

Efecto de la pulpa de *Coffea arábica* L., sobre suelos del macizo montañoso Guamuhaya

Effect of the pulp of Coffea arábica L., on soils of the Guamuhaya mountainous group

M.Sc. Rafael Cervantes Beyra¹, Dr.C. Daniel Ponce de León¹, Dr.C. Carlos Balmaseda Espinosa^{II},
M.Sc. José Ramón Cabrera Alfonso^{III}, Dr.C. Lucía Fernández Chuairey^I

^I Universidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II} Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.

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

RESUMEN. En el beneficio del café del macizo montañoso Guamuhaya se generan grandes cantidades de contaminantes orgánicos. Uno de ellos es la pulpa, que contiene pH ácido y alta carga de fenoles y polifenoles que son tóxicos para la mayor parte de la fauna edáfica. Darle un uso eficiente a este compuesto es una de las principales vías de salida a este problema medioambiental. Es por ello que el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de la pulpa de café en proporción 3:1 sobre la estructura de los suelos Acrisol Alúmico Crómico (AAC), Cambisol Éútrico Húmico (CEH) y Cambisol Éútrico (CE) con diferentes estados de sostenibilidad. Para complementar el objetivo se analizó la distribución de los agregados en los tamices secos y húmedos, se determinaron los coeficientes de estabilidad estructural y se calculó el índice de peso promedio de agregados ponderado por diámetro. Para el procesamiento de los datos se utilizó el programa estadístico STATGRAPHICS Plus para Windows 5.1 y la prueba de ANOVA factorial. Como resultado se obtuvo que la pulpa de café puede ser usada como un compuesto mejorador de la estructura edáfica ya que las tres unidades suelos aumentaron la agregación de las fracciones, principalmente las de 5 y 3mm, evidenciaron disminución de los contenidos de partículas dispersas menores de 0,25 mm y aumentaron el peso promedio de cada uno de los conglomerados agrónomicamente útiles.

Palabras clave: materia orgánica del suelo, propiedades físicas, estructura de suelos.

ABSTRACT. In the processing of the coffee of the Guamuhaya mountainous group large numbers of organic pollutants are generated. One of them is the pulp, which contains acid pH and high load of phenols and polyphenols that are toxic for most of the soil fauna. To give an efficient use to this compound is one of the main alternatives to this environmental problem. For that reason the objective of the present work was to determine the effect of the coffee pulp in proportion 3:1 on the structure of the soils Acrisol Alúmico Crómico (AAC), Cambisol Éútrico Húmico (CEH) y Cambisol Éútrico (CE) with different stages of sustainability. To complete the objective was calculated the distribution of the aggregations in the dry and humid sifters, the coefficients of structural stability and the index of average weight of aggregations considered by diameter. For the prosecution of the information was used the statistical program STATGRAPHICS Plus for Windows 5.1 and the factorial test ANOVA. Was obtained as main results that the coffee pulp can be used like a compound to improve the soil structure because it increase the aggregation of the soil fractions, principally the 5 and 3 mm, decrease the contents of dispersed particles less 0.25 mm and increase the average weight of each conglomerates useful for the agriculture.

Keywords: soil organic matter, physical properties, soils structure.

INTRODUCCIÓN

El café es uno de los cultivos más seguidos y explotados a nivel mundial por el agradable sabor de su bebida. Es una industria millonaria por lo que muchos países han apostado por incluirla en su economía, pero como toda gran industria

emite considerables cantidades de desechos que contaminan los suelos y acuíferos de las zonas cafetaleras. Se estima que la producción de 4,5 t de café oro equivale a la contaminación de 125 personas al año¹.

¹ GUERRERO, J.: Estudio de Diagnóstico y Diseño de Beneficios Húmedos de Café, [en línea] 2007, Disponible en: <http://www.iica.int.ni/planosBeneficios/DocumentoFinal.pdf>

Nuestro país no escapa de esta problemática. En las transformaciones tradicionales del fruto que se hacen en Cuba se desechan casi todos los residuos (pulpa, aguas mieles, aguas de lavado) hacia el entorno, reportándose valores de emisión para algunas zonas nacionales de 104 000 m³/año (1 200 m³/día) de agua residual y 50 t de compuestos fenólicos (Castillo *et al.*, 2008). Estas alarmantes cifras provocan un aumento de la demanda bioquímica de oxígeno en ríos y embalses por encima de 2 500 mg/L, disminución del pH y presencia de sólidos en suspensión que neutralizan la iluminación solar (Silva *et al.*, 2012).

Bajo estas circunstancias es imperiosa la necesidad de hallar una aplicación para este tipo de producto proveniente de los mismos cafetales, que ayude a cerrar el ciclo biológico y proveer al suelo de un compuesto bifuncional que dé fertilidad y estructura. En este sentido, se ha reportado que la descomposición de este polímero orgánico produce los ácidos poliurónicos que son los principales agentes agregantes del suelo (Fonte *et al.*, 2010; Sinsabaugh, 2010; Flores *et al.*, 2011; Cervantes *et al.*, 2014b). Esto desencadena la corrección de los atributos dependientes de su presencia como la inversión de la degradación bioestructural del suelo, disminución de la densidad, aumento del espacio poroso total, formación de agregados agrónomicamente útiles e incremento de la resistencia estructural de los agregados (Kleber y Johnson, 2010; Schmidt *et al.*, 2011).

No obstante, los estudios referentes al efecto de la pulpa de café en la mejora de las propiedades físicas de los suelos, no son concluyentes. La integración de este tipo de material lignocelulósico trae asociada modificaciones en los estados ecológicos de los suelos 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 sobre la estructura del suelo, de modo que el objetivo de este trabajo es determinar el efecto de la pulpa de café en proporción 3:1 sobre la estructura de los suelos Acrisol Alúmico Crómico (AAC), Cambisol Éutrico Húmico (CEH) y Cambisol Éutrico (CE) con diferentes estados de sostenibilidad.

MÉTODOS

La investigación se realizó en tres suelos del macizo montañoso Guamuhaya localizado 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.

Se utilizó un experimento factorial a campo abierto en el cual la pulpa de café y el tipo de suelo fueron los dos factores en estudio. Como se trabajó en condiciones de montaña y la anisotropía o variabilidad del suelo se intensifica con el relieve, se agrupó el material experimental en bloques completamente aleatorizados donde solamente los factores en estudio provocaron las variaciones; el resto de las condiciones se mantuvieron constantes.

Los suelos en estudios se clasifican según la IUSS Working Group World Reference Base, (2006), en Acrisol Alúmico Crómico (AAC), Cambisol Eutrico Húmico (CEH) y Cambi-

sol Eutrico (CE). El material vegetal utilizado se obtuvo de la despulpadora “Cuatro Vientos” ubicada en el propio macizo montañoso y la variedad de café fue *arábica*. La composición química se presenta en la Tabla 1.

TABLA 1. Composición química en masa seca de la pulpa de café utilizada (Cervantes *et al.*, 2014a)

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

Los tratamientos o niveles fueron seis (Tabla 2) y la dosis escogida fue 3:1 (25%) (Salazar, 1992; Salamanca y Sadechian, 2008), ya que a aplicaciones mayores se pueden crear condiciones desfavorables para el crecimiento de las plantas por anaerobiosis, inhibición de la actividad de microorganismos benéficos y toxicidad (Mestre, 1973).

TABLA 2. Tratamientos utilizados en el diseño factorial

Factores/Tratamientos	Tipo de Suelo			
	CE	AAC	CEH	
Pulpa de Café	Sin pulpa	T ₁	T ₂	T ₃
	25% de pulpa	T ₄	T ₅	T ₆

El muestreo se realizó en dos momentos comprendidos entre los años 2010 y 2011 NC 36:09, buscando la máxima integración de la pulpa de café (Díaz *et al.*, 2010). Para la reproducibilidad de los resultados se replicó tres veces cada tratamiento y la menor unidad experimental fueron parcelas de 4 m² que conformaron bloques de 4 ha, 5 ha y 6 ha para los suelos CE, AAC y CEH respectivamente, según las dimensiones ya establecidas en estos campos. Las variables respuestas medidas en cada uno de los análisis estaban constituidas por:

- Distribución de agregados en tamices secos (Yoder, 1936).
- Distribución de agregados en tamices húmedos (Yoder, 1936).
- Coeficiente de estabilidad en seco:

$$K_{es} = \frac{\sum \% \text{ Ag. } 10 \text{ a } 0,25 \text{ mm}}{\% \text{ Ag. } > 10 + < 0,25 \text{ mm}} \quad (1)$$

donde:

K_{es}-coeficiente de estabilidad estructural en tamices secos, Ag-agregados.

Coeficiente de estabilidad en húmedo:

$$K_{eh} = \frac{\% \text{ Ag. } < 0,25 \text{ mm}}{\sum \% \text{ Ag. } > 0,25 \text{ mm}} \quad (2)$$

K_{eh}-coeficiente de estabilidad estructural en tamices húmedos, Ag-agregados.

Índice de peso promedio de agregados ponderado por diámetro (MWD):

$$MWD = \sum x(i)W(i) \quad (3)$$

x (i)-diámetro medio de la clase de agregado i;

W (i)-proporción de la masa total de la muestra de la clase de agregado i.

En el análisis y procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico STATGRAPHICS® Plus para Windows 5.1 y la prueba de Varianza múltiple siendo las observaciones y tratamientos independientes, la distribución de las poblaciones normal y la varianza homogénea según la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se realizaron las dójimas de comparación por Duncan y se estableció un nivel de significación de 0,05 para un 95% de intervalo de confianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estructura del suelo es una de las características más importantes ya que influye en el movimiento del agua, la retención hídrica, el drenaje, la aireación, la penetración de las raíces, el ciclo de nutrientes y en consecuencia sobre el rendimiento de los cultivos. Es la propiedad que tiene la masa del suelo de disgregarse por sí misma en separaciones de distintas formas y tamaños (llamados agregados) que son los determinantes de la aptitud agrícola de los suelos (Hernández *et al.*, 2006).

La aplicación del compuesto lignocelulósico causó variaciones en las condiciones estructurales de los suelos en estudio. En su mineralización liberó a los suelos compuestos orgánicos que fungieron como aglutinantes de las partículas edáficas (Cervantes *et al.*, 2014a). Ello provocó que en el tamizado en seco se mostrara mayor cantidad de agregados en los diámetros mayores de 3 mm y disminuiran las fracciones menores e iguales a 1 mm; mientras que en el análisis de tamizado en húmedo los agregados mayores de 2 mm aumentaron en detrimento de los menores e iguales a 1 mm.

En la Figura 1, se muestra la distribución del tamizado en seco para cada tratamiento. Como se puede ver, los agregados de 3 y 1 mm fueron los más evidenciados para los seis niveles en estudio, aunque la representación en esta última fracción disminuyó con la aplicación de la pulpa. Esto sucede porque las partículas más pequeñas se van uniendo entre sí por los nuevos compuestos cementantes para formar agregados de mayor composición. En este caso los diámetros <0,25 mm, 0,25 mm y 1 mm experimentaron marcados descensos lo que sugiere que estas partículas fueron ganando en arreglo y pasaron a formar agregados de orden superior como los de 3 mm.

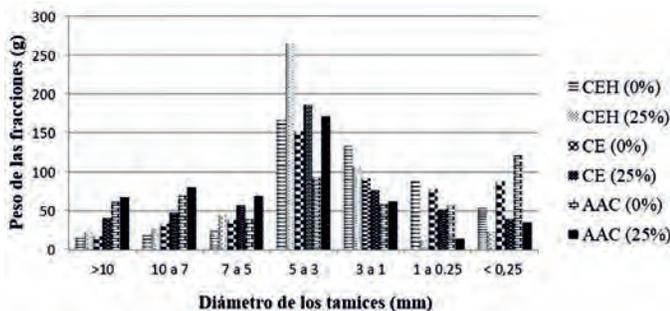


FIGURA 1. Distribución de agregados en el tamizado en seco para los suelos en estudio.

Desde el punto de vista agronómico este resultado es

muy alentador. Los aglomerados más activos del suelo son los que están comprendidos entre los diámetros de 1 y 5 mm, por lo que las formas de 3 mm son las más representativas de ese rango y como resultado garantizan mayor intercambio de elementos y compuestos entre el suelo y la planta (Jordán *et al.*, 2010).

De igual forma, en el tamizado húmedo los suelos tratados con pulpa de café presentaron mayor resistencia hídrica que sus homólogos de los tratamientos controles (Figura 2). Los agregados comprendidos en los diámetros por encima de 2 mm fueron los de mayor representación en el análisis; sin embargo, las fracciones menores de 0,25 mm también mostraron altos niveles debido a la dispersión ejercida por el agua sobre los agregados de mayores tamaños. No obstante, para todos los casos estas últimas fracciones fueron menores en los tratamientos con pulpa respecto a los controles.

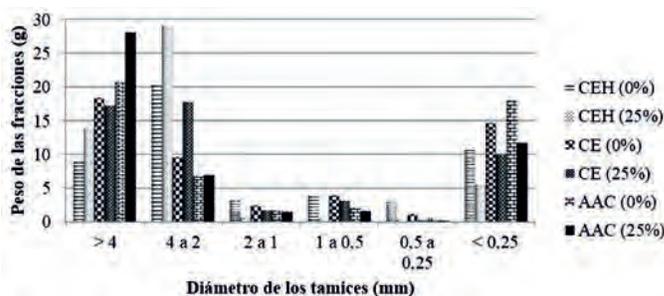


FIGURA 2. Distribución de agregados en el tamizado húmedo para los suelos en estudio.

Es válido mencionar que a pesar de que los suelos AAC y CE presentaron valores superiores de representación de agregados en las fracciones mayores de 5 mm para el tamizado en seco y mayores de 4 mm en el tamizado en húmedo, eso no indica que estén mejor estructurados. Estos pueden presentar en su constitución pseudoarenas y pseudolimos los cuales aglutinan las partículas del suelo pero lo hacen sin formar las estructuras de vacíos requeridas y carecen de estabilidad hídrica porque desarrollan formas de enlaces débiles. Por tal razón los suelos mejor estructurados (CEH>CE>AAC) presentan menor contenido de estas fracciones y mayor contenido de las formas agronómicamente más útiles y estables comprendidas entre 5 y 1 mm de diámetro.

Para ambas pruebas los resultados estadísticos mostraron que existe diferencia significativa entre la agregación de cada una de las fracciones respecto a los factores en estudio. Es así que para el tamizado en seco se manifiesta un aumento significativo de las fracciones agronómicamente útiles (10 mm a 0,25 mm) (Hernández *et al.*, 2010), al aplicar la pulpa de café y una diferenciación marcada entre la composición estructural de cada unidad de suelo provocada por su especialización pedogénica y diferentes tipos de manejos (Tabla 3). Por otra parte el tamizado en húmedo presentó un comportamiento similar con excepción de la fracción de 1mm que no mostró cambios significativos entre los tres suelos (Tabla 4).

TABLA 3. Resumen del análisis de varianza múltiple del tamizado en seco

Factores	Niveles	Diámetros						
		>10mm	7mm	5mm	3mm	1mm	0,25mm	<0,25mm
Pulpa	0%	a	a	a	a	a	a	a
	25%	b	b	b	b	b	b	b
Suelos	AAC	a	a	a	a	a	a	a
	CEH	b	b	b	b	b	b	ab
	CE	c	c	c	c	c	c	b

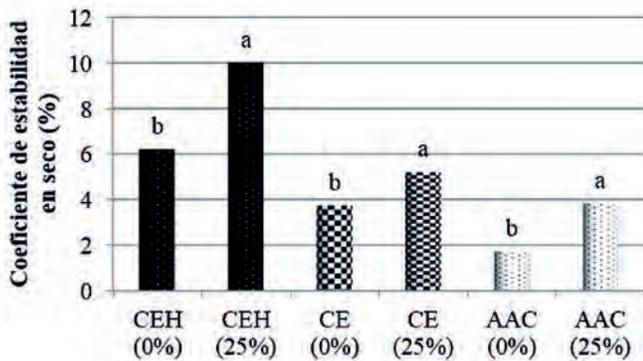
*Letras diferentes indican diferencia significativa $\alpha \leq 0,05$.

TABLA 4. Resumen del análisis de Varianza múltiple del tamizado en húmedo

Factores	Niveles	Diámetros					
		>4mm	2mm	1mm	0,5mm	0,25mm	<0,25mm
Pulpa	0%	a	a	a	a	a	a
	25%	b	b	b	b	b	b
Suelos	AAC	a	a	a	a	a	a
	CEH	b	b	a	a	b	b
	CE	c	c	a	b	a	c

*Letras diferentes indican diferencia significativa $\alpha \leq 0,05$.

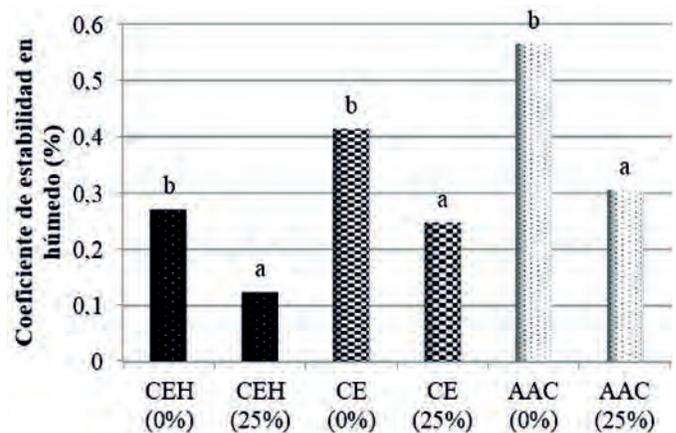
Luego de obtener estos resultados se determinaron los coeficientes de estabilidad en el tamizado en seco (Kes) y en húmedo (Keh) para cada tratamiento en estudio. Los valores alcanzados se muestran en las Figuras 3 y 4, en las que se puede ver que la resistencia física de los agregados mejora significativamente con aplicación de pulpa. El suelo CEH presentó los valores más adecuados de resistencia para ambas pruebas en los dos tratamientos en estudio, seguido del CE y por último el AAC.



*Letras diferentes indican diferencia significativa $\alpha \leq 0,05$.

FIGURA 3. Análisis de estabilidad estructural de los agregados en el tamizado en seco.

Otro indicador que corrobora los resultados obtenidos es el índice de peso promedio de agregados ponderado por diámetro (MWD). En la Figura 5, se muestra que al comparar los tres edafones el suelo CEH mostró el mayor aumento del peso de los agregados seguido por el AAC y el CE. Esto indica que la estructura se va destruyendo a medida que aumenta la intensidad de laboreo, y los suelos que presentan una estructura menos perturbada poseen mayor capacidad de respuesta ante una práctica agrícola de mejora.



*Letras diferentes indican diferencia significativa $\alpha \leq 0,05$.

FIGURA 4. Análisis de estabilidad estructural de los agregados en el tamizado en húmedo.

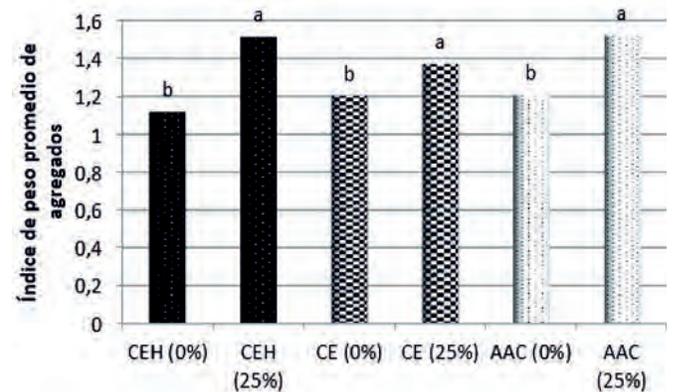


FIGURA 5. Índice de peso promedio de agregados ponderado por diámetro de los suelos en estudio.

De esta manera la estructura de cada uno de los suelos en estudio mejoró y se corrobora la hipótesis de que con la aplicación del compuesto lignocelulósico se emiten al medio elementos de lenta mineralización que se mantienen estables en el tiempo encargados de dar forma a las estructuras minerales del suelo y construir una masa edáfica con la densidad requerida para mantener un equilibrio entre la fase sólida y las estructuras de vacíos del edafón (Busscher *et al.*, 2010).

Resultados similares al obtenido en la investigación fueron mostrados por otros autores² (Roger-Estrade *et al.*, 2010), quienes encontraron que el coeficiente de estructuración mejoró de forma significativa en un suelo en transición a agroecológico por lo que las fracciones edáficas pasaron a ser agrónomicamente valiosas en los rangos de 7 mm y 0,25 mm. Además, los agregados que mostraron mayor aumento fueron los comprendidos en los diámetros de 2 y 1 mm.

Por otra parte, Orellana *et al.* (2008), plantea que de la materia orgánica depende en gran medida la estabilidad hídrica de los agregados y por tanto una construcción adecuada del sistema suelo. Se requiere del 2,1% de materia orgánica en los suelos cafetaleros para garantizar el 60% de agregados resistentes, lo que le confiere al mismo una buena relación aire-agua para el crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas³.

En tanto, otros autores⁴ explican que la adición de residuos

vegetales y abonos orgánicos en mezclas con los suelos, favorece el enriquecimiento con materia orgánica y los hace más resistentes a la degradación, lo que contribuye a proteger la fracción de reserva dentro del agregado (materia orgánica ocluida), así como estimula la actividad microbiana y el consumo de oxígeno. La utilización de residuos vegetales permite prolongar la vida de las fracciones del suelo para conservar la fertilidad (Álvaro-Fuentes *et al.*, 2014; Andruschkewitsch *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

- Con la aplicación de la pulpa de café los tres suelos en estudio aumentaron la agregación en las fracciones comprendidas entre los diámetros de 3 y 1 mm principalmente. Frente a las pruebas de resistencia física en tamices secos-húmedos y aumento del peso promedio de los agregados, los tratamientos con el compuesto lignocelulósico evidenciaron los mejores valores al disminuir los contenidos de partículas menores de 0,25 mm y aumentar el peso promedio de las fracciones agrónomicamente útiles. Ello corrobora que la pulpa de café liberó a los medios elementos cementantes orgánicos como lignina, celulosa, proteínas, resinas y ceras que jugaron un papel decisivo en la estabilización directa de la estructura al integrar los constituyentes de la fase sólida en conglomerados con propiedades físicas diferentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÁLVARO-FUENTES, J.; PLAZA-BONILLA, D.; ARRÚE, J.L.; LAMPURLANÉS, J.; CANTERO-MARTÍNEZ, C.: "Soil organic carbon storage in a no-tillage chronosequence under Mediterranean conditions", *Plant and Soil*, ISSN-0032-079X, 376 (1-2): 31–41, 2014.
- ANDRUSCHKEWITSCH, R.; GEISSELER, D.; DULTZ, S.; JOERGENSEN, R.-G.; LUDWIG, B.: "Rate of soil-aggregate formation under different organic matter amendments—a short-term incubation experiment", *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, ISSN-1436-8730, 177 (2): 297–306, 2014.
- BUSSCHER, W.J.; NOVAK, J.M.; EVANS, D.E.; WATTS, D.W.; NIANDOU, M.A.S.; AHMEDNA, M.: "Influence of pecan biochar on physical properties of a Norfolk loamy sand", [en línea] *Soil Science*, ISSN-0038-075X, DOI-10.1097/SS.0b013e3181cb7f46, 175 (1): 10–14, 2010.
- CASTILLO, R.; CARBALLO, L.; PÉREZ, N.: "Estudio de la composición química del residuo sólido del beneficio húmedo del café en Bahía Honda, Pinar del Río", *Avances*, ISSN-1562-3297, 10 (1), 2008.
- CERVANTES, R.; CASTRO, I.L.; CABRERA, J.R.A.; FERNÁNDEZ, D.V.; FERNÁNDEZ, D.V.: "Efecto de la pulpa de cafeto (*Coffea arabica* L.) variedad arábica sobre propiedades químicas de tres suelos del macizo montañoso Guamuhaya", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN-1010-2760, 23 (3): 17–21, 2014a.
- CERVANTES, R.; CASTRO, I.L.; MESA, M.A.P.; OCAMPO, A.R.; FERNÁNDEZ, D.V.; FERNÁNDEZ, D.V.: "Efecto de la pulpa de *Coffea arabica* L. sobre la microflora de tres unidades de suelos", *Revista de Protección Vegetal*, ISSN-1010-2752, (25), 2014b.
- DÍAZ, M.; PRADA, P.; MONDRAGON, M.: "Optimización del proceso de compostaje de productos post-cosecha (cereza) del café con la aplicación de microorganismos nativos", *Revista Ciencias Biomédicas*, ISSN-2215-7840, 8 (14): 213–219, 2010.
- FLORES, A.; IZQUIERDO, M.; MANZANARES, P.: "Efectos de la combinación de abonos orgánicos y fertilizante químico sobre la densidad aparente y el espacio poroso total de un suelo volcánico nicaragüense", *La Calera*, ISSN-1998-8850, 4 (4): 18–22, 2011.
- FONTE, S.J.; BARRIOS, E.; SIX, J.: "Earthworms, soil fertility and aggregate-associated soil organic matter dynamics in the Quesungual agroforestry system", [en línea] *Geoderma*, ISSN-0016-7061, DOI-10.1016/j.geoderma.2009.12.016, 155 (3): 320–328, 2010.
- HERNÁNDEZ, J.A.; BOJÓRGUEZ, S.J.I.; MORELL, P.F.; CABRERA, R.A.; ASCANIO, G.M.O.; GARCÍA, P.J.D.; MADUEÑO, M.A.; NÁJERA, G.O.: *Fundamentos de la estructura de suelos tropicales*, [en línea] Ed. Univ. Autónoma de Nayarit, pp. 80, ISBN-9786077868279, 2010. Disponible en: http://books.google.com/cu/books/about/Fundamentos_de_la_estructura_de_suelos_t.html?id=UZE6_MK79eoC&redir_esc=y.

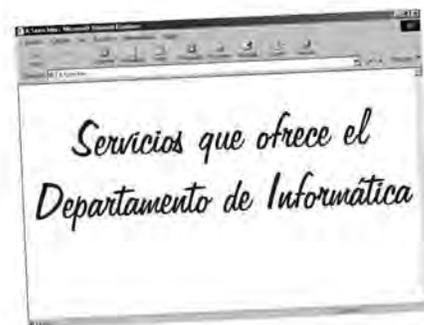
² MARTÍNEZ, R.F.D.: Conocimiento local de los suelos del Huerto urbano «El Cachón», del Consejo Popular Cojímar, Municipio Habana del Este, La Habana, Tesis (en opción al título académico de Máster en Agricultura Urbana), Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical «Alejandro de Humboldt» (INIFAT), Cuba, 2011.

³ GIL, S.: Importancia del análisis del suelo de su Cafetal. Conozca y ahorre dinero en la fertilización, analizando el suelo de su cafetal, [en línea] 2008, Disponible en: <http://www.procafe.com/sv/menu/publicafe/SerieDCn1.htm>.

⁴ TORRES, C.A.: Influencia de diferentes manejos agrícolas sobre el crecimiento radical y su relación con la agregación del suelo, [en línea] 2012, Disponible en: <http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/1755> [Consulta: 31 de mayo de 2013].

- HERNÁNDEZ, R.S.; LÓPEZ, D.J.P.; MORENO, M.D.H.; ORDAZ-CHAPARRO, V.: "Regeneración estructural de un suelo arcilloso por aportes de vermicompost en la chontalpa, Tabasco, México", [en línea] *Universidad y Ciencia*, ISSN-0186-2979, DOI-<http://www.redalyc.org/pdf/154/15402202.pdf>, 22 (1): 13–26, 2006.
- IUSS WORKING GROUP WORLD REFERENCE BASE: *World reference base for soil resources 2006. A framework for international classification, correlation and communication*, Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2a. ed., pp. 128, ISBN-92-5-105511-4, Rome, Italy, 2006.
- JORDÁN, A.; ZAVALA, L.M.; GIL, J.: "Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain", [en línea] *Catena*, ISSN-0341-8162, DOI-10.1016/j.catena.2010.01.007, 81 (1): 77–85, 2010.
- KLEBER, M.; JOHNSON, M.G.: "Advances in understanding the molecular structure of soil organic matter: implications for interactions in the environment", [en línea] *Advances in agronomy*, ISSN-0065-2113, DOI-10.1016/S0065-2113 (10)06003-7, 106: 77–142, 2010.
- MESTRE, M.: "Utilización de la pulpa en almácigos de café", *Avances Técnicos Cinacafé*, ISSN-0120-0178, 28 (1-2), 1973.
- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN: *Calidad del suelo. Muestreo*, NC 36, Vig. 2009.
- ORELLANA, R.; ORTEGA, F.; MORENO, J.: "Fracción orgánica ligera del suelo como indicador agroecológico", *Agricultura Orgánica*, ISSN-1028-2130, 2: 404-415, 2008.
- ROGER-ESTRADE, J.; ANGER, C.; BERTRAND, M.; RICHARD, G.: "Tillage and soil ecology: partners for sustainable agriculture", [en línea] *Soil and Tillage Research*, ISSN-0167-1987, DOI-10.1016/j.still.2010.08.010, 111 (1): 33–40, 2010.
- SALAMANCA, J.; SADECHIAN, K.: "Almácigo de café con distintas proporciones de lombrinaza en suelos con diferente contenido de materia orgánica", *Revista Cenicafé*, ISSN-0365-9372, 52 (2): 91-102, 2008.
- SALAZAR, A.: "La pulpa de café transformada por la lombriz es un buen abono para almácigos de café", *Avances Técnicos Cinacafé*, ISSN-0120-0178, 178 (1-2), 1992.
- SCHMIDT, M.W.; TORN, M.S.; ABIVEN, S.; DITTMAR, T.; GUGGENBERGER, G.; JANSSENS, I.A.; KLEBER, M.; KÖGEL-KNABNER, I.; LEHMANN, J.; MANNING, D.A.; OTHERS: "Persistence of soil organic matter as an ecosystem property", [en línea] *Nature*, ISSN-0028-0836, DOI-10.1038/nature10386, 478 (7367): 49–56, 2011.
- SILVA, M.C.P.; POLY, F.; GUILLAUMAUD, N.; VAN ELSAS, J.D.; SALLES, J.F.: "Fluctuations in ammonia oxidizing communities across agricultural soils are driven by soil structure and pH", [en línea] *Frontiers in microbiology*, ISSN-1664-302X, 3, 2012. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3291871/> [Consulta: 26 de diciembre de 2014].
- SINSABAUGH, R.L.: "Phenol oxidase, peroxidase and organic matter dynamics of soil", [en línea] *Soil Biology and Biochemistry*, ISSN-0038-0717, DOI-10.1016/j.soilbio.2009.10.014, 42 (3): 391–404, 2010.
- STATISTICAL GRAPHICS CROP: *STATGRAPHICS® Plus*, (Versión 5.1), [en línea] [Windows], ser. Profesional, Copyright© -2001 de 1994. Disponible en: <http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pricing>.
- YODER, R.E.: "A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses", *Journal of the American Society of Agronomy*, ISSN-0100-316X, 28: 337-351, 1936.

Universidad Agraria de La Habana



Diseño y montaje de Proyectos de Redes

Diseño y montaje de Proyectos de Informática Educativa

Cursos

Diseño de Páginas WEB
Programación bajo ambiente WEB
Programación bajo ambiente Windows
Sistema de información geográfica
Diseño de multimedias
Teleclases

Para mayor información: E_mail: sanchez@unah.edu.cu