

Comportamiento de la resistencia a la penetración en un vertisol crómico plantado con caña de azúcar.

Behavior of the resistance to the penetration in a chromic vertisol planted with sugarcane.

Autores: Ing. Juan Alejandro Villazón-Gómez¹, Ing. George Martín-Gutiérrez², Ing. Yakelín Cobo-Vidal², Yoandris Vaillant-Caceres², Silvino Anache-Casael²

Organismo: Universidad Holguín, Cuba¹. Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Guaro, Holguín, Cuba. ²

E-mail: villazon@facing.uho.edu.cu, george.martin@inicahl.azcuba.cu, yakelin.cobo@inicahl.azcuba.cu, pima@epica.hl.minaz.cu

Teléf. 59 6209 ó 59 6262

Resumen.

Para estudiar la influencia del cultivo de la caña de azúcar sobre la resistencia del suelo a la penetración en un Vertisol Crómico fueron evaluadas las cepas Caña planta y 1^{er} retoño. Se establecieron 24 puntos de observación realizándose, con un penetrómetro de impacto, los muestreos en el surco y en el camellón, a las profundidades 0-10, 10-20 y 20-30 cm. Se efectuó un análisis de Varianza y se empleó la prueba de rangos múltiples de Duncan a un 95% de probabilidad. En caña planta se encontró que, en el surco, los primeros 10 cm son poco compactados y sobreyacentes en una capa medianamente compactada que llega hasta los 30 cm; mientras que en el camellón el espesor de la capa superficial poco compactada es mucho mayor. En 1^{er} retoño, tanto en el surco como en el camellón, el suelo se encuentra medianamente compactado hasta los 30 cm.

Palabras clave: resistencia del suelo a la penetración; Vertisol Crómico; caña de azúcar

Abstract.

For study the influence of the sugarcane on the resistance from the soil to the penetration in a Chromic Vertisol, they were evaluated the stumps cane plant and 1st sprout. They were settled down 24 observation points being carried out, with an impact penetrometer, the samplings in the furrow and in the ridge, to the depths 0-10, 10-20 and 20-30 cm. An analysis of variance took effect and the test of multiple status of Duncan was used to 95 % of probability. Cane plant was found that, in the furrow, the first 10 cm are few compacted upon on a fairly compacted layer that arrives until the 30 cm; while in the ridge the thickness of the superficial layer few little compacted is much bigger. In 1st sprout, as much in the furrow as in the ridge, the soil is fairly compacted until the 30 cm.

Keywords: soil resistance to the penetration; Chromic Vertisol; sugarcane

Introducción.

El laboreo intensivo en áreas dedicadas al monocultivo trae como consecuencia la degradación acelerada de los suelos (Cairo y Fundora, 2005; Amberger, 2006). Los Vertisoles Crómicos (serie Alto Cedro) son suelos montmorilloníticos, con una gran plasticidad y elevada retención de humedad que presentan problemas de drenaje y una pésima laborabilidad (Dirección General de Suelos y Fertilizantes, 1985). La preparación de tierra de los suelos pesados es uno de los problemas más difíciles del cultivo de la caña de azúcar en Cuba; por lo tanto, es necesario utilizar métodos que favorezcan el desarrollo del cultivo sin compactar el suelo (Cairo *et al.*, 1985).

La compactación constituye uno de los principales factores edáficos limitativos del cultivo de la caña de azúcar en Cuba (Shishova, 1969; Ponce de León y Balmaseda, 1999; Cuéllar *et al.*, 2002; Rodríguez *et al.*, 2010). Provoca el deterioro general de los cultivos y limita la funcionalidad y la capacidad de absorción de nutrientes por parte de las plantas; es, por ende, una de las máximas exponentes de la pérdida de la fertilidad física (Ponce de León y Balmaseda, 1999). La misma trae aparejada la disminución del oxígeno disponible, de la capacidad de retención de humedad y de la velocidad de infiltración. También favorece la formación de capas que dificultan la penetración y proliferación de las raíces y se puede establecer, entre otras determinaciones, a través de equipos que miden la resistencia de suelo a la penetración (Ponce de León y Balmaseda, 1999; Cuéllar *et al.*, 2002). El suelo se encuentra compactado cuando su macroporosidad es tan baja que restringe la aereación. En este caso, está tan finamente empaquetado y el tamaño de sus poros es tan pequeño que se dificulta la penetración de las raíces, la infiltración y el drenaje. La disminución del volumen y la continuidad de los macroporos con la consiguiente reducción de la conductividad de aire y de agua (Hillel, 1998) y se manifiesta al someter el suelo muy húmedo al laboreo y es mayor en aquellos que tienen bajo contenido de materia orgánica, que están mal drenados o que presentan una alta variedad de tamaños de partículas (Montenegro y Malagón, 1990). La compactación, por efecto de la labranza, se produce a diferentes profundidades (Jaramillo, 2002). Entre los factores que afectan a la misma, Fonseca (1982) menciona los siguientes: la humedad del suelo, la presión aplicada y el número de veces que esta presión se ejerce sobre el suelo.

El objetivo de este trabajo es estudiar la influencia del cultivo de la caña de azúcar sobre la resistencia del suelo a la penetración en un Vertisol Crómico cálcico.

Desarrollo.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló, en el Bloque Experimental de Guaro, perteneciente a la Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) de Holguín. En el experimento circunscrito al proyecto **504.000.022** denominado ***Estudio integral de variedades de caña de azúcar de importancia económica en condiciones de estrés por sequía para la optimización de su período de cosecha***, plantado con caña de azúcar en un Vertisol Crómico cálcico, fueron evaluadas las cepas Caña planta y 1^{er} retoño. El estudio de la resistencia del suelo a la penetración se llevó a cabo mediante la utilización de un penetrómetro de impacto modelo IAA / Planalsucar - Stolf, con la masa impactadora regulada a 0.40 m. Se establecieron 24 puntos de muestreo, realizando 2 muestreos por punto, en el surco y en el camellón. Los

muestreos se hicieron los días 25 de febrero del 2011 y 3 de abril del 2012, antes de cada cosecha. Los trabajos se realizaron a tres profundidades: 0-10, 10-20 y 20-30 cm. Se estudiaron las variables **Cepa** (caña planta y 1^{er} retoño), **Lugar de muestreo** (en el surco y en el camellón) y **Profundidad** (de 0-10, 10-20 y 20-30 cm). Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza trifactorial y las pruebas de Fisher y de Tukey con el software **ESTADÍSTICA 8**. Para la clasificación del grado de compactación se utilizaron las categorías: Friable (F), Poco Compactado (PC), Medianamente Compactado (MC), Compactado (C) y Altamente Compactado (AC). Dichas categorías se correlacionan con diferentes rangos de densidad aparente. La tabla 1 muestra las precipitaciones caídas desde enero del 2011 hasta marzo del 2012. Los datos fueron tomados en la Estación Meteorológica de Guaro, ubicada dentro del área perimetral de la EPICA de Holguín.

Tabla 1. Comportamiento de las precipitaciones en el período estudiado.

Años	Precipitaciones (mm)											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2011	50	37	79	50	40	108	97	123	104	125	83	131
2012	55	9	17	---	---	---	---	---	---	---	---	---

La descripción morfológica del perfil 50, perteneciente a la Red Geográfica Experimental del INICA (INICA, 1986) y ubicado en áreas cercanas al experimento, se muestra a continuación:

Perfil **50** (coordenadas N: 20° 40' 14.5" y W: 75° 46' 11.7"). En áreas del Bloque Experimental de Guaro. Topografía llana con un pequeño declive. Sobre un material de origen de corteza arcillosa amarilla carbonatada y variablemente salinizada. Drenaje superficial de bueno a moderado, drenaje interno moderado; vegetación representada por caña de azúcar. Clasificación: Vertisol Crómico cálcico (Hernández *et al.*, 1999).

Horizontes	Profundidad (cm)	Descripción
Acul, am	0-8	Gris con un matiz amarillento, arcilloso, terroncillo, fresco, friable, hay muchas raíces. El paso es notable.
Acul	8-15	Gris con un matiz amarillento más vivo y con gran cantidad de manchas amarillas, arcilloso, terronosa, compacto, fresco, hay muchas raíces. El paso es brusco.
B1, s	15-35	Amarillo con un matiz grisáceo, arcilloso, estructura de bloques y terronosa, muy compacto, cerca de las grietas la estructura es prismática, el horizonte está dividido por grietas en bloques, de un ancho de 12 a 15 cm, las grietas tienen un ancho que llega hasta los 2 cm. La superficie de los agregados estructurales es brillante, se encuentran neoformaciones de carbonatos salteadas de un diámetro aproximadamente de 1 mm, hay manchas de humus a lo largo de los orificios hechos por las raíces y de las grietas; también se observan estas manchas en las caras de los agregados estructurales. El paso no es uniforme.
B2, s, ca	35-129	Amarillo con una gran cantidad de pintas blancas producidas por los "ojos blancos", arcilloso, muy compacto, plástico, estructura terronosa, hay manchitas de humus, hacia abajo aparece un

		matiz de color ocre, por los orificios abiertos por las raíces se encuentran manchas azulosas, en algunos lugares se encuentran raíces leñosas carbonizadas.
Ccs	129-140	Amarillo con pequeñas manchas de color gris-azuloso, con manchas salteadas de humus, arcilloso.

Resultados y discusión

La figura 1 muestra el comportamiento de la resistencia del suelo a la penetración en las dos cepas estudiadas. Los mayores valores se obtuvieron en 1^{er} retoño, con 6.155 imp/dm³. Mientras que en Caña planta se determinaron 3.218 imp/dm³. Entre ambas cepas se encontraron diferencias altamente significativas. El aumento de la resistencia a la penetración en 1^{er} retoño puede estar dado por la disminución de la humedad del suelo debido a las bajas precipitaciones en el último período de estudio. Agafonov y Roldós (1968) plantean que la densidad aparente depende de la humedad en el suelo de forma lineal e inversa.

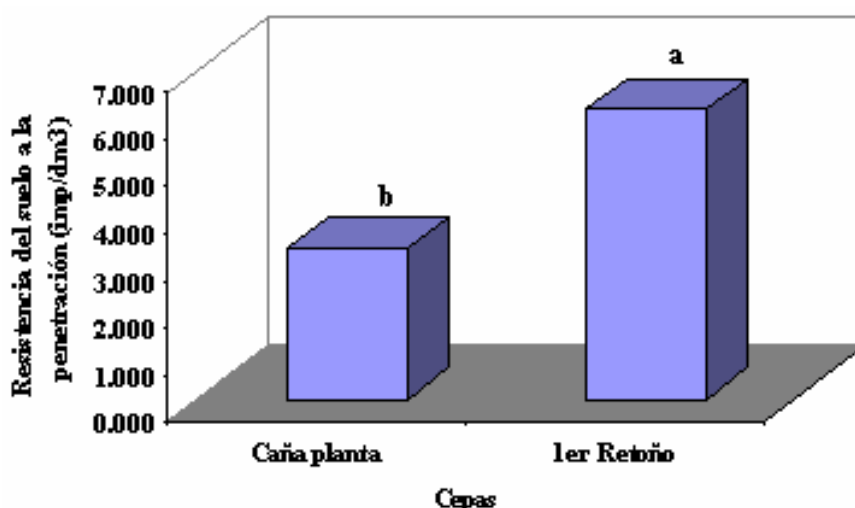


Figura 1. Resistencia del suelo a la penetración en las dos cepas estudiadas.

La figura 2 indica los resultados obtenidos en las tres profundidades. Se aprecia que existe un incremento de la resistencia a la penetración a medida que se profundiza en el suelo. Los valores determinados fueron de 5.699, 5.172 y 3.189 imp/dm³ para las profundidades de 20-30, 10-20 y 0-10 cm, respectivamente. Las profundidades de 10-20 y de 20-30 cm no difieren significativamente entre sí. Sin embargo, las dos tienen diferencias altamente significativas con los valores encontrados en los primeros 10 cm de suelo.

En estudios realizados por Angarica *et al.* (1994) se determinó una mayor compactación con el aumento de la profundidad en Vertisoles Pélicos, ubicados en áreas cañeras de la UEB Cristino Naranjo, de la provincia de Holguín. Pelegrín *et al.* (1990), en un suelo Calcic Haploxeralf sembrado y desnudo, con diferentes tratamientos de laboreo, siempre encontró un aumento de la resistencia a la penetración a medida que profundizaba en el perfil del suelo. Resultados similares encontraron Reyes *et al.* (2010) en un Ferralítico Rojo de la provincia de Matanzas. También Traba *et al.* (2010) encontraron en Vertisoles plantados con caña de azúcar en la provincia de Villa Clara, un incremento en los primeros 30 cm de profundidad, al determinar, para las capas de 0-10, 10-20 y 20-30 cm, valores de 1.150, 2.250 y 3.700 imp/dm³, respectivamente.

Agafonov *et al.* (1978) obtuvieron, en vertisuelos cubanos en época de seca, un incremento de 0.80 a 1.26 mg/m³ en los primeros 40 cm de profundidad. Di Leo *et al.* (2001), en Argiudol típico bajo labranza convencional, encontró que la compactación se incrementaba con la profundidad, al determinar, en la superficie, una densidad aparente de 1.08 mg/m³. Mientras que a los 26 cm de la superficie se encontró un valor de 1.53 mg/m³.

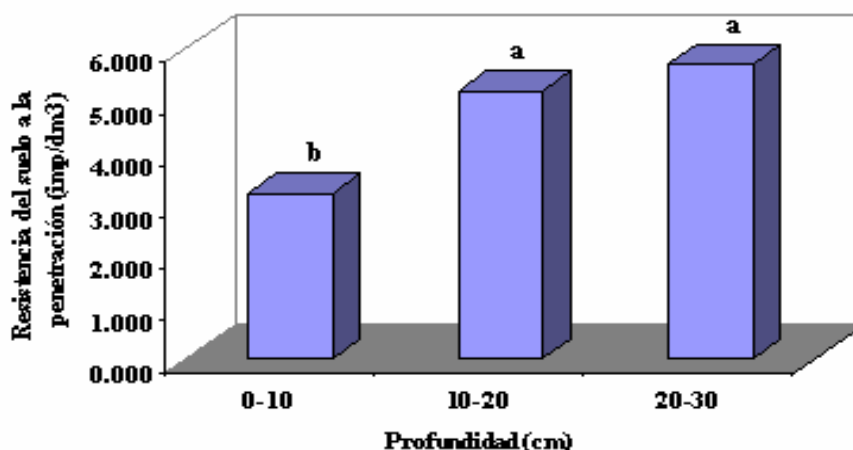


Figura 2. Comportamiento de la resistencia a la penetración en las tres profundidades.

La figura 3 muestra como se condujo la resistencia del suelo a la penetración en la interacción **Cepa * Profundidad**. Los mayores resultados se obtuvieron en las interacciones 1er retoño 10-20 cm (7.248 imp/dm³) y 1er retoño 20-30 cm (6.973 imp/dm³). Ambas interacciones no difieren entre ellas, pero si presentan diferencias altamente significativas con el resto de las estudiadas. Es notable en esta cepa la mayor resistencia del suelo a la penetración en la profundidad de 10-20 cm, lo cual puede estar dado por encontrarse en esta capa la mayor concentración de raíces. Tampoco difieren entre si las interacciones Caña planta 20-30 cm (4.424 imp/dm³) y 1^{er} retoño 0-10 cm (4.245 imp/dm³), pero si muestran diferencias altamente significativas con las interacciones restantes (Caña planta 10-20 cm y Caña planta 0-10 cm, con 3.096 y 2.134 imp/dm³, respectivamente).

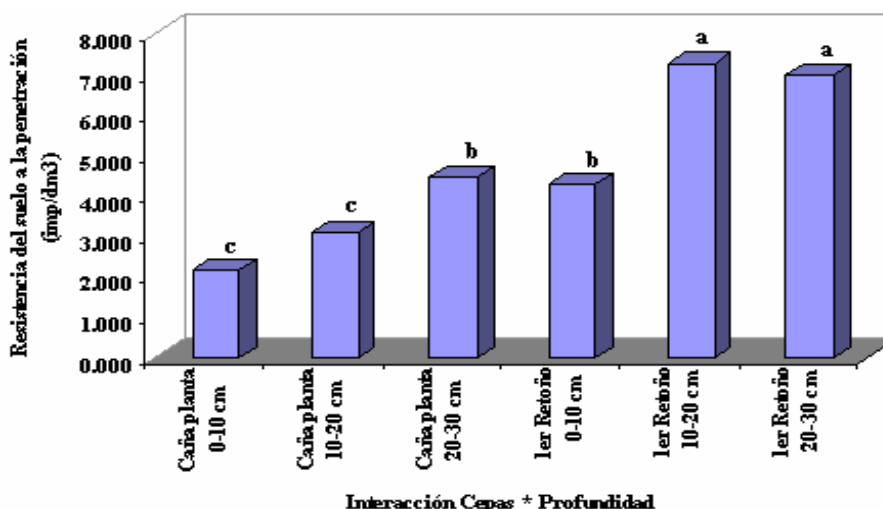


Figura 3. Resistencia del suelo a la penetración en la interacción Cepa * Profundidad.

La tabla 2 muestra las categorías de compactación dadas a las cepas estudiadas, según el lugar de muestreo y la profundidad. Se puede apreciar que en Caña planta, en el surco existe una capa poco compactada (PC) hasta los 10 cm de profundidad sobreyacente en una capa medianamente compactada (MC) que llega hasta los 30 cm. En el camellón, la capa superficial también esta poco compactada (PC), pero tiene un mayor espesor. La profundidad de 20-30 cm se clasificó como Medianamente Compactada (MC). Reyes *et al.* (2010) demostraron que existe una relación lineal y directa entre la compactación y la densidad aparente. En estudios realizados por Angarica *et al.* (1994), en Vertisoles Pélicos, se determinó un aumento de la compactación con la profundidad de muestreo a 0.80 m de la cepa, donde se encontraron valores de 0.90, 0.93 y 0.99 mg/m³ a profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm respectivamente. Hubo un comportamiento similar a 0.30 m de la cepa, donde se registraron 0.80, 0.90 y 0.97 mg/m³ en cada una de las profundidades mencionadas.

En el caso del 1^{er} retoño se determinó, en ambos lugares de muestreo, que hasta los 30 cm la categoría es Medianamente Compactada (MC).

Tabla 2. Densidad aparente correlacionada con los resultados de penetrometría obtenidos y las categorías de compactación determinadas.

Profundidad (cm)	Caña planta			1 ^{er} retoño		
	Resistencia a la penetración (imp/dm ³)	Densidad aparente (mg/m ³)	Categoría	Resistencia a la penetración (imp/dm ³)	Densidad aparente (mg/m ³)	Categoría
Surco						
0-10	2.14	0.95-1.10	PC	3.91	1.11-1.30	MC
10-20	3.30	1.11-1.30	MC	7.26	1.11-1.30	MC
20-30	4.43	1.11-1.30	MC	7.03	1.11-1.30	MC
0-30	3.29	1.11-1.30	MC	6.07	1.11-1.30	MC
Camellón						
0-10	2.12	0.95-1.10	PC	4.58	1.11-1.30	MC
10-20	2.89	0.95-1.10	PC	7.24	1.11-1.30	MC
20-30	4.42	1.11-1.30	MC	6.92	1.11-1.30	MC
0-30	3.15	1.11-1.30	MC	6.24	1.11-1.30	MC

Según Alfonso *et al.* (2001) el laboreo tradicional continuo provoca, en los Rhodic Ferralsol del sur de La Habana, el deterioro de las propiedades físicas del suelo al reducir la estabilidad de los agregados, con el consiguiente decrecimiento de la cohesión del suelo. Esto provoca el aumento de la compactación subsuperficial, lo que se relaciona con disminución de la porosidad y la permeabilidad. Michelena *et al.* (2001) encontraron en un Argiudol vértico, franco arcilloso, un aumento de la resistencia del suelo a la penetración desde 0 hasta 30 cm de profundidad.

Conclusiones.

La resistencia del suelo a la penetración fue mayor en 1^{er} retoño (6.155 imp/dm³) que en Caña planta (3.218 imp/dm³), este comportamiento coincide con el período de menores precipitaciones durante el período de estudio.

La resistencia del suelo a la penetración aumentó con la profundidad; se encontraron valores de 3.189, 5.172 y 5.699 imp/dm³ para las profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm.

Los mayores valores de resistencia a la penetración se encontraron en las interacciones 1^{er} retoño 10-20 cm y 1^{er} retoño 20-30 cm; valores intermedio se observaron en Caña planta 20-30 cm y 1^{er} retoño 0-10 cm; la menor cantidad de impactos se encontraron en Caña planta 10-20 cm y Caña planta 0-10 cm.

En la cepa de caña planta se encontró que, en el surco, los primeros 10 cm de profundidad son poco compactados (PC) y sobreyacentes en una capa medianamente compactada (MC) que llega hasta los 30 cm; mientras que en el camellón la potencia de la capa superficial es mucho mayor. En la 1^{er} retoño, tanto en el surco como en el camellón, el suelo se encuentra medianamente compactado (MC) hasta los 30 cm.

Bibliografía.

- Agafonov, O. A., Delgado Díaz, R. M., Rivero Ramos, L., Tatevosian, G. (1978). Propiedades físicas de los vertisuelos de Cuba, relacionadas con las particularidades de su génesis. *Ciencias de la Agricultura*, 3, 47-80.
- Agafonov, O. A., Roldós Olivier, J. E. (1968). Composición física de los suelos cañeros de Cuba. Academia de Ciencias de Cuba. *Ser. Caña de Azúcar*, 20, 1-23.
- Alfonso, C. A., Monedero, Milagros, Calero, B., González, B., Pascual, J. A. & Uriarte, Raquel. (2001). Funcionamiento actual de los suelos Rhodic Ferralsol degradados por compactación del sur de La Habana. *CD-ROM Memoras de XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo*. Varadero.
- Amberger, A. (2006). Soil fertility and plant nutrition in the tropics and subtropics. Paris: International Fertilizer Industry Association & International Potash Institute.
- Angarica Baró, E., López Blanco, M. J., Acosta Pérez, R., Hernández Martín, H. & Barak Bolaños Amada. (1994). Estudio de suelos para el manejo integral del cultivo de la caña de azúcar en la UBPC "San Juan" del CAI "Cristino Naranjo". Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana.
- Cairo Cairo, P., Fundora Herrera, O. (2005). *Edafología*. La Habana. Editorial Félix Varela.
- Cairo Cairo, P., García Ruíz, I., Goya Castro, Sonia, Lezcano Yanez, L., Toledo Guillén, L. A., Jiménez Arteaga, A. (1985). Algunos aspectos relacionados con las labores en suelos pesados bajo caña de azúcar (I). *Centro Agrícola*, 12(3), 51-62.
- Cuéllar, I., Villegas, R., de León, M., Pérez, H. (2002). *Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba*. Ediciones Publicinca. La Habana.
- Di Leo, Carmela, Aragón, A., Filguiera, R., Soracco, G. (2001). Impacto de la labranza convencional y la siembra directa en un Argiudol típico. *CD-ROM Memoras de XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo*. Varadero.
- Dirección General de Suelos y Fertilizantes. (1985). *Suelos de la provincia Holguín*. Editorial Científico-Técnica. La Habana.
- Fonseca Aguilar, M. (1982) ¿Cómo la compactación del suelo afecta a las cañas de retoño? *ATAC*, (4), 61-65.
- Hernández Jiménez, A., Pérez Jiménez, J. M., Bosch Infante, D., Rivero Ramos, L., Camacho Díaz, E. (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba. AGRINFOR. Ministerio de la Agricultura. La Habana.
- Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. San Diego. Academic Press.
- Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (1986). Descripción de perfiles de la Red Geográfica Experimental. Departamento de Suelos y Agroquímica. La Habana.

- Michelena, R., Irurtia, C., Rivero, Emilia, Rorig, Marcela. (2001). Evaluación física de dos suelos con siembra directa en la Pampa argentina. *CD-ROM Memoras de XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo*. Varadero.
- Pelegrín, F., Moreno, F., Martín Aranda, J. & Camps, M. (1990). Evolución de la resistencia a la penetración en un suelo de la provincia de Sevilla (España), sometido a diferentes sistemas de laboreo. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Memorias del XI Congreso Latinoamericano y II Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo. La Habana.
- Ponce de León, D. & Balmaseda C. (1999). El recurso suelo en el cultivo de la caña de azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la caña de azúcar. La Habana.
- Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. Colombia.
- Reyes Peñate, Annerys, Cortegaza Ávila, P. L., Ruiz Traba, J., Torres Negrones, C., China Horta, A., Benítez, Ledya, Céspedes, Rosario M., Hernández Alonso Nancy. (2010). Efecto de la quema sobre algunas propiedades físicas de un suelo Ferralítico Rojo compactado cultivado con caña de azúcar. *CD-ROM Memorias del VII Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo*. La Habana.
- Rodríguez, I., Pérez, H., Cruz, O., Vera, A. (2010). Establecimiento de prácticas de manejo para evitar la degradación de los suelos dedicados a caña de azúcar en la UBPC Tuinucú. *CD-ROM Memorias del XVII Congreso Científico Internacional del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*. San José de las Lajas.
- Ruiz Traba, J., Machado, N., Torres Negrones, C., Reyes Peñate, Annerys, China Horta, A., Sánchez, Madelín. (2010). Diagnóstico del laboreo en caña de azúcar. *CD-ROM Memorias del VII Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo*. La Habana.
- Shishova, V. S. (1969). Estudios de suelos y evaluación de índices en los experimentos de la caña de azúcar. En: Evaluación de campo en los suelos de una red experimental de la caña de azúcar. Estudios de suelos y evaluación de índices en los experimentos de la caña de azúcar. Academia de Ciencias de Cuba. *Ser. Caña de azúcar*, 23, 36-42.

Fecha de recibido: 17 jul. 2015

Fecha de aprobado: 14 sep. 2015