

EVALUACIÓN DE DIFERENTES FORMULACIONES DE COMPOSTAJE A PARTIR DE RESIDUOS DE COSECHA DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*)

EVALUATION OF DIFFERENT FORMULATIONS FROM WASTE COMPOSTING CROP TOMATO (*Solanum lycopersicum*)

AVALIAÇÃO DE FORMULAÇÕES DIFERENTES DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE TOMATE CROP (*Solanum lycopersicum*)

CARLOS ANDRES NAVIA-CUETIA¹, YULI ZEMANATE-CORDOBA¹, SANDRA MORALES-VELASCO²,
FABIO ALONSO PRADO³, NOÉ ALBÁN LÓPEZ⁴

RESUMEN

Se realizó la evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*), utilizando cuatro tratamientos T1: cal dolomita del 24%, T2: microorganismos eficientes (E.M.), T3: combinación de E.M. con cal dolomita y T4: compostaje tradicional, que sirvió como referente para las formulaciones mencionadas. Las composteras fueron de 1 m³, construidas en guadua y bajo cubierta plástica tipo invernadero. Se tomaron muestras del abono a los 8, 40, 48 y 56 días, las cuales se enviaron al laboratorio. Se registraron datos dos veces por semana de temperatura interna de cada pila, humedad y temperatura ambiente, realizando volteos cada semana. El análisis de varianza mostró que no hay diferencias significativas entre tratamientos ni repeti-

Recibido para evaluación: 29-05-2013. **Aprobado para publicación:** 02-08-2013.

- 1 Ingenieros Agropecuarios, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Grupo de investigación en Nutrición Agropecuaria – Universidad del Cauca.
- 2 Ecóloga. M.Sc. Profesora Titular, adscrita a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias - Universidad del Cauca.
- 3 Ingeniero Agrónomo. M.Sc. Profesor Asistente, adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias - Universidad del Cauca.
- 4 Ingeniero Agrónomo. C-M.Sc. Profesor Asociado, adscrito a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Agropecuarias – Universidad del Cauca.

Correspondencia: samorales@unicauca.edu.co

ciones ($p > 0,05$); pero se presentan variaciones en los valores para el T2 en variables como: pH, materia orgánica, C/Ce, porcentajes de N, P, K, Ca, Mg, cumpliendo la norma NTC 5167, a pesar de no incluir fuentes alternas de nitrógeno que mejoran el proceso de compostaje y el producto que de este se obtiene.

ABSTRACT

*We performed the evaluation of different formulations of compost from crop residues of Tomato (*Solanum lycopersicum*), using four T1: 24% dolomite lime, T2: efficient microorganisms (EM), T3: The combination of EM and dolomite lime and T4: traditional composting, which served as reference for the formulas mentioned. 1m³ the composting were built in bamboo and under plastic cover emissions. Manure samples were taken at 8, 40, 48 and 56 days, which were sent to the laboratory. Data were recorded internal temperature of each battery twice a week, humidity, temperature and precipitation, additionally conducted a dump each week. The analysis of variance showed no significant differences between treatments or replicates ($p > 0,05$), but there are variations in the T2 values for variables such as pH, organic matter, ICC, percentages of N, P, K, Ca, Mg, in some cases with values to the NTC 5167, despite not include alternative sources of nitrogen to improve the composting process and the product that this is achieved. Simultaneously performed cost analysis for each of the formulations, where you can choose any of the fertilizers obtained for each treatment. Additionally positive correlations were found between these variables and environmental parameters.*

RESUMO

*Realiza-se a evacuação de diferentes formulações de compostagem a partir de resíduos de colheita de tomate (*Solanum lycopersicum*), utilizando quatro tratamentos T1: cal dolomita do 24%, T2: microorganismos eficientes (E.M.), T3: combinação de E.M. com cal dolomita y T4: compostagem tradicional, que sérvio como referente para as formulações mencionadas. As composteiras fueiro de 1m³, construídas em guadua e bajo coberta plástica tipo estufa. Tomaram-se mostras do abono a os 8, 40, 48 y 56 dias, as coalhes se enviaram al laboratório. Registraram-se dados dos vesses por semana de temperatura interna de cada pila, humidade y temperatura ambiente, adicionalmente se realizo um volteio cada semana. As análises de variância Não mostrou diferença significativa entre tratamentos e repetições ($p > 0,05$); mas se presentassem variações em os valores para o T2 em variáveis como: pH, matéria orgânica, C/Ce, porcentagem de N, P, K, Ca, Mg, em alguns casos com valores do norma NTC 5167, a pesar de não incluir fontes alternas de nitrogênio que melhoram o processo de compostagem e o produto que de este se obter.*

PALABRAS CLAVE:

Microorganismos eficientes, Materia orgánica, Humedad, Temperatura ambiente.

KEYWORDS:

Efficient microorganisms, Organic material, Humidity, Temperature

PALAVRAS-CHAVE:

Microorganismos eficientes, Matéria orgânica, Humidade, Temperatura ambiente.

INTRODUCCIÓN

Los modelos tradicionales de crecimiento rural han causado graves problemas de contaminación del suelo, aire y agua; contribuyendo en parte a la crisis ambiental que se está viviendo por el incremento de las emisiones atmosféricas y en particular por la generación de residuos sólidos [1]; siendo la agricultura uno de los sectores que más produce residuos en el mundo, participando con 1319,8 Ton/ha/año, de las cuales la horticultura produce 30 Ton/ha bajo invernadero y 25 ton/h al aire libre y el cultivo de tomate representa el 30% de la producción hortícola mundial. Es así como la gestión de los residuos constituye sin duda uno de los retos de la sociedad del siglo XXI para contribuir en alguna medida a disminuir la huella ecológica generada por la actividad agropecuaria [2].

El tratamiento y destino de los residuos orgánicos son una preocupación permanente en la sociedad debido a que generan en su descomposición, fermentaciones incontroladas que causan problemas sanitarios afectando el medio ambiente [1]. En la actualidad el aprovechamiento agrícola de residuos orgánicos es una práctica habitual en nuestra comunidad debido a las elevadas cantidades generadas de estos materiales, al intento de buscar la manera económica de gestionarlos y a la nueva tendencia legislativa mundial [3].

La transformación en compost puede hacerse sin fertilizantes químicos y es una técnica muy utilizada en China desde hace 400 años. El compostaje renueva los ciclos ecológicos, a la vez que evita que los residuos orgánicos terminen en los vertederos. Los microorganismos son la clave para el éxito del reciclaje de los residuos, ya que reducen la materia orgánica dejando a disposición los macro y microelementos esenciales para el desarrollo de las plantas [4].

El compostaje supone una solución a la demanda de materia orgánica, desequilibrios nutricionales de los suelos, costos de fertilizantes y calidad ambiental que tienen que asumir los diferentes productores agrícolas con el fin, de mejorar sus producciones. Mediante este procedimiento, se podrían reducir en un 40 % el peso y en un 50 % el volumen de los residuos tratados; obteniéndose un producto final con valor potencial en el mercado o que podría ser utilizado por los mismos agricultores con múltiples beneficios.

La finalidad de este trabajo fue la evaluación de diferentes formulaciones de compostaje a partir de resi-

duos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum*), en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad del Cauca; además se plantearon unos objetivos específicos como: Determinar la mejor formulación a partir de los residuos de cosecha de tomate para producción de abonos orgánicos y realizar un diagnóstico de los residuos provenientes de la finca San Millán.

MÉTODO

Área de Estudio

El proyecto se desarrolló en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de La Universidad del Cauca, sede las Guacas, al nororiente del municipio de Popayán en la vereda Lame, a 2° 29" de latitud Norte y 76° 33" de longitud Oeste [5]. La zona se ubica a una altitud de 1900 msnm, con una temperatura ambiente promedio de 19°C, precipitación de 2000 mm/año y una humedad relativa del 80%, aspectos climatológicos que corresponden a un clima medio.

La investigación comprendió diferentes etapas desde el acondicionamiento del sitio hasta el análisis de resultados obtenidos en laboratorio.

Acondicionamiento del sitio. Se construyó una cubierta plástica tipo invernadero de 8 x 5x 2,5 metros de alto, ubicada de oriente a occidente para facilitar la circulación de aire, y además evitando que las pilas de compostaje quedaran directamente expuestas al sol y la lluvia.

Composteras. Se construyeron ocho composteras en guadua de 1m³, teniendo en cuenta las cantidades de material generado en la finca, y dispuestas en piso de tierra.

Recolección de residuos orgánicos. En la finca San Millán perteneciente a TECNIAGRO del Cauca, se recolectaron los residuos de dos lotes de tomate bajo invernadero en su fase de eliminación, cuantificando el total de residuos producidos en un área de 1500 m² por lote. La información obtenida se consolidó en un registro, el cual muestra el número de surcos, el número de plantas por surco y finalmente el peso total de los residuos.

Una vez tomadas las especificaciones del cultivo de tomate, se realizó el respectivo pesaje de los residuos de cosecha con un balanzón electrónico. En su mayo-

ría compuestos por tallos, raíces, hojas y frutos sobremaduros.

Llenado de composteras. Se empleó la técnica de sistemas abiertos, los residuos se picaron con machete y se llevaron a las ocho pilas, cada una dispuesta en tres capas consecutivas hasta alcanzar una altura de 0,8 m, estas fueron volteadas cada semana durante los 56 días evaluados.

Seguimiento y control de las pilas de compostaje. Se tomaron registros de temperatura de las pilas (TP) para diferenciar e identificar las fases de descomposición de la materia orgánica y determinar la incidencia de este factor en el proceso de descomposición, los datos fueron tomados dos veces por semana utilizando un termómetro de mercurio durante la compostación.

Toma de muestras. Se tomó una muestra compuesta de cada pila, a los 8, 40, 48, y 56 días, se tamizaron con el propósito de retirar impurezas y mejorar la apariencia, se empacó en bolsas plásticas rotuladas y fueron enviadas al laboratorio de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Minero para su análisis.

Determinación de carbono orgánico oxidable total. Se aplicó el protocolo de Walkley y Black, para determinar los valores del contenido de carbono orgánico y corroborar los datos obtenidos por parte del laboratorio y lograr un referente confiable en cuanto a la relación C/N. Para la aplicación del protocolo se contó con los registros climatológicos de la zona de estudio, ya que estas variables (temperatura ambiente, humedad, y precipitación), están estrechamente ligadas con el proceso de descomposición de la materia orgánica.

Modelo estadístico

Se realizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y dos repeticiones (Cuadro 1).

La variación entre los tratamientos estuvo en la cal y la presencia de Microorganismos Eficientes - EM, que fueron adquiridos en los distribuidores de FUNDASES garantizando la combinación de una bacteria ácido láctica (*Lactobacillus casei*), una bacteria fototrófica (*Rhodospseudomonas palustris*) y una levadura (*Saccharomyces cerevisiae*).

Los datos obtenidos en campo y en laboratorios se analizaron con el programa estadístico SPSS 15.

Cuadro 1. Conformación de los tratamientos

Tratamientos			
T1	T2	T3	T4
Cal al 24%	E.M. (0,3L)	Cal + E.M.	Testigo
Cal (250 g)	Residuos (63 Kg)	Cal (250 g)	Residuos (63 Kg)
Residuos (63 Kg)	E.M (0,075 L)	Residuos (63 Kg)	Tierra (50 Kg)
Tierra (50 Kg)	Tierra (50 Kg)	E.M (0,075 L)	
		Tierra (50 Kg)	

Las correlaciones se realizaron con base en los resultados de los análisis del laboratorio de La Secretaría de Agricultura, la información meteorológica de la estación del aeropuerto Guillermo León Valencia y los datos tomados en campo, verificando cuales de las variables ambientales fueron las más determinantes en el proceso de compostaje.

RESULTADOS

Durante el trabajo de campo, la precipitación promedio durante las siete semanas de evaluación fue de 36,17 mm, destacándose por ser un periodo seco con temperaturas comprendidas en un rango de 19 a 20°C; mientras que la humedad se mantuvo en un promedio de 75,21%.

La cantidad de residuos de cosecha fue de 90,56 kg en 120 m², que es el área por cama de dos surcos constituidos por 400 plantas. Al realizar la conversión a kilogramos por hectárea que es el área total aproximada de la finca se obtendrían 6037,3 kilos de residuos orgánicos.

Análisis descriptivo de los resultados de las pruebas de laboratorio

Se evidencian variaciones entre los resultados obtenidos en el laboratorio de La Secretaría de Agricultura, en los datos obtenidos de la prueba de Walkley y Black, y en el análisis descriptivo realizado con el software estadístico SPSS15.

A continuación se describe el comportamiento de cada uno de los tratamientos, con respecto a cada parámetro, como pH, Materia orgánica, Capacidad de intercambio catiónico (CICe) y elementos mayores como N, P, K, Mg, Ca.

pH. En la figura 1 se puede apreciar las variaciones entre tratamientos los cuales fluctuaron entre 5,9 y 6,6.

Se puede observar que el pH entre los tratamientos fue similar, pero T2 registró valores mayores, esto probablemente dado a un mejor proceso de mineralización por la adición de microorganismos eficientes (E.M.). Estudios realizados aseguran que la adición de estos organismos mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, debido a que la presencia de *Saccharomyces cerevisiae*, permite la mineralización estructuras vegetales como ligninas presentes en los residuos de cosecha de tomate [6].

La mayoría de los cultivos prosperan mejor en tierras con valores de pH entre 6 y 7. El pH del suelo ejerce la influencia individual más importante sobre el aprovechamiento de los elementos minerales que hacen crecer los cultivos, y del mismo modo, la eficiencia del aprovechamiento del fertilizante para el cultivo [7].

Por otra parte según la norma NTC 5167 para productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo el pH debe de estar en un rango entre 4 y 9, debido a su efecto sobre la concentración de elementos nutritivos disponibles para las plantas y la actividad microbiana [8].

Materia Orgánica. En la figura 2, se observa que los tratamientos en los cuales se utilizaron los E.M., presentaron valores entre 2 y 3,8 % superiores a las otras formulaciones evaluadas.

Lo anterior pudo generarse a la actividad de los lactobacilos, que al tener un metabolismo fermentativo, oxidan compuestos orgánicos (azúcares, glucosa)

Figura 1. pH determinado en los tratamientos

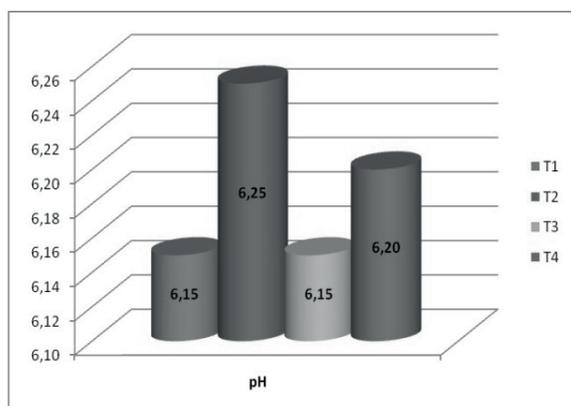
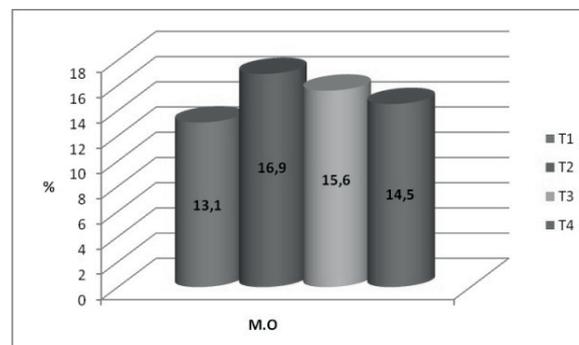


Figura 2. Materia orgánica determinada en los tratamientos

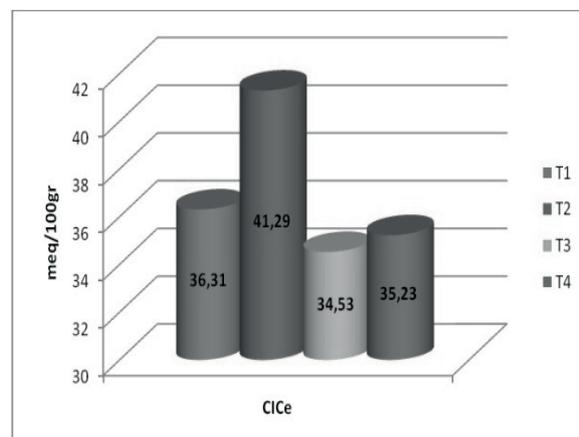


aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa [9], transformando esos materiales e incrementando los porcentajes de materia orgánica por encima del 10,3 que mejoran la fertilidad del suelo [10].

Capacidad de intercambio catiónico. El T2 fue el que registró mayores valores a diferencia del T3, dado a que la cal puede inhibir el intercambio de ciertos nutrientes por el contenido de carbonatos que esta contiene [11].

De acuerdo con estudios en la elaboración de compostaje se afirma que el valor de CICe varía según la textura y el contenido de materia orgánica [12]. Es así como T2 presentó mejores niveles de materia orgánica (16,9%) y una textura franca características adecuadas para un mejor comportamiento del CICe, cumpliendo

Figura 3. Capacidad de intercambio catiónico encontrada en los tratamientos



con la norma NTC 5167 [13], la cual indica que para el intercambio catiónico el valor mínimo debe de ser de 35 meq/100 g para abonos orgánicos provenientes de residuos vegetales.

Elementos mayores: Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

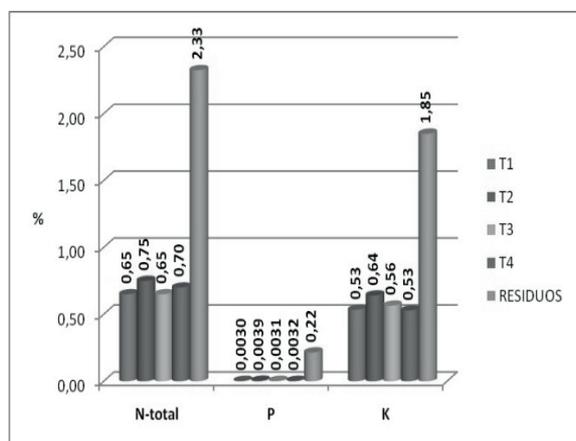
En la figura 4, se observan los valores en porcentaje de los elementos mayores (N,P,K) y de los residuos vegetales usados en para el compostaje. El T2 presenta los contenidos más altos de Nitrógeno (0,75%), Fósforo (0,0039%) y Potasio (0,64%).

El aporte nitrógeno provenientes de los residuos de tomate (tallos y hojas) es del 2,33%, del cual el T2 alcanzó a mineralizar cerca del 32,18% del suministrado por el material vegetal. En cuanto al Fósforo el aporte es del 0,22%, alcanzando recuperar el 1,77% del total hallado y para el potasio la cantidad es del 1,85%, por lo tanto solo se alcanzó a extraer un 34,59% [11].

Los valores bajos de estos elementos, se deben en gran medida a la baja relación que se presentó entre C/N a través de todo el proceso de compostaje (15,5/1), ya que la relación óptima debe ser de 25-35/1 [12], para que el proceso se desarrolle de manera adecuada, explicándose por la carencia de fuentes nitrogenadas como estiércoles de animales que pueden aportar hasta el 54 % [14].

Los resultados obtenidos para fósforo, difiere de los expuestos en otros estudios [12], donde argumenta que el porcentaje debe estar entre 0,1 a 1,6%, atribuyéndose en cierta medida a que su contenido depende de la cantidad de materia orgánica y el pH del sustrato

Figura 4. Nitrógeno, Fósforo y Potasio determinados en los tratamientos



en el compostaje, ya que la materia orgánica al descomponerse libera gran cantidad de ácidos orgánicos que solubilizan fosfatos y el pH hace que elementos como el Al y Fe se neutralicen y se permita la movilización del Fósforo [15].

El Potasio se encuentra ligado con el contenido de materia orgánica y en particular de los residuos del tomate, alcanzando valores del 0,64 % para el T2, esto debido a la mineralización por parte de los E.M.; y cumpliendo los rangos permitidos están entre 0,4 a 1,6 % [10, 12].

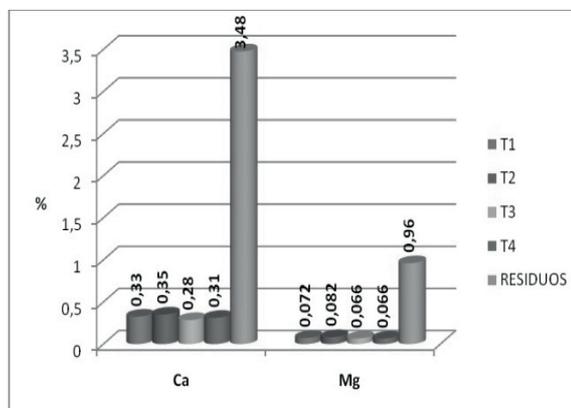
Calcio y Magnesio. En la figura 5 se aprecia que el T2 reveló los mayores porcentajes de los cuatro tratamientos evaluados, 0,35% para Ca y 0,082% para Mg.

Estos nutrientes se encuentran en tallos y hojas de tomate en un porcentaje de 3,48% para el caso del Calcio y de 0,96% para el Magnesio [11], con el compostaje de los residuos de cosecha de tomate sólo se extrajo un 10,05% del total del Calcio y un 8,54% del total de Magnesio.

El promedio de Calcio en los tratamientos fue de 0,31%, clasificando su contenido como bajo [12], quien establece que los niveles de Calcio para abonos compostados debe encontrarse en un rango de 6,0 a 11%.

De igual manera se comportó el Magnesio con un nivel de 0,071%. Lo anterior se encuentra directamente relacionado con el pH, ya que a menor nivel de pH se presenta una baja concentración de este elemento

Figura 5. Calcio y Magnesio determinados en los tratamientos



reportando niveles mínimos de este elemento 1,6% en abonos provenientes de residuos orgánicos [10, 8].

Resultados de análisis químico

El análisis de nutrientes del abono obtenido corresponde a un compost maduro, en el cual se identifica y determina el cumplimiento de algunos de los parámetros sugeridos por la Norma Técnica Colombiana (NTC 5167) [13].

Los resultados expuestos en el cuadro 2 muestran que algunos valores nutricionales están por debajo de los rangos que exige la NTC 5167 del ICONTEC. Esto se debe a que los diferentes abonos compostados que regula la norma provienen de mezclas heterogéneas de residuos vegetales y animales que han sido mezclados para la preparación de abonos orgánicos mejorados.

En particular, este abono se puede calificar como abono simple dado a que solo se utilizó material vegetal de tomate. Los abonos orgánicos simples se consideran en la práctica como una enmienda orgánica, mejora la estructura del suelo, la porosidad, su abundancia en la aplicación permite recuperar los suelos, aportando algunos nutrientes dependiendo de su origen, y en cultivos de corto y mediano plazo dichos residuos adelantan el proceso de compostaje y pueden reemplazar las fertilizaciones hasta en un 20% [16].

Correlación ambiente – Registros

Materia Orgánica. Se halló una correlación positiva con la variable de N-Total la cual presentó un valor de 0,844 ($p < 0,01$). Esto se debe a que a mayor contenido de Nitrógeno se aumentan los niveles de Carbono obteniendo un incremento de 1,724 veces más

de materia orgánica mejorando la calidad del abono compostado [16].

Fósforo. La correlación fue significativa ($p < 0,05$) con el N-Total con una relación de 0,408 y altamente significativa ($p < 0,01$) con la variable materia orgánica con una

relación de 0,416, esto se debe posiblemente a que el fósforo se encuentra entre un 50 a un 60% en el estado avanzado de descomposición de los materiales vegetales llegando a presentarse en los coloides en forma de humus, que es una forma estable de la materia orgánica; su mineralización está regulada por la biomasa microbiana que es el componente orgánico central del ciclo del fósforo contenido en el material orgánico [17].

La variable de precipitación, presenta una relación de (-0,419) parámetro que afecta en gran medida y de forma directa a la humedad, cambiando el ambiente propicio para la descomposición de la materia orgánica de la cual se obtiene el fósforo y otros nutrientes [16].

Potasio. Se halló una correlación positiva con los niveles de pH en una relación de 0,406 ($p < 0,05$), demostrando que el incremento en el nivel de pH ayuda a mejorar el ambiente propicio para la acción de los microorganismos encargados de la mineralización del Potasio contenido en la materia orgánica [18].

También se halló una correlación ($p < 0,01$) con la variable temperatura de pila en una relación de (-0,720), debido a que al disminuir la temperatura interna en la pila de compostaje se aumenta la humedad dentro de la misma lixiviando el Potasio existente en los materiales compostados [16].

Cuadro 2. Composición nutricional de los compost obtenidos Vs. norma NTC 5167

Parámetro	T1	T2	T3	T4	Limite Norma Mín – Máx
Nitrógeno %	0,58	0,63	0,59	0,63	1,5
Fósforo %	0,0024	0,0027	0,002	0,0023	1,0 - 4,0
Relación C/N	11,65	13,08	13,91	12,03	< 20
Materia orgánica %	13,05	16,91	15,59	14,52	> 20
Carbono orgánico %	7,57	9,81	9,04	8,42	5 - 15
pH	6,15	6,25	6,15	6,20	4 - 9
CiCe (meq/100 g)	36,31	41,29	34,53	35,23	> 35

Fuente: Norma NTC 5167

Calcio. Presentó una correlación ($p < 0,05$) con la humedad ambiental en una relación de (-0,403), debido a que en ambientes áridos o secos con baja humedad los niveles de Calcio son altos. También se presentó una relación ($p < 0,01$) con las variables: temperatura de pila y la precipitación con una relación de (-0,717) evidenciando que la temperatura de pila reduce el contenido de humedad en el compostaje por el aumento en la evaporación, factor que afecta la movilización del Calcio en forma de catión [17].

Intercambio catiónico. Presento correlación con la temperatura de pila presentando una relación de (-0,688) en ($p < 0,01$), situación que se puede atribuir a que el aumento de temperatura interna de pila disminuye el índice de humedad que es un factor necesario para el intercambio catiónico entre los diferentes coloides del suelo [18].

CONCLUSIONES

Al realizar la evaluación de los diferentes tratamientos no se encontraron diferencias significativas para las variables analizadas, sin embargo, el T2 (adición de E. M.) mostró un mejor comportamiento para las variables de pH, C/Ce, materia orgánica, Nitrógeno, Fosforo, Potasio, Calcio y Magnesio.

El compostaje es una de las alternativas que pueden mejorar la disposición final de los residuos de cosecha y teniendo en cuenta el nivel de residuos orgánicos generados en la finca San Millán, se pudo establecer que es una opción para la biotransformación de dichos materiales, ayudando así a la recuperación y ciclaje de nutrientes.

Al realizar una comparación entre los resultados hallados en el estudio y las exigencias requeridas por la norma NTC 5167 del ICONTEC, para la producción y comercialización de abonos orgánicos en Colombia, se puede afirmar que estos se cumplen para las variables como pH, C/Ce, mas no para la variable materia orgánica. Para las demás variables es difícil afirmar el cumplimiento de la norma dada la ambigüedad de la misma, donde no se indican los rangos permitidos para estos productos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Tecniagro del sur, que permitió utilizar los residuos de la finca San Millán.

A la Universidad del Cauca y la Facultad de Ciencias Agropecuarias, por permitir utilizar sus instalaciones para el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS

- [1] BOTERO, R. Sistema Integrado de Manejo de Residuos, tecnología apropiada para el medio rural en el trópico [online]. Available: <http://www.emmexico.com/residuos.pdf>. [Citado en 11 de Junio de 2010].
- [2] DUPUIS, I. Estimación de los residuos agrícolas generados en la Isla de Tenerife, Información Técnica [online]. Available: http://www.agrocabildo.com/publica/publicaciones/sost_28_L_estima_residu_agricola.pdf. [citado en 11 Junio de 2010].
- [3] ESCOBAR, N., MORA, J. y ROMERO, N. Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca, Boletín Científico, Centro De Museos, Museo De Historia Natural, 6 (1), 2013, p.75 – 88.
- [4] FIAD, J. Residuos Orgánicos [online]. Available:<http://www.monografias.com/trabajos10/organ/organ.shtml> [citado en 11 Junio de 2010].
- [5] GUTIÉRREZ-REY, H. J. Clasificaciones climáticas. Bogotá (Colombia) Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras (HIMAT): 1989, 87 p.
- [6] COLOMBIA. FUNDASES. Fundación de Asesorías para el sector rural, taller de Bioprocesos [online]. Available:http://ecorganicas.com/Cont/index.php?option=com_content&task=view&id=2&Itemid=12010. [citado en 11 Junio de 2010].
- [7] PASCUAL, I., AZCONA, I., AGUIRREOLEA, J., MORALES, F., CORPAS, F. J., PALMA, J. M., RELLAN-ALVAREZ, R., SANCHEZ-DIAZ, M. Growth, yield, and fruit quality of pepper plants amended with two sanitized sewage sludges. J Agric Food Chem 58 (11), 2010, p. 6951–6959.
- [8] RODRIGUEZ, M. A., VANEGAS, J., ANGOA M., MONTAÑEZ J.L. Extracción secuencial y caracterización isicoquímica de ácidos húmicos en diferentes compost y el efecto sobre el trigo. Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas. 1 (2), 2010, p. 135-149.
- [9] OHIO STATE UNIVERSITY. Optimizing mixing compost ratios Ohio, 2012. [online]. Available: http://www.oardc.ohiostate.edu/ocamm/t01_pa

- geview2/Workshops_and_Conferences.htm [citado 19 de octubre de 2012].
- [10] ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA - FAO. Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. Roma (Italia): Dirección de fomento de tierras y aguas, 2009, p. 3 -14.
- [11] CALDERÓN, F. Requerimientos nutricionales de un cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en la Sabana de Bogotá [online]. Available: http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Tomate/Requerimientos_Nutricionales.htm. [citado en 15 agosto de 2010].
- [12] MORENO, J., MORAL, R. Compostaje. Madrid (España): Ediciones Mundi-prensa, 2008, p. 78-85.
- [13] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5167: productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Bogotá: ICONTEC, 28 de mayo del 2004.
- [14] CASTILLO, A., QUARION, S. y IGLESIAS, M. Caracterización Física y Química de Compost de Lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados [online]. Available:http://scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=280720000008&ing=es&nrm=iso. [citado en 26 abr. 2012].
- [15] BETENCOURT, E., DUPUTEL, M., COLOMA, B., DESCLAUX, D., HINSINGER, P. Intercropping promotes the ability of durum wheat and chickpea to increase rhizosphere phosphorus availability in a low P soil. *Soil Biol. Biochem.* 46 (1), 2012, p. 181-190.
- [16] MUÑOZ, J. Compostaje en Pescador, Cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas medioambientales [Tesis Ingeniero Ambiental] Palmira (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y Administración, 2009, p. 9 – 21.
- [17] BOBADILLA, H y RINCÓN, S. *Aislamiento y producción de bacterias de fosfato solubilizadas a partir de compost obtenido de residuos de plaza* [Trabajo de grado Microbióloga Industrial]. Bogotá (Colombia): Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, 2008, p. 8-16.
- [18] BHATTARAI, R. KALITA, P. YATSU, S. HOWARD, H. SVENDSEN, N.G. Evaluation of compost blankets for erosion control from disturbed lands. *Journal of Environmental Management*, 93 (3), 2011, p. 803 – 812.