

EVALUACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA DE COMPOST DE PULPA DEL CAFÉ EN CASPITO MUNICIPIO ANDRÉS ELOY BLANCO, ESTADO LARA, VENEZUELA

Francis Pierre¹, María Rosell², Ana Quiroz¹ y Yasmil Granda¹

RESUMEN

La pulpa de café (PC) es un subproducto con un alto potencial de contaminación de suelos y aguas si no se trata adecuadamente. Se caracterizaron química y biológicamente composts a base de PC en la zona productora de Caspito, municipio Andrés Eloy Blanco, estado Lara. En un diseño completamente aleatorizado con 3 tratamientos y 4 repeticiones se prepararon mezclas de PC y estiércol de caprino (EDC) en las siguientes proporciones: 1:1 (T1); 1:0,5 (T2) y 1:0,33 (T3). A cada tratamiento se le adicionó pergamino de café y vástago de cambur picado (10 % de la mezcla, respectivamente), más urea y cal dolomítica (0,5 y 0,8 % en la mezcla, respectivamente). Se constituyeron pilas con las mezclas las cuales se taparon y mezclaron una vez por semana. Se evaluaron los siguientes atributos: temperatura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica (MO), relación carbono/nitrógeno (C/N), macroelementos (N, P, K, Ca y Mg) y microelementos (Fe, Zn, Cu y Mn), carbono orgánico extraible (COE), ácidos húmicos (AH), ácidos fulvicos (AF), índice de humificación (IH) y grado de humificación (GH). Los resultados indicaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en los contenidos de Cu y en el IH. Asimismo, se detectaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,01$) en el contenido de MO (%), C/N, contenido de Fe y GH. Los tratamientos T1 y T2 presentaron los mejores resultados para los atributos evaluados, aunque todos los compost registraron valores dentro de los rangos adecuados.

Palabras clave adicionales: Macroelementos, microelementos, relación C/N, materia orgánica, humus

ABSTRACT

Chemical and biological evaluation of coffee pulp compost in Caspito, Andrés Eloy Blanco municipality, Lara State, Venezuela

Coffee pulp (PC) is a residue with a high potential of waters and soils contamination when not appropriately handled. Composts made of PC were chemical and biologically characterized in the coffee producing zone of Caspito, Andrés Eloy Blanco Municipality, Lara State, in a complete randomized design with 3 treatments and 4 repetitions. The treatments were prepared by mixing PC and goat manure (EDC) in the following proportions: 1:1 (T1); 1:0.5 (T2), and 1:0.33 (T3) PC. Each treatment was added with coffee parchment (10 %), cutted banana stalks (10 %), urea (0.5 %), and dolomitic limestone (0.8 %). Piles were conformed with the mixtures, and they were covered and mixed once a week. The following attributes were evaluated: temperature, pH, electric conductivity, organic matter (MO), carbon/nitrogen ratio (C/N), macroelements (N, P, K, Ca, and Mg), microelements (Fe, Zn, Cu, and Mn), extractable organic carbon (COE), humic acids (AH), fulvic acids (AF), humification index (IH), and humification grade (GH). The results indicated differences ($P \leq 0.05$) in Cu content and IH. Highly significant differences ($P \leq 0.01$) were detected in MO content, C/N, Fe content, and GH. The treatments T1 and T2 registered the best values for the attributes evaluated, although all the composts showed values into the appropriate ranges.

Additional key words: Macroelements, microelements, C/N ratio, organic matter, humus

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas ambientales asociados a la producción de café es la generación de pulpa. Pujol et al. (2000) indican que en el procesamiento del café maduro se genera 80 % del volumen en calidad de desechos, y cada elemento residual en un grado diferente constituye un riesgo

para el ambiente. Dentro de la cuenca alta del río Yacambú, estado Lara se encuentra la comunidad de Caspito donde se producen aproximadamente 136 t·año⁻¹ de café y se calcula que su procesamiento puede producir cerca de 100 t·año⁻¹ de pulpa, que de no ser manejada adecuadamente puede convertirse en un factor de contaminación en esta importante cuenca.

Recibido: Febrero 7, 2008

Aceptado: Febrero 26, 2009

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Lara. Apdo. 592. Barquisimeto. e-mail: fpierre@inia.gob.ve; aquiroz@inia.gob.ve

² Universidad Nacional Yacambú. Cabudare. Venezuela

Una de las alternativas de manejo de estos residuos orgánicos es el compostaje. Con esto se persigue disminuir en la medida de lo posible, la incineración del material así como también recuperar energía (Barral et al., 2001). La pulpa del café posee características apropiadas para el proceso de compostaje ya que contiene un alto contenido de azúcares (fuente energética), una buena relación carbono:nitrógeno (25-30:1) y un tamaño de partícula adecuado, por lo que el compostaje se ha difundido como una alternativa de manejo de este desecho (Soto y Muñoz, 2002). Su reutilización como enmienda orgánica ha producido incrementos en los rendimientos de café (García, 2001). El objetivo de esta investigación fue la evaluación química y biológica de diversos compost a base de pulpa de café con la finalidad de establecer su potencial para ser utilizado como una enmienda orgánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la comunidad de Caspito, municipio Andrés Eloy Blanco del estado Lara, a 1460 msnm, precipitación de 1700 mm·año⁻¹ y temperatura promedio de 18 °C. Según la clasificación de Holdridge corresponde a un bosque húmedo premontano. Se conformaron tres tratamientos en un diseño completamente aleatorizado con cuatro repeticiones, utilizando pulpa de café (PC) y estiércol de caprino (EDC) en las siguientes proporciones de PC:EDC: 1:1,0 (T1); 1:0,5 (T2) y 1:0,33 (T3). A cada uno se les adicionó 10 % de pergaminio de café, 10 % de vástago de cambur picado, 0,5 % de úrea y 0,8 % de cal dolomítica. Se incorporó el pergaminio de café y vástago de cambur a las mezclas ya que el primero es otro subproducto del procesamiento del café que se desecha en la zona y el segundo un material vegetal no utilizado, generado durante la limpieza de los cafetales.

Las mezclas fueron dispuestas en pilas de forma cónica y tapadas completamente con un plástico negro para conservar la humedad y el calor generado en el proceso. Semanalmente se destapaban las pilas y se registraba la temperatura. Posteriormente, se volteaban y mezclaban para luego rehacer la pila y volverla a tapar.

La finalización del proceso de compostaje se verificó utilizando los criterios señalados por Costa et al. (1991) y Labrador (2001), tales como temperatura estable (igual o muy similar a la

temperatura ambiente), color oscuro y olor a tierra. Cada compost se secó al sol y posteriormente se procedió a tamizarlo. Una muestra de aproximadamente 1 kg de cada unidad experimental se llevó al laboratorio del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA-Yaracuy) donde se determinaron las siguientes características químicas y biológicas: pH y CE en relación suelo:agua (1:5), materia orgánica (MO) determinada mediante la combustión húmeda de Walkley y Black (Brito et al., 2004) y N por el método de Kjeldhal. Los macro y microelementos fueron extraídos con solución ácida nítrica-perclórica (Malavolta et al., 1997) y cuantificados mediante las siguientes técnicas analíticas: P por colorimetría y K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu y Mn por espectrofotometría de absorción atómica. Utilizando la metodología señalada por Ciavatta et al. (1990) se determinaron los parámetros de humificación siguientes: carbono orgánico extraíble (COE), ácidos húmicos (AH), ácidos fulvicos (AF), índice de humificación (IH, que indica la cantidad de C no humificado en relación al C humificado), y grado de humificación (GH, que muestra la relación de las fracciones de AH y AF en relación al COE).

La normalidad de los datos se verificó con las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilks; y posteriormente se realizó análisis de varianza y comparación de medias según la prueba de Duncan utilizando el programa estadístico SPSS, versión 10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura (T): Las T más elevadas se observaron en la quinta semana para los tres tratamientos, con un valor que osciló entre 40 y 42 °C (Figura 1). Durante la sexta semana, la T comenzó a descender hasta estabilizarse en la semana 12, entrando en una fase de enfriamiento que perduró hasta la culminación del proceso de compostaje en la semana 16 (22-23 °C).

Las T máximas alcanzadas durante el proceso de compostaje fueron relativamente bajas, acercándose sólo al límite inferior de la fase termofílica, es decir, 45 °C (Pino et al., 2005). No obstante, los microorganismos más eficientes en la compostación son los mesófilos cuya T óptima corresponde a 35-40 °C, seguido de los termófilos que requieren T de 55 °C o superiores (INTEC, 1999).

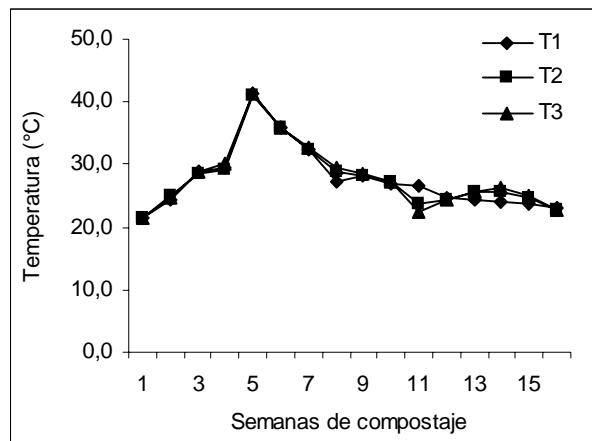


Figura 1. Evolución de la temperatura durante el compostaje de la pulpa de café con tres proporciones de estiércol de caprino

Las temperaturas de 35-40 °C se consideran apropiadas para eliminar patógenos, parásitos y semillas de malezas. Los bajos valores de T alcanzados durante la evolución del compostaje podrían en parte atribuirse a que probablemente la cantidad de nitrógeno aplicado al inicio en forma de úrea para acelerar el proceso fue baja lo que pudo incidir negativamente en la termogénesis del compostaje (INTEC, 1999). Por otro lado, las condiciones climáticas de la zona también pudieron incidir sobre este resultado ya que la temperatura promedio para el período de experimentación fue 22 °C, por lo que el gradiente de temperatura favoreció la pérdida de calor de la pila. Por otro lado, se registraron abundantes precipitaciones que incidieron en la reducción de la radiación solar durante el estudio.

pH: El pH final de los compost varió entre 7,20 y 7,43 sin diferencias significativas ($P>0,05$) entre los tratamientos (Cuadro 1). García et al. (1992) señalan que el pH está fuertemente influido por el tipo de iones aportados por los materiales que se compostan más que por su proporción, lo que justificaría por qué la disminución de la cantidad de EDC en las mezclas no influyó significativamente sobre el pH alcanzado. El valor de pH ideal para el compostaje se ubica entre 6,5-8,0 (Tchobanoglous et al., 1994) los cuales se corresponden con los alcanzados en este experimento. Por su parte, Duicela et al. (2002) encontraron niveles de pH de 8,2 al compostar pulpa de café utilizando aceleradores.

Conductividad eléctrica (CE): Los valores de CE variaron entre 2,39 y 2,86 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$, sin diferencias significativas ($P>0,05$) entre tratamientos (Cuadro 1). Los valores de CE en un compost de buena calidad se ubican entre 2,0-4,0 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Röben, 2002). Resultados similares son indicados por Leal y Madrid (1998), que citan valores de CE entre 2,5 y 2,9 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ en compost de pulpa de café.

Cuadro 1. Características químicas del compost de la pulpa de café con tres proporciones de estiércol de caprino

Variable	Tratamiento			P
	T1	T2	T3	
pH	7,27 a	7,20 a	7,43 a	ns
CE ($\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$)	2,81a	2,86a	2,39 a	ns
C/N	18,12 b	20,23a	21,00 a	$\leq 0,05$
N ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	14,4 a	15,5 a	15,9 a	ns
P ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	5,0 a	4,5 a	4,1 a	ns
K ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	8,6 a	6,5 a	7,6 a	ns
Ca ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	42,3 a	35,0 a	40,9 a	ns
Mg ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	10,5 a	11,7 a	12,3 a	ns
Fe ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	5,4 a	5,4 a	4,3 b	$\leq 0,01$
Zn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	59,9 a	54,3 b	50,3 b	$\leq 0,05$
Cu ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	19,6 a	18,7 a	16,6 b	$\leq 0,01$
Mn ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	193,0 a	194,4 a	182,9 a	ns

Medias seguidas por letras iguales no son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan

Relación Carbono/Nitrógeno: Los valores de relación C/N oscilaron entre 18 y 21. Se detectaron diferencias significativas ($P\leq 0,05$) entre T1 y el resto de los tratamientos, aunque todos ellos se ubicaron dentro de un rango de 12 a 20:1 (Cuadro 1), valores considerados como óptimos (Stofella y Kahn, 2001). Se observó que los valores tendieron a aumentar en la medida en que se disminuyó la proporción de EDC en la mezcla; T1 contó con la mayor cantidad de EDC lo cual debió repercutir en la descomposición de la MO y en la obtención del valor más bajo de relación C/N. Valores de relación C/N dentro del rango óptimo son citados por otros investigadores, aunque difieren parcialmente de los obtenidos en esta investigación. En este sentido, Sánchez et al. (1999) al compostar PC obtuvieron una relación final de 14,4:1. Este valor disminuyó entre 6,9-9,1:1 cuando utilizaron en la mezcla a compostar gallinaza y residuos de refinación de caña de azúcar. Varnero et al. (2007) al compostar residuos de café instantáneo alcanzaron valores de 12:1 e indicaron que su incorporación al suelo no

generaría problemas de inmovilización de N.

Macroelementos (MAE): No se detectaron diferencias significativas ($P>0,05$) entre los distintos tratamientos para cada uno de los macroelementos (Cuadro 1) debido a que la variación en la proporción de EDC en cada una de las mezclas no influyó sobre estos resultados. Los elementos N, P y K presentaron valores dentro del rango adecuado en los tres tratamientos según Cubero (1994) y Röben (2002). De acuerdo con García (2001), lo deseable es que el contenido de N se encuentre estabilizado. La PC es una buena fuente de K que se libera rápidamente durante la descomposición de la MO por su débil asociación al componente orgánico de los residuos vegetales y animales (Dalzell et al., 1991). Los valores de Ca se encuentran dentro del rango deseable mientras que los de Mg estuvieron ligeramente por encima del rango óptimo (Röben, 2002). Resultados parcialmente similares han sido reportados por Soto y Muñoz (2002) en ensayos de compostaje de pulpa de café.

Microelementos (ME): Se detectaron diferencias importantes en los contenidos de Cu, Fe y Zn entre los tratamientos (Cuadro 1). El tratamiento T1 presentó los valores más altos de ME, por lo que la mayor cantidad de EDC aplicada a esta mezcla influyó sobre el contenido de éstos, dado el aporte inicial de ME provenientes del EDC (Acosta et al., 2004). No obstante, Soto y Muñoz (2002) realizaron análisis de ME en compost de PC obteniendo como resultado valores superiores a los obtenidos en esta investigación.

Materia orgánica (MO): El rango de variación de la MO en los tratamientos osciló entre 26,0 y 33,1 % (Cuadro 2). El tratamiento con mayor proporción de EDC (T1) mostró valores de MO significativamente inferiores ($P\leq 0,01$) al resto de los tratamientos. Esto puede atribuirse al hecho de que los estiércoles poseen una cantidad significativa de flora bacteriana así como de N, factores indispensables para la descomposición de la MO (Dalzell et al., 1991). En un compostaje de calidad, los valores de MO se ubican entre 25 y 70 % (Barral et al., 2001), rango dentro del cual estuvieron los tres tratamientos del ensayo. Resultados similares son citados por Duicela et al. (2002) quienes compostaron PC y obtuvieron un porcentaje de MO de 25,7 %. Leal y Madrid (1998) obtuvieron entre 25,2 y 31,1 % de MO en

compost de PC y señalaron que no se observó una tendencia definida en el contenido de MO durante el proceso de compostaje.

Carbono orgánico extraíble (COE): No se detectaron diferencias significativas ($P>0,05$) entre los distintos tratamientos (Cuadro 2) indicando que la disminución en la proporción de EDC no influyó sobre el carbono orgánico extraíble.

Cuadro 2. Características biológicas del compost de la pulpa de café con tres proporciones de estiércol de caprino

Característica biológica	Tratamiento			P
	T1	T2	T3	
MO (%)	26,00 b	31,3 a	33,1 a	$\leq 0,01$
COE (%)	3,27 a	3,23 a	3,81 a	ns
AH (%)	1,81 a	2,08 a	1,98 a	ns
AF (%)	0,65 a	0,73 a	0,70 a	ns
AH+AF	2,46	2,81	2,68	-
IH	0,35 a	0,25 b	0,31 ab	$\leq 0,05$
GH (%)	75,09 b	80,65 a	70,34 c	$\leq 0,01$

Medias seguidas por letras iguales no son estadísticamente diferentes según la prueba de Duncan

Ácidos húmicos (AH) y fúlvicos (AF): No se detectaron diferencias significativas ($P>0,05$) entre los tratamientos (Cuadro 2). Los valores de AH oscilaron entre 1,81 y 1,98 % y los de AF entre 0,65 y 0,73 %. La cantidad de AH y AF está directamente relacionada con el contenido del COE, por lo que los tratamientos registraron la misma tendencia de éste. La prevalencia de AH sobre AF es un indicador de estabilidad en el compost ya que el aumento en el contenido de AH durante el proceso de compostaje está directamente relacionado con el grado de humificación y maduración del producto (Rekha et al., 2005); en general, materiales frescos contienen bajos niveles de AH y altos niveles de AF, y la relación se invierte en la medida que avanza el proceso de compostaje. Fong et al. (2006) reportaron un rango de variación de 2 a 5 % de AH en diferentes pruebas de compostaje.

Índice de humificación (IH): El T2 registró el mayor IH, presentando diferencias significativas ($P\leq 0,05$) con el resto de los tratamientos (Cuadro 2). En términos relativos, este tratamiento (T2) mostró un mayor valor de la fracción AH+AF, lo cual sugiere cierto grado de asociación entre esta fracción y el IH. No obstante, Govi et al. (1993) señalan que pueden existir concentraciones

significativas de compuestos orgánicos complejos que interfieren durante el fraccionamiento de las sustancias húmicas, influyendo en la maduración de la MO. Es de resaltar que los tres tratamientos estuvieron dentro de valores aceptados como buenos con respecto al IH. Acosta et al. (2004) indican que el IH es un parámetro que estima la calidad de los materiales orgánicos y valores menores a 1 se consideran propios de un material maduro. Michel et al. (1995), al compostar residuos vegetales presentaron valores de IH de 0,37 y los autores consideraron bien humificado el material obtenido. Así mismo, Acosta et al. (2004), citan valores de IH de 0,36 para EDC, e indicaron que el material era adecuado para uso agrícola debido a lo estabilizado de su MO.

Grado de humificación (GH): De nuevo, el T2 presentó el mayor valor ($P \leq 0,01$), seguido de T1 y T3 (Cuadro 2). Al igual que en el caso del IH, aparentemente existe cierta relación entre GH y AH+AF, por las mismas razones antes señaladas. Sin embargo, los composts resultantes en los tres tratamientos se consideraron materiales muy humificados ya que los valores de GH estuvieron por encima de 60 % (Acosta et al., 2004). Estos mismos autores citan valores de GH similares a los registrados en nuestra investigación al compostar lodos residuales, aunque cuando compostaron EDC obtuvieron valores mucho menores (30,5 %).

CONCLUSIONES

Los compostajes de pulpa de café obtenidos presentaron valores dentro del rango adecuado para los diferentes atributos químicos y biológicos estudiados. No obstante, la variación en la cantidad de estiércol de caprino aplicado influyó principalmente sobre el contenido final de materia orgánica y la relación carbono: nitrógeno. En la medida en que se redujo la cantidad de estiércol en los tratamientos, ambos atributos incrementaron su valor en el producto finalmente obtenido.

Los parámetros de humificación confirman que se lograron composts bien maduros y estabilizados. Resultó de particular importancia que el tratamiento de menor proporción de estiércol de caprino registrara valores aceptables para la mayoría de los atributos. Por último, se puede señalar que el compostaje representa una

alternativa viable para la transformación de la pulpa del café en una enmienda orgánica de calidad en la zona bajo estudio.

AGRADECIMIENTO

A la Inv. Isabel Elena Arrieche del INIA-Yaracuy por sus aportes a esta investigación y revisión del artículo.

LITERATURA CITADA

1. Acosta, Y., J. Paolini y E. Benítez. 2004. Índice de humificación y prueba de fitotoxicidad en residuos orgánicos de uso agrícola potencial. Rev. Fac. Agron. 21(4): 185-194.
2. Barral, M., M. Domínguez y F. Díaz-Fierros. 2001. Usos del compost y papel de la materia orgánica del suelo. Situación Gallega. Universidad de Santiago de Compostela. http://ecotonon.net/descargas/2005_docs/06_Documento_Usos-del-compost-y-su-papel-en-Galicia.pdf (consulta del 25/05/09).
3. Brito, G., I. Arrieche, E. Bisbal, N. Alfonzo, M. Navas, N. Gómez y P. Yanes. 2004. Manual de Métodos y Procedimientos de Referencia. Inst. Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Venezuela. 138 p.
4. Ciavatta, C., M. Govi, I. Vittori y P. Sequi. 1990. Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on soil polyvinylpyrrolidone. J. Chromat. 22 (164): 141-146.
5. Costa, F., C. García, T. Hernández y A. Polo. 1991. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Murcia. España. 181 p.
6. Cubero, D. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y aguas. FAO. San José, Costa Rica. 300 p.
7. Dalzell, H.W., A. Biddlestone, K. Gray y K. Thurairajan. 1991. Manejo del suelo, producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. Boletín Suelos 56. FAO. Roma. 178 p.

8. Duicela, L., R. Corral, R. Palma, F. Fernández y H. B. Fischersworryng. 2002. Reciclaje de los subproductos de la finca cafetalera. Promsa. Portoviejo, Ecuador. 36 p.
9. Fong, S.S., L.S. Seng, W.N. Chong, J. Asing, M. Faizal y A.S. Pauzan. 2006. Characterization of the coal derived humic acids from Mukah, Sarawak as soil conditioner. *J. Braz. Chem. Soc.* 17(3): 582- 587.
10. García, C., F. Fernández, M. Costa y M. Ayuso. 1992. Evaluation of the maturity of municipal composts using simple chemical parameters. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 23(13-14): 1501 - 1512.
11. García, S. 2001. Mitigación del impacto ambiental que generan los residuales sólidos del beneficio de café a partir de la producción de abono orgánico. Unidad de Control y Gestión de Conocimiento (CATEDES). La Habana. 16 p.
12. Govi, M., C. Ciavatta y C. Gessa. 1993. Evolution of organic matter in sewage sludge: A study base on the use of humification parameters and analytical electrofocusing. *Bioresource Technology* 44(2): 175-180.
13. INTEC. 1999. Manual de Compostaje. Corporación de Investigación Tecnológica de Chile. Santiago. 82 p.
14. Labrador, J. 2001. La Materia Orgánica en los Agrosistemas. Mundi Prensa. Madrid.
15. Leal, N. y C. Madrid. 1998. Compostaje de residuos orgánicos mezclados con roca fosfórica. *Agronomía Tropical* 48(3): 335-357.
16. Malavolta, E., G. Vitti y S. De Oliveira. 1997. Avaliacao do estado nutricional das plants. Principios e aplicacoes. Associacao Brasileira para Pesquisa Potassa e do Fosfato. Piracicaba. Brasil. 201 p.
17. Michel, F., C. Adinarayana Reddy y L. Forney. 1995. Microbial degradation and humification of the lawn care pesticide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid during the composting of yard trimmings. *Applied and Environment Microbiology* 61(7): 2566-2571.
18. Pino, P., M. Varnero y P. Alvarado. 2005. Dinámica del compostaje de residuos vitivinícolas con y sin incorporación de guano broiler. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal* 5(2): 19- 25.
19. Pujol, R., L. Zamora, M. Sanarrusia y F. Bonilla. 2000. Estudio de impacto ambiental del cultivo y procesamiento del café. Programa de desarrollo urbano sostenible. Universidad de Costa Rica. San José. 20 p.
20. Rekha, P., D.S. Suman Raj, C. Aparna, V. Hima Bindu y Y. Anjaneyulu. 2005. Bioremediation of contaminated lake sediments and evaluation of maturity indicies as indicators of compost stability. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2(2): 251-262.
21. Röben, E. 2002. Manual de Compostaje para Municipios. DED/Ilustre Municipalidad de Loja. Loja. Ecuador. 68 p.
22. Sánchez, G., E. Olgún y G. Mercado. 1999. Accelerated coffee pulp composting. *Biodegradation* 10(1): 35-41.
23. Soto, G. y C. Muñoz. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* 65: 123-129.
24. Stofella, P. y B. Kahn (eds.). 2001. *Compost Utilization in Horticultural Cropping Systems.* CRC Press. Boca Raton, FL.
25. Tchobanoglous, G., H. Theisen y S. Vigil. 1994. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Vol II. McGraw-Hill. Madrid.
26. Varnero, M., C. Rojas y R. Orellana. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *J. Soil Sci. Nutr.* 7(1): 28-37.