

Rendimiento del cultivo de yuca con abonos orgánicos y químicos en un suelo ácido

Manihot cultivation yield using organic and chemical fertilizers in an acid soil

Fecha de recepción: 18 de enero de 2016
Fecha de aprobación: 26 de agosto de 2016

Enrique Miguel Combatt-Cabellero¹
Janer Miguel Polo-Santos²
Alfredo de Jesús Jarma-Orosco³

Resumen

La yuca es un producto que requiere ser establecido en condiciones de una agricultura amigable con el ambiente. El objetivo de este trabajo fue conocer el rendimiento del cultivo de yuca con la aplicación de diferentes dosis de abonos orgánicos tipo bocashi. El experimento se realizó en el municipio de Ciénaga de Oro (Córdoba), donde se estableció la variedad ICA-costeña con una densidad de 12.300 plantas/ha. Se incorporó en la siembra el 50 % de bocashi y lombriabono, el 25 % un mes después y el resto a los dos meses. Los tratamientos fueron 500, 1.000, 1.500 y 2.000 kg.ha⁻¹ de bocashi más 200 kg.ha⁻¹ de lombriabono, un tratamiento testigo absoluto y un testigo químico. Los datos se colectaron a los 240 días después de establecido el cultivo, y las variables evaluadas fueron: número de raíces, masa seca de raíces, índice de cosecha y producción total por hectárea. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los resultados indicaron que el tratamiento de 1.500 kg.ha⁻¹ de bocashi más 200 kg.ha⁻¹ de lombriabono fue el de mejor respuesta, con un índice de cosecha del 74,57 %, y que los valores más altos de número de raíces, masa seca de raíz y rendimiento se encontraron con la aplicación de 2.000 kg.ha⁻¹ de bocashi más 200 kg.ha⁻¹ de lombriabono.

Palabras clave: compostaje; lombriabono; nutrición de la planta; raíces tuberosas; residuos de cosecha; yuca.

1 Ph.D. Universidad de Córdoba (Montería-Córdoba, Colombia). ecombatt@correo.unicordoba.edu.co.

2 Ms.C. Universidad de Córdoba (Montería-Córdoba, Colombia). jpolo@fca.edu.co.

3 Ph.D. Universidad de Córdoba (Montería-Córdoba, Colombia). jarma@fca.edu.co.

Abstract

Cassava (*Manihot esculenta*) is the fourth most important world food product after rice, wheat and corn, and is part of diet of more than 100 million people worldwide; therefore, it is necessary to implement its establishment in environmentally friendly agriculture conditions. This study aimed at determining the cassava crop yield, applying bokashi organic fertilizer at different doses. The experiment was conducted in the municipality of Ciénaga de Oro (Córdoba), where the variety ICA-costeña with a 12 300 plants/ha density was established. At planting, 50 % of bokashi and vermicompost was incorporated, 25 % was added a month later, and the rest two months later. The treatments were 500, 1000, 1500 and 2000 kg ha⁻¹ of bokashi, plus 200 kg.ha⁻¹ of vermicompost, additionally a treatment without application, and a chemical treatment.

The data were collected 240 days after the crop was established, and the evaluated variables were a) number of roots, b) dry root weight, c) harvest index, and d) total production per hectare. A randomized complete block design with four replications was used. The 74.57 % harvest index was the best response, and was obtained with 1500 kg ha⁻¹ of bokashi and plus 200 kg.ha⁻¹ of vermicompost. The highest number of roots, dry root mass, and yield were found with the application of 2000 kg ha⁻¹ of bokashi plus 200 kg.ha⁻¹ of vermicompost.

Keywords: composting; corms; crop residues; *Manihot esculenta*; plant nutrition; soils; vermicompost.

I. Introducción

En la sabana de Córdoba se localiza el municipio de Ciénaga de Oro, cuyos suelos son planos, ondulados y quebrados, cubiertos por pasturas, en mayor proporción, sistemas agrícolas, vegetación arbustiva y rastrojos derivados de la acción antrópica. La actividad productiva del sector agrícola de este municipio gira alrededor del cultivo de la yuca y el maíz (1).

De acuerdo con los registros de las secretarías de agricultura de seis departamentos de la región Caribe, en 2009, el 92 % de la producción de yuca fue de doble propósito: para consumo directo e industrial. El municipio de Ciénaga de Oro (departamento de Córdoba), con 131.200 t, ocupa la primera posición en cuanto a producción de yuca en la región, seguido de El Carmen de Bolívar (departamento de Bolívar), con 72.000 t; Ovejas (Sucre), con 52.800 t, y San Juan Nepomuceno (Bolívar), con 48.000 t (2).

En las condiciones de suelos ácidos, con escaso fósforo disponible, texturas arenosas y bajo potencial nutricional en las zonas productoras de la sabana de Córdoba y Sucre, la producción de yuca ha sido afectada por los bajos índices de rentabilidad por unidad productiva. Anualmente, los agricultores de esta región dedican 3.800 ha al cultivo de yuca; por lo general, el 21 % de estas se manejan como monocultivo; el 24 %, en asocio con maíz, y el 55 %, intercalada con maíz y ñame, de las cuales dependen más de 1865 familias, que contribuyen con el aporte de 57.250 t de yuca industrial y de consumo en fresco, destinadas al mercado fresco, el 27,3 %, y a la industria de productos balanceados, el 72,7 %, a nivel local, regional y nacional (3).

Esta reducción en los rendimientos se puede deber a varios factores; entre ellos, a que los suelos de la zona productora han sido cultivados durante más de 30 años, con un uso intensivo y métodos de labranza que degradan u oxidan rápidamente los contenidos de materiales orgánicos, lo que ha ocasionado que en esta zona los porcentajes de materia orgánica se encuentren por debajo del 2,5 %. Jaraba *et al.* (4) reportaron contenidos de

MO entre 1,2 % y 2,5 % en suelos de los municipios de Lorica, Montería y Montelíbano (Córdoba). Banger *et al.* (5) indican que la conservación y almacenamiento de carbono orgánico del suelo (COS) es importante para mejorar las propiedades del suelo y sostener la productividad de los cultivos y la calidad del medioambiente. La reducción de los materiales orgánicos también afecta directamente algunas propiedades físicas de los suelos, es así como en estos suelos se presentan horizontes con alto grado de compactación o cementación, lo cual afecta la infiltración y la redistribución de agua, reduce el intercambio gaseoso, disminuye la actividad biológica y aumenta las pérdidas de agua por escorrentía y el lavado de elementos nutricionales, perjudicando el crecimiento y desarrollo de los tubérculos de la yuca.

Para mejorar las propiedades físicas de los suelos y la infiltración del agua, reducir las altas densidades y aumentar la porosidad, se pueden implementar actividades de manejo como la rotación de cultivos y la aplicación de abonos orgánicos, las cuales mejoran el aporte de materia orgánica, de nutrimentos y microorganismos para potenciar la biodiversidad edáfica, optimar las variables edáficas ligadas a su conservación y la absorción de nutrimentos, favoreciendo la fertilidad del suelo y la nutrición de las plantas (6, 7).

El compost, producto de la descomposición de la materia orgánica por acción de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos y del proceso de compostaje de lombrices, que transforma los desechos orgánicos en compuestos estables, por la acción de la lombriz roja (8), se usa para rehabilitar suelos, dado que mejora las condiciones biofísicas de estos gracias a su alta actividad microbiana; además, la aplicación de esta enmienda favorece el desarrollo de los cultivos y, por ende, el aumento de la producción (9). Según Leblanc (10), el bocashi es un abono orgánico de origen japonés que se produce en un tiempo más corto que el compost, y en un proceso aeróbico, pero no por fermentación.

Debido a los menores rendimientos y a los bajos contenidos de materia orgánica y de residuos orgánicos de los suelos de esta zona, para mejorar la competitividad del cultivo y pasar a una agricul-

tura sostenible, basada en el respeto de los principios ecológicos y en el aprovechamiento racional de sus sistemas biológicos, se planteó como objetivo de este estudio conocer la respuesta, en cuanto a rendimiento, del cultivo de yuca a la aplicación de abonos orgánicos y a la fertilización química en un suelo ácido de Córdoba.

II. Materiales y métodos

Método de campo. El experimento se estableció en una finca ubicada en la vereda “Los Copeles”, municipio de Ciénaga de Oro, departamento de Córdoba, que se localiza en las coordenadas geográficas 8° 52' latitud norte y 75° 36' longitud oeste, a una altura de 30 m s. n. m., con una humedad relativa de 85 %, precipitación de 1.350 mm.año⁻¹ y una temperatura promedio de 27,8 °C.

Se estableció el cultivo de la variedad ICA-costeña, a una densidad de población de 12.300 plantas.ha⁻¹, en unidades experimentales de 72 m² con una distancia de siembra de 0,9 m entre hileras por 0,9 m entre plantas, distribuidas de forma aleatoria en 4 bloques con sus respectivos tratamientos y 2 m entre bloques. Al momento de la siembra se incorporó el 50 % de la dosis de bocashi, más la dosis completa de lombriabono, que presentaban contenidos de carbono orgánico, que oscilaron entre 12,3 % y 15,4 %, y nitrógeno, entre 1,2 % y 2,3 %. Un mes después de la siembra se aplicó en corona el 25 % de la dosis a una distancia de 20 a 30 cm del tallo de la planta, y de la misma forma se aplicó el resto de la dosis de los abonos orgánicos a los dos meses después del establecimiento. Además de los tratamientos orgánicos, en la investigación se dejó un testigo absoluto, o sea, un tratamiento sin la aplicación de abonos y un testigo químico, al cual se le realizó una aplicación completa de 300 kg.ha⁻¹ de fertilizante triple quince (15;15;15 de N, P y K), dividida en 150 kg.ha⁻¹ al momento de la siembra y 150 kg.ha⁻¹ un mes después, en forma localizada a 20 o 30 cm del tallo de la planta. A este cultivo se le realizó un manejo integrado de malezas, plagas y enfermedades, según lo recomendado Álvarez (11).

Variables independientes y dependientes del estudio. Se utilizaron seis tratamientos: un testigo absoluto (To), sin abono orgánico; cuatro tratamientos con abono orgánico Bocashi: 500 kg.ha⁻¹ (T1), 1.000 kg.ha⁻¹ (T2), 1.500 kg.ha⁻¹ (T3) y 2.000 kg.ha⁻¹ (T4), a los cuales se les adicionaron 200 kg.ha⁻¹ de lombriabono, y un testigo químico (T5), de 300 kg.ha⁻¹ de Triple 15). Las variables de respuesta evaluadas en este estudio fueron: altura – pero no se consideró en los resultados por no presentar diferencias estadísticas–, índice de cosecha (IC), masa seca de raíces, número de raíces por planta y rendimiento de raíz (kg.ha⁻¹), según los descriptores recomendados para la caracterización de la yuca (12). Los abonos bocashi y lombriabono preparados por los campesinos con materiales de la zona presentaron las siguientes características químicas: pH ligeramente alcalino, con rangos que oscilaron entre 7,35 y 7,55; carbono orgánico, entre 12,95 % y 16,85 %; nitrógeno, entre 1,2 % y 2,3 %; S de 221,4 mg.kg⁻¹ y P de 171,2 mg.kg⁻¹; Ca, Mg y K con 20,25, 20 y 17,4 cmol⁺ kg⁻¹, respectivamente. El suelo donde se estableció el cultivo presentó: pH 5,26, MO 0,51 %, Ca, Mg y K con 2,5, 2 y 0,2 cmol⁺ kg⁻¹, respectivamente, y capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) de 5,42 cmol⁺ kg⁻¹.

Análisis estadístico. A los datos obtenidos en campo en el diseño experimental de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones a los 240 días después de la siembra, se les realizó análisis de normalidad y homogeneidad para su posterior análisis de variancia y prueba de medias de Tukey al 5 %, utilizando el paquete estadístico SAS versión 9.1.

III. Resultados

Los resultados indican diferencias altamente significativas para las variables índice de cosecha (IC), masa seca de raíces (MSR) y producción en toneladas por hectárea (t.ha⁻¹), y no se encontraron diferencias estadísticas para número de raíces por planta (NRP), como se observa en la Tabla I.

Tabla I. Cuadrado medio del análisis de variancia para diferentes variables del cultivo de yuca sometido a diferentes tratamientos orgánicos y químico.

F. de V.	GL	IC	NRP	MSR	t.ha ⁻¹
Tratamientos	5	44.2480**	2,2047ns	44.348,8**	10,1807**
E(A)	15	0,0986	0,9006	727,5	1,3584
CV (%)		0,4458	13,25	2,64	5,49

F. de V: fuentes de variación. GL: grado de libertad. IC: índice de cosecha; NRP: número de raíces por planta; MSR: masa seca de raíz; ns: no significativo. ** Altamente significativo. E(A): error aleatorio. CV: coeficiente de variación

Índice de cosecha (IC). La cantidad de biomasa acumulada en los tubérculos del cultivo de yuca, en relación con la biomasa total de la planta, presentó diferencias significativas entre todos los tratamientos, siendo el T3 (1.500 kg ha⁻¹) el que presentó mayor eficiencia en el IC, con un valor de 74,57 %; el testigo absoluto y el testigo químico alcanzaron un IC de 67,36 % y 71,60 %, respectivamente (Figura 1).

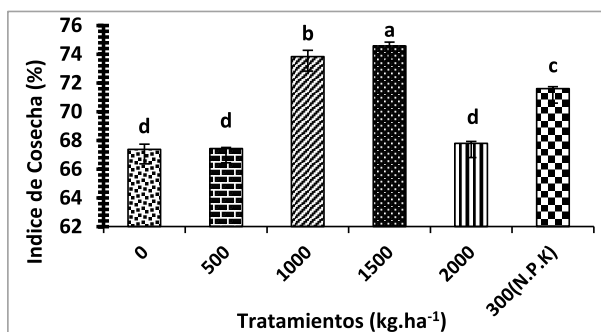


Fig. 1. Índice de cosecha del cultivo de yuca bajo diferentes dosis de abonos orgánicos tipo bocashi.

Número de raíces por planta. Al observar los resultados de esta variable no se encontraron diferencias significativas (Figura 2). El número de raíces o de tubérculos fue en promedio de 7,2 raíces/planta para los tratamientos T0, T1 y T2 que corresponden a 500, 1.000 y 1.500 kg.ha⁻¹ de abono orgánico; mientras que el tratamiento químico tuvo el menor promedio, con 6,2, y el T4 (2.000 kg.ha⁻¹) tuvo el mayor, con 8,4 raíces/planta.

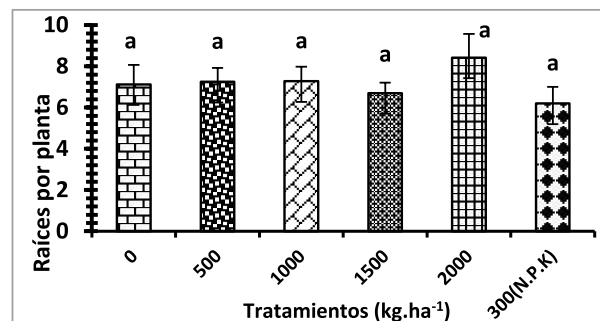


Fig. 2. Raíces por planta de yuca bajo diferentes dosis de abonos orgánicos tipo bocashi.

Masa seca de raíz. Al realizar la prueba de media de tukey (P<0.05) se encontró diferencia significativa entre el T4 (2.000 kg.ha⁻¹) y los demás tratamientos evaluados. Los valores de masa seca de raíz más altos (1167,8 g) se obtuvieron al aplicar 2.000 kg.ha⁻¹ de bocashi + 200 kg.ha⁻¹ de lombrabono (T4), mientras que las plantas bajo fertilización química presentaron los valores promedios más bajos de biomasa seca en la raíz (842,1 g). Los tratamientos T0, T1 T2 y T3 (0, 500, 1.000, 1.500 kg.ha⁻¹) presentaron un comportamiento muy similar entre sí, con aproximadamente 1040 g/planta (Figura 3).

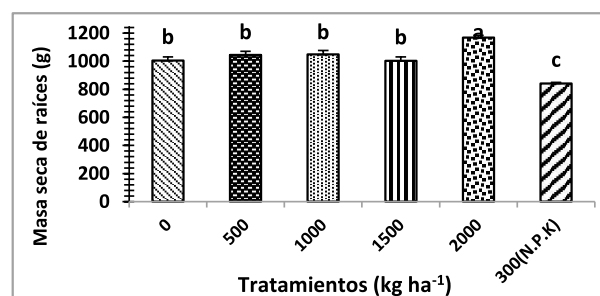


Fig. 3. Masa seca de raíz de yuca bajo diferentes dosis de abonos orgánicos tipo bocashi.

Producción. La producción total de raíces frescas presentó diferencias altamente significativas; la más alta, 23,59 t.ha⁻¹, se obtuvo con el T4. Los T0, T1, T2 y T3 (0, 500, 1.000, 1.500 kg.ha⁻¹) presentaron una producción aproximada a las 21 t.ha⁻¹, y el T5 (Tratamiento químico) presentó, en promedio, la producción más baja, con 19,08 t.ha⁻¹ (Figura 4).

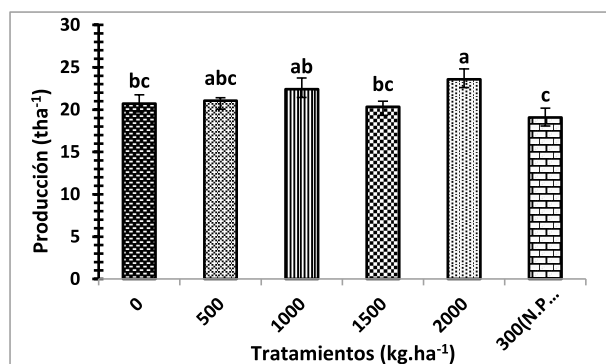


Fig. 4. Producción de tubérculos de yuca bajo diferentes dosis de abonos orgánicos tipo bocashi y abono químico.

IV. Discusión

La diferente acumulación de biomasa, caracterizada por el índice de cosecha que se encontró en las plantas, según los tratamientos evaluados, se puede explicar por el efecto en la oferta de nutrición mineral (CO, N, P y S, entre otros) que presentaron las dosis de abono orgánico aplicadas; en este abono la mineralización es lenta, lo cual puede favorecer que continuamente se suministren elementos nutricionales al cultivo, ya que bajo estas condiciones de suelos con textura arenosa y baja capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe), el proceso de lixiviación tiene un papel importante en la pérdida de nutrientes; además, el abono orgánico aplicado (bocashi más lombriabono) aumenta la actividad microbológica del suelo, lo que puede contribuir al incremento en la actividad rizosférica y, por ende, a una mayor tasa de asimilación de nutrientes, porque el suelo presentó bajo contenido nutricional inicialmente. Según Gosling *et al.* (7), los abonos orgánicos tienden a aumentar el potencial de inóculo micorrízico del suelo, la colonización y la absorción de nutrimento, que se originan por la producción de hormonas y fi-

tohormonas provocada por los microorganismos. Chiew & Rahman (13) exponen que la aplicación de abonos orgánicos es positiva, dado que contribuyen a una mejora en el régimen de humedad, en la estructura y en la materia orgánica del suelo; además, mejoran la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrimentos, debido a la mayor accesibilidad para las raíces activas.

Pieri & Steiner (14) indican que la presión humana sobre los recursos de la tierra, la labranza y el pastoreo excesivo, disminuyen los nutrientes del suelo y la disponibilidad de recursos orgánicos, como la biomasa del suelo, características químicas y biológicas que son necesarias para la conservación del suelo. En este estudio las plantas establecidas en el tratamiento químico presentaron menor altura y diámetro, y las coloraciones en hojas fueron sintomatología de deficiencias, principalmente de N y K; esto se explica por la baja CICe de este suelo, asociada a las texturas, y por la posible lixiviación de estos elementos nutricionales.

En la zona de estudio se presentan texturas francas, franco-arenosas y arenosas-francas, las cuales son altamente permeables; así, la infiltración de agua contribuye a la rápida pérdida de los elementos químicos que componen los fertilizantes. Strudley *et al.* (15) indican que las prácticas de mecanización de los suelos para el establecimiento de cultivos afectan las propiedades hidráulicas del suelo, por reducción del espacio poroso, y, como consecuencia, el almacenamiento y el movimiento del agua, así como el crecimiento vegetal se ven afectados. Estudios realizados por Rasool *et al.* (16) y Bhattacharyya *et al.* (17) han demostrado que la aplicación de materia orgánica a base de estiércol o compost puede incrementar el carbono orgánico del suelo y, como consecuencia, mejorar la agregación de las partículas, aumentando el tamaño de los agregados del suelo.

El incremento en ganancia de masa seca de raíz y producción total de raíces o tubérculos fresco se presentó con el T4 (2.000 kg.ha⁻¹ de bocashi más 200 kg.ha⁻¹ de lombriabono); incremento que se puede explicar por el efecto que tiene esta mezcla de abonos orgánicos en las propiedades químicas y físicas del suelo; en la parte química aporta gran

cantidad de N, P y S, que son elementos esenciales para el desarrollo de los cultivos, y en cuanto a las propiedades físicas, se incrementa la retención de humedad, lo cual contribuye a una mayor solubilización de elementos químicos que se mineralizan de los compuestos orgánicos constitutivos de los abonos que se aplicaron como fuente de nutriente. Sikora y Enkiri (18) explican que el contenido de N de las compostas es 1-3 % y la tasa de mineralización del nitrógeno es cercana al 10 %. Según Rosas (10), en la transformación de abono compostado bocashi se encuentran algunos materiales que tienen minerales, como N, P y S, en sus constituyentes, los cuales son sintetizados a través de los microorganismos, y Yu *et al.* (19), al trabajar con estiércol y abonos orgánicos minerales, encontraron que el carbono orgánico se incrementó en los suelos donde se agregó estiércol, y que además se promovió la formación de micro- y macroagregados.

En la variable *producción total de raíces frescas*, los menores valores en ganancia de fotoasimilados se evidenciaron con el tratamiento químico, debido, posiblemente, a las fracciones texturales francas y franco-arenosas que existen en estas áreas establecidas con el cultivo de yuca. Estas texturas y el bajo contenido de materia orgánica contribuyen con baja capacidad de intercambio catiónico del suelo ($5,42 \text{ cmol}^+ \text{ kg}^{-1}$); por lo tanto, no hay acumulación o retención de los nutrientes aplicados y estos se pierden por lixiviación a los horizontes subsuperficiales. Kalantari *et al.* (20) indican que la materia orgánica incrementa la fertilidad química, física y biológica del suelo. Los resultados encontrados en esta investigación difieren de los reportados por Alban *et al.* (21), quienes señalan que al evaluar el efecto del uso de fertilizantes organominerales y minerales en la producción sostenible de yuca, la mayor acumulación de masa seca se presenta al aplicar fertilización química en suelo ácido de textura arcilla, teniendo una mejor respuesta con respecto a la aplicación de gallinaza en estas condiciones.

V. Conclusiones

Las dosis de abono orgánico tipo bocashi presentaron una respuesta diferencial al compararlas con la aplicación del fertilizante Triple 15. El T4 (2.000 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de abono compostado tipo bocashi, adicionado con 200 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de lombricompost) obtuvo la mejor respuesta para masa seca de raíces y producción total de yuca por hectárea, y al comparar todos los tratamientos, el químico presentó una menor respuesta en todas las variables evaluadas, a excepción del índice de cosecha.

Referencias

- (1) Heredia P, Del Castillo S, Bejarano P, Gordillo M. Información nutricional para tres regiones de Colombia Costa Atlántica, Nariño, Cauca y Valle (CIAT). 2007.
- (2) Aguilera DM. La yuca en el Caribe colombiano: de cultivo ancestral a agroindustrial. Documento de trabajo sobre economía regional. 2012. Núm. 58. 64 p.
- (3) EVA. Evaluaciones Agropecuarias Municipales. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Dirección de Política sectorial. Departamento de Córdoba. Municipio de Ciénaga de Oro. 2013. 1-5 p.
- (4) Jaraba J, Lozano Z, Espinosa M. Nemátodos agalladores asociados al cultivo de papaya (*Carica papaya* L.) en el departamento de Córdoba, Colombia. *Agronomía Colombiana*. 2007; 25(1): 124-130.
- (5) Banger K, Kukal S, Toor G, Sudhir S, Hanumanthraju TH. Impact of long-term additions of chemical fertilizers and farmyard manure on carbon and nitrogen sequestration under rice-cowpea cropping system in semi-arid tropics. *Plant and Soil* 2009; 318: 27-35. DOI: <http://doi.org/10.1007/s11104-008-9813-z>.
- (6) Eghball B, Ginting D, Gilley E. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. *Agronomy Journal*. 2004; 96: 442-447. DOI: <http://doi.org/10.2134/agronj2004.0442>.
- (7) Gosling P, Hodge A, Goodlass G, Bending GD. Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2006; 113: 17-35. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.agee.2005.09.009>.

- (8) Soto G, Muñoz C. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost, y su empleo en la agricultura. Manejo integrado de plagas y Agroecología. Sección Agricultura Orgánica. Agricultura Ecológica CATIE, Turrialba. Costa Rica. 2002; 65: 123-125.
- (9) Rosas A. Agricultura orgánica práctica. Alternativas tecnológicas para la agricultura del futuro. Santa Fe de Bogotá. 2003.
- (10) Leblanc HA, Cerrato ME, Miranda A, Valle G. Determinación de la calidad de abonos orgánicos a través de bioensayos. Tierra Tropical: Sostenibilidad. *Ambiente y Sociedad*. 2007; 3(1): 97-107.
- (11) Álvarez E, Llanos G. Enfermedades del cultivo de la yuca y métodos de control, En: CLAYUCA, CIAT, FENEVI, MADR (Ed), La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización, Cali, Colombia. 2002; 131-147p.
- (12) Fukuda WMG., Guevara CL., Kawuki R., Ferguson ME. Selected morphological and agronomic descriptors for the characterization of cassava. International Institute of Tropical Agriculture (IITA) (ed.), Ibadan, Nigeria. 2010, 19 p.
- (13) Chiew LK, Rahman ZA. The effects of oil palm empty fruit bunches on oil palm nutrition and yield, and soil chemical properties. *Journal of Oil Palm Research*. 2002; 14: 1-9.
- (14) Pieri C, Steiner KGL. importance de la fertilite ´ du sol pour l'agriculture durable-le cas particulier de l'Afrique. *Agric. Dev. Rural*. 1997; 1: 23-26.
- (15) Strudley MW, Green TR, Ascough JC. Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: state of the science. *Soil Till. Res*. 2008; 99: 4-48. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.still.2008.01.007>.
- (16) Rasool R, Kukal SS, Hira GS. Soil organic carbon and physical properties as affected by long-term application of FYM and inorganic fertilizers in maize- wheat system. *Soil and Tillage Research* 2008; 101: 31-36. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.still.2008.05.015>.
- (17) Bhattacharyya R, Prakash V, Kundu S, Srivastva AK, Gupta HS, Mitra S. Long-term effects of fertilization on carbon and nitrogen sequestration and aggregate associated carbon and nitrogen in the Indian sub-Himalayas. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2009; 86: 1-6. DOI: <http://doi.10.1007/s10705-009-9270-y>.
- (18) Sikora LJ, Enkiri NK. Uptake of 15N fertilizer in compost-amended soils. *Plant and Soil*. 2001; 235: 65-73. DOI: <http://doi:10.1023/A:1011855431544>.
- (19) Yu H, Ding W, Luo J, Geng R, Cai Z. Long-term application of organic manure and mineral fertilizers on aggregation and aggregate-associated carbon in a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research*. 2012; 124: 170-177. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.still.2012.06.011>.
- (20) Kalantari S, Hatami S, Ardalan MM, Alikhani HA, Shorafa M. The effect of compost and vermicompost of yard leaf manure on growth of corn. *African J. Agric. Res*. 2010; 5:1317-1323.
- (21) Alban A, Narváez RJ, Madriñán M, Cadavid L, Ospina PB. Efecto del uso de fertilizantes órgano-minerales en la producción sostenible de yuca. *Acta Agronómica*. 2004; 53. 1: 53-58.