000 a
N	0.0039 a	0.0000 a
R	0.0040 a	0.2130 a
LRV	0.0002 b	0.0000 a
GF	0.0014 b	0.5595 a
NG	0.0008 b	0.1065 a
GF	0.0006 b	0.0000 a
LCC	0.0008 b	0.3330 a

LRV (lombricomposta de restos vegetales), GF (garbanzo-frijol), NG (neem-garbanzo), P (pasto de jardín), G (garbanzo), N (neem), LCC (lombricomposta de cachaza de caña), F (frijol), R (mezcla de todas las compostas menos las lombricompostas), T (tomate).

Medias con letras iguales son estadísticamente similares (Tekey, $p \leq 0.05$)

Bacterias y Hongos degradadores de Quitina, Celulosa y Pectina

Degradadores de quitina

La abundancia de bacterias degradadoras putativas de quitina fue mayor a pH ácido que a pH neutro. La mayor abundancia de bacterias y de propágulos de hongos se encontró en la composta R (mezcla de todas las compostas menos las lombricompostas) tanto a pH ácido como a pH neutro. La abundancia de bacterias en la composta R fue aproximadamente 18 veces mayor que la presente en la composta N que presentó la menor abundancia a pH 5.5; a pH 7 la composta R presentó 11.44 veces más bacterias degradadoras putativas de quitina que la composta N (Cuadro 3). La mayor abundancia de hongos degradadores putativos de quitina se presentó a pH 5.5, siendo la composta R la que presentó la mayor abundancia a ambos niveles de pH, aproximadamente 7.6 veces mayor abundancia de propágulos que la composta NG que presentó la menor abundancia de los mismos. A pH 7.0 la mayor abundancia la presentó la composta R, 5.62 veces más bacterias

que la composta T que presento la menor abundancia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de la abundancia de bacterias y hongos degradadores putativos de quitina (quitina de camarón al 1%) de las compostas.

Com- posta	Bacterias (1x10 ⁶)		Hongos (1x10 ⁵)	
	pH 5.5	pH 7.0	pH 5.5	pH 7.0
T	0.101 bc	0.112 b	0.005 a	0.001 b
P	0.388 ab	0.151 b	0.015 a	0.003 ab
F	0.087 bc	0.066 b	0.003 a	0.003 ab
N	0.034 c	0.046 b	0.006 a	0.002 b
R	0.621 a	0.527 a	0.019 a	0.010 a
LRV	0.272 abc	0.108 b	0.006 a	0.005 ab
GF	0.227 bc	0.130 b	0.004 a	0.008 ab
NG	0.232 bc	0.102 b	0.002 a	0.003 ab
G	0.200 bc	0.074 b	0.007 a	0.002 b
LCC	0.088 bc	0.134 b	0.003 a	0.002 b

LRV (lombricomposta de restos vegetales), GF (garbanzo-frijol), NG (neem-garbanzo), P (pasto de jardín), G (garbanzo), N (neem), LCC (lombricomposta de cachaza de caña), F (frijol), R (mezcla de todas las compostas menos las lombricompostas), T (tomate) a pH 7.0 y pH 5.5. Medias con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey, p≤0.05).

Degradadores de Celulosa

La abundancia de bacterias degradadoras putativas de celulosa fue mayor a pH ácido que a pH neutro. A pH 5.5 la composta R presento la mayor abundancia, siendo 8 veces mayor que la lombricomposta LCC que no presento crecimiento de bacterias, a pH 7.0 la composta T presento la mayor abundancia, mientras que las compostas P y F no presentaron crecimiento de bacterias (Cuadro 4). A pH 5.5 la composta R presento la mayor abundancia de propágulos de hongos, mientras la composta T y la lombricomposta LRV no presentaron crecimiento de los mismos; a pH 7.0 las compostas R y N presentaron la mayor abundancia de propágulos de hongos, mientras que las compostas T, P, F, G y la lombricomposta LRV no presentaron crecimiento fúngico (Cuadro 4).

Cuadro 4. Comparación de medias de la abundancia de bacterias y hongos degradadores putativos de celulosa (carboximetil celulosa de viscosidad media, Sigma al 1%) de las compostas.

Com- posta	Bacterias (1x10 ⁶)		Hongos (1x10 ⁵)	
	pH 5.5	pH 7.0	pH 5.5	pH 7.0
T	0.067 c	0.470 a	0 b	0 c
P	0.282 b	0 b	0.002 b	0 c
F	0.095 c	0 b	0.001 b	0 c
N	0.166 bc	0.027 b	0.005 a	0.002 a
R	0.417 a	0.263 ab	0.005 a	0.002 a
LRV	0.281 b	0.083 b	0 b	0 c
GF	0.235 b	0.157 ab	0.002 b	0.001 ab
NG	0.113 c	0.079 b	0.001 b	0.001 abc
G	0.085 c	0.042 b	0.001 b	0 c
LCC	0.052 c	0.094 b	0.001 b	0 c

LRV (lombricomposta de restos vegetales), GF (garbanzo-frijol), NG (neem-garbanzo), P (pasto de jardín), G (garbanzo), N (neem), LCC (lombricomposta de cachaza de caña), F (frijol), R (mezcla de todas las compostas menos las lombricompostas), T (tomate) a pH 7.0 y pH 5.5. Medias con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey, p≤0.05).

Degradadores de Pectina

La mayor abundancia de bacterias degradadoras putativas de pectina se presento a pH neutro; siendo la composta R la que presento la mayor abundancia a pH 7.0 y presento 15.5 veces mayor abundancia de bacterias que la composta N que presento la menor abundancia; a pH 5.5 la composta R presentó 86.5 veces mayor abundancia de bacterias que la lombricomposta LRV que presento la menor abundancia (Cuadro 5). La mayor abundancia de propágulos de hongos degradadores putativos de pectina se presento en las compostas R y N, a pH 5.5 la composta N presento la mayor abundancia y la lombricomposta LRV no presento crecimiento fúngico. A pH neutro la composta R presento la mayor abundancia de propágulos, siendo 8.3 veces mayor que la presentada en la composta G que presento la menor abundancia (Cuadro 5).

Cuadro 5. Comparación de medias de la abundancia de bacterias y hongos degradadores putativos de pectina (pectina cítrica, sigma al 1%) de las compostas.

Com- posta	Bacterias (1x10 ⁶)		Hongos (1x10 ⁵)	
	pH 5.5	pH 7.0	pH 5.5	pH 7.0
T	0.052 abc	0.026 c	0.001 b	0.002 b
P	0.169 ab	0.101 bc	0.002 ab	0.003 ab
F	0.049 abc	0.043 c	0.001 b	0.001 b
N	0.030 bc	0.017 c	0.014 a	0.004 ab
R	0.181 a	0.259 a	0.010 ab	0.006 a
LRV	0.002 c	0.083 c	0 b	0.001 b
GF	0.175 a	0.205 ab	0.002 ab	0.002 ab
NG	0.096 abc	0.085 c	0.001 ab	0.002 ab
G	0.059 abc	0.043 c	0.001 b	0.001 b
LCC	0.056 abc	0.047 c	0.001 b	0.003 ab

LRV (lombricomposta de restos vegetales), GF (garbanzo-frijol), NG (neem-garbanzo), P (pasto de jardín), G (garbanzo), N (neem), LCC (lombricomposta de cachaza de caña), F (frijol), R (mezcla de todas las compostas menos las lombricompostas), T (tomate) a pH 7.0 y pH 5.5.

Medias con letras iguales son estadísticamente similares (Tukey, $p \leq 0.05$)

En general el desarrollo de las bacterias fue mayor al presentado por los hongos (totales y degradadores de grupos específicos), siendo mayor el desarrollo microbiano a pH ácido que a pH neutro. Debido a los diferentes tipos de materiales orgánicos utilizados para la elaboración de abonos orgánicos es de esperarse variación en sus propiedades, ya que dependiendo de la composición del material original (relación C/N, contenido de calcio y magnesio, así como de lignina y taninos) la descomposición será mas lenta o mas rápida, con lo que variara el contenido de materia orgánica humificada al igual que de sustancias húmicas y por ende la actividad microbiana en términos de carbono mineralizado es decir la tasa de respiración será menor o mayor, que puede ser afectada tanto por segregación de sustancias por microorganismos antagonistas como por la falta de humedad (Singh *et al.*, 1992); las leguminosas presentan una relación C/N entre 10 y 15 (baja), debido a su alto contenido de proteínas en sus tejidos. Precisamente por esta baja relación C/N, las leguminosas son degradadas mas rápidamente por la microflora nativa del suelo

que los cereales, que presentan una relación C/N alta de 50 en adelante. Por otro lado, las leguminosas presentan un bajo contenido de lignina y taninos, que son precursores de las sustancias húmicas (Tan, 2003). Por lo tanto, a pesar de tener un alto contenido de cationes intercambiables disponibles para la planta (Ca y Mg), el material vegetal con baja relación C/N tendrá un proceso de degradación simple y el humus resultante tendrá un bajo contenido de materia orgánica, así como bajo contenido de sustancias húmicas. Los cereales presentan un elevado contenido de lignina y taninos, al igual que relación C/N alta, lo que conlleva un proceso de humificación mas lento con mayor contenido de materia orgánica y mayor contenido de ácidos húmicos y fúlvicos pero con bajo contenido de nutrientes disponibles para la planta (Sánchez *et al.*, 1996). Otro factor que también puede afectar la degradación de la materia orgánica es el contenido de humedad, debido al papel tan importante que juega el agua en las funciones metabólicas de todos los seres vivos.

Las compostas analizadas presentaron el mismo comportamiento. Las elaboradas con leguminosas presentaron un mayor contenido de Ca y Mg (Cuadro 1), baja relación C/N, baja concentración de materia orgánica y de sustancias húmicas, como por ejemplo la composta de garbanzo (C/N = 7.4); mientras que las compostas P, N, R y T con una relación C/N mas alta, presentaron una mayor concentración de materia orgánica y de sustancias húmicas como se muestra en el Cuadro 1 y un menor contenido de Ca y Mg, con respecto a las otras compostas.

En el caso particular de la composta R, al ser una mezcla de todas las compostas se pensaba que esto potenciaría las propiedades tanto físico-químicas como orgánicas de la composta al ser una mezcla, pero este efecto se reflejo en las propiedades orgánicas y en la abundancia de microorganismos (bacterias y hongos totales y degradadores de celulosa, pectina y quitina), y por lo tanto en la medición de la tasa de respiración de las compostas. Además presenta pH cercano al neutro, y una conductividad eléctrica baja con respecto a las otras compostas.

CONCLUSIÓN

Algunas compostas se caracterizan por estimular la actividad microbiana en función del contenido de los ácidos húmicos y fúlvicos, esto pudo observarse en las compostas R y P, que presentaron el mayor contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, así como una mayor tasa de respiración (carbono de la biomasa microbiana).

En función de la abundancia de microorganismos y de su actividad podemos decir que las compostas con altos contenidos de ácidos húmicos son activadores de la flora microbiana del suelo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Solís, J.D., R. Ferrera-Cerrato y J.D. Etchevers Barra. 2004. **Actividad microbiana en tepetate con incorporación de residuos orgánicos**. *Agrociencia* 34: 523-532.
- Álvarez-Solís, J.D., y J. Anzuelo-Martínez. 2004. **Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México**. *Agrociencia*. 38:13-22.
- Biswas, K., Chattopadhyay I., Banerjee R.K. y Bandyopadhyay U. 2002. **Biological activities and medicinal properties of neem (*Azadirachta indica*)**. *Current science*, 82:1336-1345.
- Cooperband, L.R. 2000. **Composting: art and science of organic waste conversion to a valuable soil resource**. *Lab. Med.* 31(5): 283-289.
- Fernández-Zabala M. 2003. **Evaluación agronómica de sustancias húmicas derivadas de humus de lombriz**. Pontificia Universidad Católica de Chile Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal Departamento de Ciencias Vegetales. 52pp.
- Hadar, Y., y Mandelbaum R. 1992. **Suppressive compost for biocontrol of soilborne plant pathogens**. *Phytoparasitica* 20: S113-S116.
- Hoitink, H.A.J., Y. Inbar y M.J. Boehm. 1991. **Status of compost amended-potting mixes naturally suppressive to soilborne diseases of floricultural crops**. *Plant Dis.* 75: 869-873.
- Hoitink, H.A.J., L.V. Madden y M.J. Boehm. 1996. **Capítulo 11 de Principios y practicas de manejo de patógenos del suelo**. Ed. American Phytopathological Society. Pp. 237-244
- Jenkinson D. S. y D. S. Powlson. 1976. **The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. I. Fumigation with chloroform**. *Soil Biology and Biochemistry*, 8:167-177
- Martino, E., B. Franco, G. Piccoli, V. Stocchi y S. Perotto. 2002. **Influence of zinc ions on protein secretion in a heavy metal tolerant strain of the ericoid mycorrhizal fungus *Oidiodendron maius***. *Molecular and Cellular Biochemistry* 231: 179-185.
- Parkinson. 1986. **Fungi**. En: Klute, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Second Edition. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Ruiz-Figueroa, J.F. 1996. **Agricultura Orgánica: Una opción sustentable para el agro mexicano**. Universidad Autónoma de Chapingo. 1era. Edición. pp. 111-117.
- SAS Sistem for Windows. 2002. By SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Soto, G. y R. Muschler. 2001. **Génesis, fundamentos y situación actual de la agricultura orgánica**. Manejo integrado de plagas (Costa Rica) No. 62 pp. 101-105.
- Sánchez-Monedero M.A., A. Roig, C. Martínez Pardo, J. Cegarra y C. Paredes. 1996. **A microanalysis method for determining total organic carbon in extracts of humic substances**. Relationships between total organic carbon and oxidable carbon. En: *Bioresource Technology* 57: 291-295pp.
- Sikora, L.J., and D.E. Stott. 1996. **Soil organic carbon and nitrogen**. In: "Methods for assessing soil quality", SSSA Special Publication 49, Soil Science Society of America, 677 S. Segoe Rd, Madison, WI 53711, USA, pp 157-167.
- Singh, Y., B. Singh, y C.S. Khind. 1992. **Nutrient transformations in soils amended with green manures**. *Advances in soil science*. 20:258-265.
- Tan K.H. 2000. **Environmental Soil Science**. Second Edition. Marcel Dekker, New York, NY.
- Tan, K.H. 2003. **Humic matter in soil and the environment, Principles and Controversies**. Marcel Dekker, New York, NY. 408pp.
- Zuberer. 1986. **Bacteries**. En: Klute, A. (Ed.). *Methods of soil analysis*. Second Edition. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Jaime Alberto Félix Herrán

Ingeniero Bioquímico por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Maestro en Recursos Naturales y Medio Ambiente por el CIIDIR – Instituto Politécnico

Nacional (IPN), Unidad Sinaloa. Estudiante de Doctorado en Ciencias en Desarrollo Sustentable de Recursos Naturales y Facilitador Educativo (Profesor) del Programa Forestal y Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma Indígena de México. Correo electrónico: jfelixherran@hotmail.com.

Rosa Martínez Ruiz

Doctora en Ciencias en Biotecnología Forestal por el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México. Maestra en Ciencias en Ciencias Forestales por la Universidad Autónoma Chapingo. Ingeniera Agrícola especialista en Agroecosistemas por la Universidad Nacional Autónoma de México. Profesora Investigadora en el Programa Forestal y Desarrollo Sustentable de la Universidad Autónoma Indígena de México. **Coordinadora Nacional de la Red de Biotecnología de la FAO.** Correo electrónico: ruirosa@yahoo.com.mx.

Rosalinda Serrato Flores

Auxiliar de investigación en el laboratorio de Bioquímica Ecológica del Departamento de Biotecnología y Bioquímica del CINVESTAV-IPN, Campus Guanajuato.

Adolfo Dagoberto Armenta Bojorquez

Maestría y Doctorado en Ciencias por el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, México. Ingeniero Agrónomo de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Profesor Investigador Titular B CIIDIR-IPN, Unidad Sinaloa. Correo electrónico: aarmenta@ipn.mx.

Gerardo Rodríguez Quiroz

Profesor Investigador Titular A. Unidad Académica: CIIDIR, Sinaloa. Departamento Acuacultura. Licenciatura en Oceanología. Universidad Autónoma de Baja California. Maestría en Administración Integral del Ambiente. Colegio de la Frontera Norte, Tijuana, BC. Doctor en Ciencias en Uso Manejo y Preservación de los Recursos Naturales. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC. **Miembro del Sistema nacional de Investigadores CONACYT-México.** Correo electrónico: grquiroz@ipn.mx.

Hilda Susana Azpiroz Rivero

Doctora en Ciencias por la Universidad de Paris-Sur. Orsay, Francia. Maestra en Ciencias Bioquímica, Ciencias de la Alimentación y Nutrición en la Universidad de Nancy, Francia. Ingeniera Agrónoma en Industrias Agrícolas por la Universidad Autónoma Chapingo. Laboratorio de Biotecnología y Germoplasma Forestal-INIFAP. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACYT-México.** Correo electrónico: s_azpiroz@yahoo.com.

Víctor Olalde Portugal

Doctor en Ciencias con especialidad en Microbiología del Suelo. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN, México. Licenciatura en Biología en el Instituto de Ciencias Biológicas del IPN. Profesor Investigador Titular del Departamento de Biotecnología y Bioquímica del CINVESTAV-IPN, Campus Guanajuato. **Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (SNI), CONACyT – México.**