

Efecto de la pulpa de cafeto (*Coffea arábica* L.) variedad arábica sobre propiedades químicas de tres suelos del macizo montañoso Guamuhaya

Effect of the pulp of coffee (Coffea arábica L.) variety arábica on the chemical properties of three soils of Guamuhaya mountainous group

M.Sc. Rafael Cervantes Beyra^I, Dr.C. Iván Castro Lizazo^I, M.Sc. José Ramón Cabrera Alfonso^{II},
Ing. Daybelis Fernández Valdés^{III}, Ing. Dayvis Fernández Valdés^{III}

^IUniversidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Agronomía, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II}Instituto de Suelos, Pinar del Río, Cuba.

^{III}Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. La pulpa de café (*Coffea arábica* L.) es un residuo vegetal lignocelulósico que se obtiene después del proceso de beneficiado en húmedo y es liberada en los suelos y acuíferos del macizo montañoso Guamuhaya, por lo que constituye el principal agente contaminante de este ecosistema. La integración armónica del producto sin afectar la fertilidad de los suelos de origen, es una de las principales premisas para preservar la sostenibilidad de estos frágiles paisajes, cerrar el ciclo químico-nutricional de los mismos y conservar el esquema tecnológico-productivo de la industria. Sobre la base de lo planteado, se realizó este trabajo en el poblado de “Aguacate” ubicado en el propio macizo y el objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de pulpa de café en proporción 3:1 (25%) sobre propiedades químicas de un suelo Alítico de Baja Actividad Arcillosa Rojo Amarillento ócrico (ABAAo), un Pardo Sialítico ócrico (PSo) y un Pardo Sialítico mullido (PSm). Para cumplimentar el objetivo se realizaron las pruebas químicas generales y se determinó la relación entre los coeficientes E_{465}/E_{665} . Se agrupó el material experimental en bloques completamente aleatorizados debido a la anisotropía del terreno y se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS *Plus* 5,1 para realizar la prueba ANOVA en la comparación de las medias poblacionales. Los resultados alcanzados mostraron que la pulpa de café liberó al medio elemento mineral contenido en su estructura que aumentaron la saturación y riqueza del complejo cambiante de los edafones; y por tanto, propiciaron la mejora de sus propiedades químicas.

Palabras clave: residuo vegetal, fertilidad de los suelos, acuífero.

ABSTRACT. The pulp of coffee (*Coffea arábica* L.) is a lignocelulosic vegetable residual that is obtained after humid benefit process and is emitted by the coffee industry to the soils and aquifer of the Guamuhaya mountainous group, for that reason it is the main polluting agent of this ecosystem. The integration of the product without affecting the fertility of the origin soils is the main premise to preserve the sustainable state of these fragile landscapes, to close its chemical-nutritional cycle and to conserve the technological-productive outline of the industry. On this basis, this work was carried out in the town of “Aguacate” located in the same mountainous group and the objective was to evaluate the effect of the application of pulp of *Coffea arábica* L. in rate 3:1 (25%) on chemical properties of different types of soils such as Alítico de Baja Actividad Arcillosa Rojo Amarillento ócrico (ABAAO), Pardo Sialítico ócrico (PSo) and Pardo Sialítico mullido (PSm) (according to their classification in Spanish). To fulfill the objective the general chemical tests and the relationship between the coefficients E_{465}/E_{665} were carried out. The obtained results showed that the pulp of coffee released the mineral contained in its structure to the soils what increased the saturation and wealth of the changeable complex elements; and therefore, the improvement of their chemical properties.

Keywords: vegetable residual, soil fertility, aquifer.

INTRODUCCIÓN

La pulpa de *Coffea arabica* L., es un contaminante que constituye una incógnita para la industria cafetalera nacional. En la cosecha 2010-2011 se estimó que fueron producidas más de 4 800 t de residuos sólidos para una producción de 6 000 t del grano (Alemán, 2012), lo que representa una fuente de peligro potencial, teniendo en cuenta que los lugares de producción son montañosos y las precipitaciones pueden arrastrarla a través de suelos y ríos.

Los altos contenidos de este tejido vegetal provocan un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno en los embalses, disminución del pH y presencia de sólidos en suspensión que neutralizan la iluminación solar (Savigne y Romanovski, 2008). Para el caso de los suelos la afectación no es menor. Los fenoles y polifenoles constituyentes de la pulpa son sustancias tóxicas para la mayoría de las especies de artrópodos y microorganismos. Esto induce que un alto contenido de pulpa provoca una disminución de la rica fauna edáfica, en donde los hongos acidófilos son los organismos predominantes y encargados de metabolizar todo ese volumen de materia orgánica (Ortega, 2011).

Bajo estas circunstancias es imperiosa la necesidad de hallar una aplicación para este tipo de producto proveniente de los cafetales que ayude a cerrar el ciclo biológico y proveer a los suelos de un compuesto bifuncional que mejore las propiedades químicas-nutricionales en relación armónica con los demás componentes del paisaje. De esta forma se podrá conservar el esquema tecnológico-productivo de la industria y el país se ahorrará cuantiosos recursos al no tener que introducir nuevas tecnologías para este procesamiento agroindustrial.

En este sentido, es bien conocido que la pulpa de café es un compuesto portador de un amplio horizonte de elementos de primera prioridad para el desarrollo de las plantas y la fertilidad del suelo como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio los que pueden llegar a alcanzar un nivel de representación porcentual en el tejido lignocelulósico de 33,7; 2,5; 57,5; 4,1 y 1,6 respectivamente (Sadeghian, 2012).

Según su composición química, 45,45 kg de pulpa de café en base seca equivalen a 4,54 kg de fertilizante inorgánico de N-P-K en las proporciones 14-3-37 lo que refleja la alta cantidad de potasio que contiene. Otros compuestos encontrados, expresados en porcentaje en base seca, son: fenoles libres (2,6), taninos (1,80-8,56), sustancias pépticas totales (6,5), azúcares reductores (12,4), azúcares no reductores (2,0), cafeína (1,3), ácido clorogénico (2,6) y ácido cafeico total (1,6) (Noriega *et al.*, 2008).

No obstante, las investigaciones actuales referentes al efecto de la pulpa de café en la mejora de las condiciones químicas de los suelos en estudio, no son concluyentes. La integración de este tipo de material lignocelulósico trae asociada modificaciones en los estados biogeoquímicos de los edafones y por consiguiente en sus propiedades; entonces, es necesario dilucidar a través de la investigación científica los efectos y magnitudes de las transformaciones que este compuesto provoca, de modo que el objetivo del trabajo es evaluar el efecto de la aplicación de pulpa de *Co-*

ffee arabica L. en proporción 3:1 (25%) sobre propiedades químicas de un suelo Alítico de Baja Actividad Arcillosa Rojo Amarillento ócrico, un Pardo Sialítico ócrico y un Pardo Sialítico mullido.

MÉTODOS

La investigación se realizó en el poblado “Aguacate” ubicado en el macizo montañoso Guamuhaya que se localiza en la parte sudeste de la región central de Cuba. Limita al norte con las llanuras erosivas de Manicaragua y Cabaiguán, por el sur con una estrecha llanura costera abrasivo-acumulativa y llanuras denudativas altas, por el este con la llanura fluvial del Río Zaza y por el oeste con las llanuras aluviales del Río Arimao. Los suelos en estudio fueron tres y se clasifican según Hernández *et al.* (1999), como Alítico de Baja Actividad Arcillosa Rojo Amarillento ócrico, Pardo Sialítico ócrico y Pardo Sialítico mullido. El material vegetal se obtuvo de la despulpadora “Cuatro Vientos” ubicada en el propio macizo montañoso y la variedad de café utilizada fue arábica.

Se utilizó un experimento factorial a campo abierto bajo condiciones semicontroladas en el cual la pulpa de café fue el factor en estudio. Como se trabajó en un escenario montañoso en el que la anisotropía o variabilidad del suelo se intensifica con el relieve, se agrupó el material experimental en bloques completamente aleatorizados donde solamente el factor provocó las variaciones, el resto de las condiciones se mantuvieron constantes.

Los tratamientos fueron dos en donde el primer nivel lo constituían los suelos sin pulpa y el segundo nivel los mismos suelos con la aplicación de una parte del compuesto lignocelulósico por cada tres partes de suelo (25%). La dosis escogida fue 3:1 (25%) según recomendaciones de Salazar (1992), y (Salamanca y Sadeghian, 2008), ya que a concentraciones mayores se pueden crear condiciones desfavorables para el crecimiento de las plantas por anaerobiosis, inhibición de la actividad de microorganismos benéficos y toxicidad.

Para la reproducibilidad de los resultados se replicó tres veces cada tratamiento y la menor unidad del material experimental fueron parcelas de 4 m² que conformaron bloques de 4 ha, 5 ha y 6 ha para los suelos PSo, ABAAo y PSm respectivamente, según las dimensiones ya establecidas en estos campos. Las variables analizadas, así como los métodos utilizados en cada uno de los análisis, se aprecian en la Tabla 1.

La determinación de la composición química de la pulpa se realizó según las normas (NRAG 144:10, 2010) para N, P y K y (NRAG 145:10, 2010) para Ca y Mg y el muestreo se efectuó siguiendo la NC 36:2009 y se dividió en dos momentos comprendidos entre los años 2010 y 2011 según Díaz *et al.* (2010).

Para el análisis y procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS *Plus* para Windows 5,1 y la prueba de ANOVA siendo las observaciones y tratamientos independientes, la distribución de las poblaciones normales y la varianza homogénea. Se realizaron las dúcimas de comparación por Duncan y se estableció un nivel de significación de 0,05 para un 95% de intervalo de confianza.

TABLA 1. Parámetros y métodos utilizados en las determinaciones de las propiedades químicas de los suelos

Determinación	Variables	Método	Unidad
pH en H ₂ O	pH	NC 32:2009	U
Materia orgánica	MO	(Walkley y Black, 1934)	%
Bases cambiables	Ca ⁺ , Mg ⁺ , K ⁺ , Na ⁺ , S, V, Ca ⁺ /Mg ⁺ , K ⁺ /Mg ⁺ , K ⁺ /Ca ⁺	(NC 65:2000, 2000)(ANON., 2000)	cmol ⁺ /kg
Capacidad de intercambio catiónico	T	NC 65:2000	cmol ⁺ /kg
Relación E ₄₆₅ /E ₆₆₅	E ₄₆₅ /E ₆₆₅	Espectrofotometría de corrida continua	nm

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se muestra la composición química de la pulpa y se aprecia que el compuesto lignocelulósico usado presenta elevados contenidos de calcio, potasio, nitrógeno, reacción ácida y una relación carbono-nitrógeno óptima.

TABLA 2. Composición química en masa seca de la pulpa de café utilizada

Elementos químicos en masa seca de tejido vegetal							
Ca (%)	Mg (%)	P (%)	K (%)	N (%)	pH	C (%)	C/N
2,26	0,23	0,2	1,96	3,41	4,4	54,14	16:1

Estos resultados se consideran favorables para la utilización del compuesto como mejorador de condiciones químicas en los suelos. El alto tenor de calcio resulta ser muy beneficioso para el aumento del pH del suelo ABAAo el cual presente una marcada

acidez cambiante. La suficiente representación de potasio y nitrógeno supone una mayor disponibilidad de los elementos a la hora de la extracción por la plantación para la formación de los frutos y de brotes foliares jóvenes. Por otra parte, el material exhibe una relación carbono-nitrógeno beneficiosa para mejorar la disponibilidad y reservas de elementos químicos en los suelos ya que la velocidad de mineralización que esta relación permite va a ir liberando gradualmente los elementos al medio para elevar la fertilidad de los edafones.

En la Tabla 3, se muestra los resultados del análisis de varianza apreciando que cada suelo con independencia del tipo, presentó mejoras significativas (p≤0,05) de las propiedades químicas con la aplicación de la pulpa. Esta variación se hizo más marcada en el suelo ABAAo porque es el que muestra condiciones iniciales más desfavorables y por ende mayor respuesta a la aplicación del compuesto lignocelulósico (rico en elementos químicos). La adsorción de los cationes disponibles en la fuente (principalmente K⁺), mejoró de manera notoria su fertilidad.

TABLA 3. Resumen estadístico del procedimiento de ANOVA para las variables químicas evaluadas en cada suelo

Trat.	pH	(cmol ⁺ , Kg ⁻¹)				S		T		V		Ca ⁺ /Mg ⁺	(nm) E ₄₆₅ /E ₆₆₅
		Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T	V	MO				
PSm													
C.V(%)	2,56	7,35	5,70	17,0	6,90	7,69	1,76	5,94	30,7	1,66	0,13		
Duncan	*0,3	*4,15	*1,1	*1,08	*0,2	*6,5	*1,6	*10,1	*3,2	*0,09	0,00		
PSo													
C.V(%)	2,68	6,25	5,84	29,77	8,87	8,07	7,4	0,67	55,3	0,43	0,11		
Duncan	*0,3	*2,95	*1	*1,69	*0,1	*5,76	*5,94	*1,09	*4,3	*0,02	0,01		
ABAAo													
C.V(%)	8,17	51,07	41,82	71,06	26,5	51,04	12,12	41,03	47,6	11,3	0,99		
Duncan	*0,8	*3,66	*0,8	*0,84	*0,1	*5,37	*2,56	*35,9	*2,7	*0,74	*0,13		

*Indica diferencia significativa entre los niveles en estudio (Control-Aplicación) para cada variable. C.V: Coeficiente de variación.

Los resultados promedios de los ensayos químicos para cada suelo bajo los dos niveles en estudio se muestran en la Tabla 4, y en ellos se evidencia como mejora la aptitud química general frente a la adición de pulpa. Dichos resultados han sido muy beneficiosos para los suelos ABAAo y PSo ya que los perfiles con valores inferiores a 2,1% de materia orgánica (MO), considerado por (Gil, 2008), como el porcentaje mínimo permisible para una producción de café, ocasionan desbalances nutricionales en las plantaciones y se afecta la estructuración favoreciendo los procesos erosivos.

En la interpretación de los resultados se puede inferir que los suelos PSm y PSo mostraron un comportamiento muy similar respecto a la mejora de las propiedades químicas eva-

luadas frente a la adición de la pulpa. Estos experimentaron un aumento de 1,66 y 3,16 unidades porcentuales en la saturación por K⁺ respectivamente lo que provocó una disminución del Mg⁺ que se encuentra en exceso (23%). La enmienda orgánica hace que aumente la asimilación del K⁺ (y presumiblemente la de N) y elimine el exceso de Mg⁺ que limita al Ca⁺. Ello se considera beneficioso para las condiciones en estudio ya que se corrigen las relaciones K⁺/Mg⁺ y Ca⁺/Mg⁺ según los índices físico-químicos establecidos por el (Mesa y Naranjo, 1984).

Estos resultados se corresponden con los mostrados por Martínez *et al.* (2010), en un diagnóstico de la fertilidad de suelos cafetaleros tratados con productos orgánicos, donde encontraron que al aumentar el contenido de Ca⁺ en el suelo

disminuyó la asimilación de Mg⁺ y aumentó la disponibilidad de K⁺. Sadeghian (2012), explica que en los suelos cafetaleros por él estudiados, similares a los abordados en este estudio, resultaron más selectivos al K⁺ y al Ca⁺ respecto al Mg⁺ con independencia del aumento de la fuerza iónica de la solución del suelo, por lo que el K⁺ es el elemento determinante de la dirección de los procesos de asimilación.

TABLA 4. Propiedades químicas de los suelos PSm, PSo y ABAAo en los dos tratamientos en estudio

Trat.	pH	(cmol ⁺ , Kg ⁻¹)				(%)				Ca ⁺ Mg ⁺ (nm)	
		Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺	S	T	V	MO	E ₄₆₅ /E ₆₆₅	
PSm											
C	6,27	28,85	10,03	2,94	0,87	42,68	47,88	89,14	4,11	2,88	4,23
A	6,37	31,00	11,01	4,03	1,00	47,03	51,48	91,37	7,31	2,82	4,22
PSo											
C	6,11	24,40	8,88	2,26	0,68	36,23	41,02	88,32	2,09	2,75	7,40
A	6,41	27,36	9,88	3,95	0,80	41,99	46,96	89,42	6,34	2,77	7,39
ABAAo											
C	5,07	2,10	0,65	0,23	0,10	3,08	10,29	29,94	1,77	3,21	8,32
A	5,88	5,77	1,46	1,06	0,16	8,45	12,85	65,80	4,49	3,95	8,19

C-control y A-aplicación.

Para el caso del suelo ABAAo, los aumentos de los valores fueron mucho más significativos que los evidenciados en los casos anteriores debido a su pobre saturación por bases (V=29,94%). Las relaciones intercationicas Ca⁺/Mg⁺ y K⁺/Ca⁺ presentaron tenores más representativos dentro de los rangos establecidos. No obstante, ello provocó un desbalance fuerte de la relación K⁺/Mg⁺ por exceso de K⁺ lo que advierte que la plantación puede presentar deficiencias de Mg⁺ y de esta forma se afecten procesos fisiológicos como la fotosíntesis. Es válido destacar que los contenidos altos de Ca⁺ incrementaron significativamente el pH contrarrestando la acidez cambiante del suelo y la toxicidad por aluminio.

Resultados similares se presentaron por Ormeño y Ovalle (2011), quienes expusieron que los abonos orgánicos no solo aportan Ca⁺ que aumenta el valor de la reacción del suelo (pH), sino también de otros nutrientes como N,P, C y K. La corrección del pH concuerda con lo reportado por (Calambas, 2009), quien plantea que en los suelos que presentan toxicidad por Al, las alternativas de fertilización con compuestos orgánicos aumentan el pH y disminuyen la de saturación por Al.

Por otra parte, en la Tabla 4 se presentan los resultados referentes al grado de condensación de la materia (E₄₆₅/E₆₆₅) y se hace notar que este presentó un comportamiento diferente para cada suelo; al parecer, influenciado por los distintos tipos de manejo bajo los que se encuentran.

El suelo PSm mostró los ácidos húmicos más condensados con valores de 4,23 y 4,22 nm para cada tratamiento, por lo que se infiere la presencia de proporciones relativamente grandes de estructuras alifáticas, mayor contenido de carbono, menor proporción de ácidos carboxílicos y mayor peso molecular (Heymann *et al.*, 2005); Rupiasih y Vidyasagar, 2007); no obstante, no se evidenció diferencia significativa entre los niveles

del experimento. De esto se deduce que la aplicación de la pulpa en este escenario no favorece los procesos de estabilización o el carbono ya presenta la condensación máxima posible para esas condiciones medioambientales.

Para el suelo ABAAo, se encontraron altos valores en la relación E₄₆₅/E₆₆₅ lo que indica bajo grado de humificación y presencia de moléculas orgánicas pequeñas de bajos pesos moleculares (Meissl *et al.*, 2008). Con la aplicación de la pulpa mejoró de manera significativa el grado de condensación (0,13 nm), lo que supone un aumento en el peso molecular por la condensación y disminución de los ácidos carboxílicos (Busato *et al.*, 2010).

Los resultados obtenidos se corresponden con los estudios realizados por Zambrano *et al.* (2011), quienes encontraron que los valores en la relación E₄₆₅/E₆₆₅ de las enmiendas orgánicas son bajos (3 y 5,5) e indican pesos moleculares más altos y con mayor condensación. Por otra parte González *et al.* (2009), explican que la lignina (biopolímero presente en la pulpa de café) postula como un material excelente para la humificación en los suelos de zonas cafetaleras y exponen que en los suelos sembrados con café la humificación es baja, lo que se corresponde con los resultados obtenidos en la investigación.

CONCLUSIONES

- La pulpa de café libera a los suelos gran cantidad de elementos minerales contenidos en su estructura que son retenidos por el complejo de cambio de los perfiles y propician la mejora de las propiedades químicas de los edafones en estudio, por lo que postula como un material alternativo viable para la fertilización de los suelos montañosos de dicados al cultivo del café.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEMÁN, A.: *Las inversiones en el sector cafetalero, sin resultados, Diario de Cuba, [en línea] 2012, Disponible en: <http://www.diariodecuba.com/cuba/4030-las-inversiones-en-el-sector-cafetalero-sin-resultados> [Consulta: 17 de enero de 2013].*

- BUSATO, J.; ZANDONADI, D.; BARROS, L.; ROCHA, A.; CANELLAS, L.: "Humic substances isolated from residues of sugar cane industry as root growth promoter", *Chemosphere*, 67(2): 206–212, 2010.
- CALAMBAS, R.: *Estudio de las propiedades físicas y químicas del suelo, en sistemas de producción de café orgánico y tradicional en los municipios de Caldono, Morales y Piendamó en el departamento del Cauca*, [en línea] Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias, Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Colombia, [en línea] 2009. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/6132/> [Consulta: 21 de enero de 2013].
- DÍAZ, M.C.V.; PRADA, P.A.; MONDRAGON, M.A.: "Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos", *Ciencias Biomédicas*, ISSN-1794-2470, 8(14): 213–219, 2010.
- GIL, S.: *Importancia del análisis del suelo de su Cafetal. Conozca y ahorre dinero en la fertilización, analizando el suelo de su cafetal*, PROCAFE, [en línea] 2008, Disponible en: <http://www.procafe.com.sv/menu/publicafe/SerieDCn1.htm> [Consulta: 17 de enero de 2013]
- GONZÁLEZ, O.; ZAPATA, H.; SADEGHIAN, K.: "Caracterización de los ácidos húmicos en suelos de la zona cafetera de Caldas", *Cenicafé*, 60(1): 25–40, 2009.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.: *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*, ed. L.L Barcaz, Ed. AGRINFOR, t. 1, ISBN-959-246-022-1, La Habana, Cuba, 1999.
- HEYMANN, K.; MASHAYEKHI, H.; XING, B.: "Spectroscopy analysis of sequentially extracted humic acid from compost", *Spectroscopy Letters*, (38): 293–302, 2005.
- MARTÍNEZ, N.; NÚÑEZ, P.; CÉSPEDES, C.; ALMONTE, I.; PIMENTEL, A.: "Diagnóstico de la fertilidad de los suelos cafetaleros de la provincia Barahona, República Dominicana", *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society*, (46): 234–243, 2010.
- MEISSL, K.; SMIDT, E.; TINTNER, J.; BINNER, E.; LECHNER, P.: "A new analytical approach to determine compost quality", En: *Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production*, pp. 39-40, Ed. Proceedings of the international congress Codis, Switzerland, 2008.
- MESA, A.; NARANJO, M.: *Manual de Interpretación de los Suelos*, ed. Norma Collaso, Ed. Científico-Técnica, Cuba, 1984.
- NC 32:09: *Calidad del suelo. determinación del pH y la conductividad eléctrica en el extracto de saturación*, Vig. 2009.
- NC 65:2000.: *Calidad del suelo. determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes intercambiables del suelo*, Vig. 2000.
- NORIEGA, A.S.; SILVA, R.A.; GARCÍA, M. de S.: "Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal", *Zootecnia Tropical*, ISSN-0798-7269, 26(4): 411–419, 2008.
- NRAG 144:10: *Tejido vegetal. determinación de nitrógeno, fósforo y potasio*, Vig. 2010.
- NRAG 145:10: *Tejido vegetal. determinación de calcio y magnesio*, Vig. 2010.
- ORMEÑO, M.; OVALLE, A.: *Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la calidad química de los suelos cacaoteros y el crecimiento de las plántulas en vivero.*, Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA– Mérida., Cuba, 2011.
- ORTEGA, F.S.: *Fundamentos de algunos procesos edáficos*, En: *Los procesos de formación*, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 2011.
- RUPIASIH, N.; VIDYASAGAR, P.: "Humic substances: structure, function, effects and applications", *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 5(2): 39-47, 2007.
- SADEGHIAN, S.: *Efecto de los cambios en las relaciones de calcio, magnesio y potasio intercambiables en suelos de la zona cafetera colombiana sobre la nutrición de café (Coffea arabica L.) en la etapa de almácigo*, Tesis en opción al grado científico de Doctorado en Ciencias Agropecuarias – Área Agraria, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2012.
- SALAMANCA, J.; SADEGHIAN, K.: "Almácigo de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica.", *Cenicafé*, 52(2): 91–102, 2008.
- SALAZAR, A.: "La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café", *Cinacafé*, 178(1-2), 1992.
- SAVIGNE, D.C.; ROMANOVSKI, O.P.: "Impacto de los residuales del beneficio húmedo del café en la provincia Guantánamo. Cuba", En: *XXVI Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Guantánamo, Cuba, 2008.
- WALKLEY, A.; BLACK, I.: "A examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method", *Soil Sci*, (37): 29-38, 1934.
- ZAMBRANO, A.; CONTRERAS, F.; PAOLINI, J.; RIVERO, C.: "Spectroscopic characterization of organic amendments", *Avances en Investigación Agropecuaria*, ISSN-0188789-0, 15(3): 67–85, 2011.

Recibido: 13 de julio de 2013.

Aprobado: 20 de marzo de 2014.

Rafael Cervantes Beyra, Profesor, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Agronomía, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, Correo electrónico: cervantes@unah.edu.cu