

MECANIZACIÓN AGRÍCOLA

ARTÍCULO ORIGINAL

Compactación y variación del perfil del cantero provocado por la cosechadora CASE IH A8800 en suelos húmedos

Soil compaction and variation of bank profile provoked by the harvester CASE IH A8800 on wet soils

M.Sc. Rigoberto Martínez-Ramírez^I, Dr.C. Omar González-Cueto^{II}, Dr.C. Yoel Betancourt-Rodríguez^{III}, Dr.C. Miguel Rodríguez-Orozco^{II} y Sergio Guillén-Sosa^I

^IInstituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Marianao, La Habana, Cuba.

^{II}Universidad Central de las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

^{III}Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA Centro-Villa Clara), Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.

RESUMEN. La investigación se desarrolló durante la zafra 2014 a 2015 en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Carlos Perera, de la UEB Héctor Rodríguez, provincia de Villa Clara, Cuba, con el objetivo de determinar la compactación y variación del perfil del cantero provocado por el tráfico de la cosechadora CASE IH A8800 en suelos húmedos. Se determinó la resistencia a la penetración, la densidad aparente y la variación del perfil del cantero, antes y después del tráfico de la cosechadora, en suelos con 60,8% de humedad. La cosechadora provocó un incremento de la resistencia a la penetración de 12,5% y un incremento máximo de la densidad aparente de 8,9%. La densidad aparente después del paso de la cosechadora quedó $\approx 1 \text{ g/cm}^3$, distante del valor de $1,15 \text{ g/cm}^3$ considerado como valor límite de compactación a partir del cual se afecta el crecimiento de las plantas, en el tipo de suelo investigado. La variación del perfil del cantero fue solo de unos 5 cm en los extremos, lo cual demuestra que las máquinas con esteras son apropiadas para la cosecha en suelos húmedos. La escasa afectación al suelo provocado por esta máquina la hacen adecuada para su utilización durante la cosecha en alta humedad ($\geq 50\%$).

Palabras clave: resistencia a la penetración, densidad aparente, alta humedad del suelo.

ABSTRACT. The research was carried out during sugar cane harvest season 2014 to 2015 in the Basic Unit of Cooperative Production (UBPC) Carlos Perera, of the UEB Héctor Rodríguez, Villa Clara province, Cuba, with the objective of determining the compaction and variation of the bank profile caused by the harvester's traffic CASE IH A8800 on wet soils. It was determined penetration resistance, bulk density and variation of bank profile, before and after of harvester traffic, on soils with 60.8% of moisture content. The harvester caused an increment of the penetration resistance of 12.5% and a maximum increment of bulk density of 8.9%. The bulk density of $\approx 1 \text{ g/cm}^3$ after the harvester traffic, it was far from of the value of 1.15 g/cm^3 considered as soil compaction threshold starting from which the plants growth is affected, in the type of researched soil. The variation of bank profile was only of about 5 cm in the ends proving that tracked machines are appropriate for harvest in wet soils. The scarce soil affectation provoked by this machine make it appropriate for its use during harvest in wet soil ($\geq 50\%$).

Keywords: soil cone index, bulk density, high soil moisture content.

INTRODUCCIÓN

En Cuba la degradación y deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos de uso agrícola está presente en gran cantidad de las áreas de cultivo. El Anuario Estadístico reporta que el 43,3% de las áreas agrícolas

están erosionadas en valores desde muy fuerte a media, que el 23,9% tiene problemas de compactación natural y con problemas de mal drenaje se reportan el 40,3% de la superficie agrícola (ONEI, 2016). Estos datos muestran

lo imprescindible que resulta la adopción de medidas de prevención y de administración que permitan reducir la degradación del suelo. Además, se deben emprender investigaciones que determinen el nivel de compactación que está originando en los suelos agrícolas las tecnologías de producción empleadas. El uso sustentable de los suelos es la única solución posible para enfrentar retos globales como la seguridad alimentaria, la demanda de energía y agua, el cambio climático y la biodiversidad.

La compactación es el proceso mediante el cual las partículas de suelo son reorganizadas para decrecer el espacio poroso y llevar los granos a un contacto más cercano uno con otro, incrementándose así la densidad aparente. La compactación provoca cambios en propiedades físicas del suelo (densidad aparente y porosidad del suelo) que son determinantes en la influencia sobre las propiedades químicas, la fauna del suelo, la biodiversidad y el crecimiento de las plantas (Nawaz *et al.*, 2013).

La compactación del suelo se puede conocer a través del cambio provocado en propiedades del suelo como: densidad aparente, porosidad total, índice de poros, volumen específico y por el efecto de esta y otras propiedades en la resistencia a la penetración y la permeabilidad al aire y al agua (Hamza y Anderson, 2005; González *et al.*, 2008).

El tráfico vehicular está directamente vinculado con la compactación inducida en suelos bajo producción agrícola, siendo la humedad y la textura los aspectos más relevantes en cuanto a la reducción de su espacio poroso. La compactación es resultado de la resistencia del suelo a la acción de las cargas. Cuando la carga aplicada al suelo es superior a la resistencia del suelo a la compresión se produce la deformación del suelo y con esto la compactación. La compresibilidad se refiere a la facilidad con la cual el suelo decrece en volumen cuando soporta una presión aplicada. Mayor compresibilidad indica mayor susceptibilidad de un suelo a la compactación. Los suelos secos son menos susceptibles a la compactación que los húmedos y en la medida en que aumenta el contenido de arcilla mayor es el índice de compresibilidad del suelo. En suelos arcillosos son mayores los riesgos de compactación a niveles que afectan la producción agrícola y mayor será la persistencia del daño realizado (Botta *et al.*, 2002).

González *et al.* (2008), determinaron que el contenido de humedad del suelo durante el tráfico tiene una mayor influencia en la compactación que la presión aplicada al suelo. Por ejemplo: el tráfico de un equipo agrícola con una presión sobre el suelo de 400 kPa, en un suelo Rhodic Ferralsol con 25% de humedad, provoca un efecto menor en la porosidad total que el tránsito del mismo equipo con 200 kPa de presión sobre el terreno, en un suelo con 35 % de humedad. La humedad es la variable que mayor influencia tiene en el proceso de compactación del suelo, dado que esta determina el máximo valor alcanzable de densidad de volumen (Hamza

y Anderson, 2005). Para cada tipo de suelo y esfuerzo de compactación hay un valor particular de humedad, conocido como contenido de humedad crítico al cual se obtiene el máximo valor de la densidad aparente. Incrementándose la humedad del suelo se incrementa significativamente la compactación (Shahgholi y Abuali, 2015). Cuando ya la humedad supera la humedad crítica el efecto de las cargas aplicadas en la densidad aparente del suelo es menor. Estos elementos demuestran la importancia de la humedad del suelo durante el tráfico de las máquinas.

En la compactación del suelo influyen factores asociados a la maquinaria como: presión sobre el suelo, carga sobre los sistemas de rodaje, número de pases, velocidad de desplazamiento y patinaje (Hamza y Anderson, 2005). Varias han sido las investigaciones que muestran el incremento de la compactación al aumentar la presión media sobre el suelo. Esta depende de la rigidez, presión de inflado y superficie de contacto del neumático con el suelo, así como, de la resistencia de la superficie sobre la que se apoya (González-Cueto *et al.*, 2016). La presión sobre el suelo influye mayormente sobre la compactación en la capa superficial del suelo ($\approx < 0,3$ m) y en profundidad la compactación es ocasionada por la carga sobre los ejes (Botta *et al.*, 2012; González-Cueto *et al.*, 2013). Los sistemas de rodaje por esteras potencialmente compactan menos que los sistemas de rodaje por neumáticos debido a menores esfuerzos sobre el suelo y menor riesgo de compactación del suelo (Keller y Arvidsson, 2016).

Rodríguez *et al.* (2013), refieren que en Cuba el 24% de la superficie agrícola presenta afectaciones por compactación. Estos autores citan como una de sus causas, en los suelos cañeros, la mecanización total, mediante el uso de equipos pesados en las operaciones de cosecha y transporte, sobre todo cuando se realizan en condiciones de alta humedad.

En los lugares donde la caña de azúcar se cosecha en periodos húmedos, los remolques y cosechadoras con esteras podrían ser una opción para reducir los daños al campo por compactación y deformación de la superficie del suelo. Soler *et al.* (2013), señalan que las soluciones técnicas que garantizan el trabajo en estas condiciones, se dirigen hacia el uso de puentes múltiples, neumáticos de alta flotación, semiesteras, esteras y neumáticos dispuestos en pareja.

El empleo de máquinas no apropiadas para la cosecha en terrenos húmedos provoca profundas huellas como consecuencia de fallas en la resistencia del suelo (Figura 1), que provocan el enterramiento de la capa vegetal situada bajo el rodaje y el levantamiento de las capas inferiores del suelo. Esto destruye el perfil del cantero y causa daños mecánicos al sistema radicular de las plantas, lo cual resulta tan o más perjudicial que la propia compactación¹.

El sistema de rodaje de los medios de cosecha y transporte usados en Cuba durante años, presenta dificultades en cuanto a su capacidad de paso en condiciones húmedas, determinado por alta carga sobre los ejes, alta presión media específica sobre

¹ RODRÍGUEZ, M.: Fundamentación de un sistema de rodajes por semiesteras en las cosechadoras cubanas de caña de azúcar para trabajar en suelos de mal drenaje con condiciones de elevada humedad. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Santa Clara, Cuba, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, 1999.

el suelo, distribución inadecuada del peso sobre los sistemas de rodajes de las máquinas². En Cuba se han identificado más de 117 mil ha de suelos (arcillosos muy plásticos) que después de intensas lluvias permanecen inundados durante semanas y hasta meses, provocando la interrupción de la zafra y pérdidas económicas considerables. Esta es la razón por la cual se ha estado trabajando en la introducción de cosechadoras con sistemas de rodaje por esteras y de medios de transporte intermedio con sistemas de rodaje de alta flotación. Sin embargo, la solución de la cosecha en estos suelos, bajo condiciones húmedas, puede provocar afectaciones por compactación y deformación del cantero que pudieran comprometer las producciones futuras de caña de azúcar. Tomando en cuenta lo antes expuesto, el presente trabajo se trazó como objetivo determinar la compactación y variación del perfil del cantero ocasionado por la cosechadora CASE IH AUSTOFT 8800 en suelos húmedos.



FIGURA 1. Falla del suelo durante la cosecha de caña en suelos húmedos con máquinas no apropiadas.

MÉTODOS

La investigación se desarrolló durante la zafra 2014 a 2015 en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Carlos Perera, de la Unidad Empresarial de Base Héctor Rodríguez, situada en el macizo cañero de la costa norte de Villa Clara, en el centro de Cuba; en plantaciones de caña de azúcar de secano, sobre canteros, en cepa de primavera quedada y suelo Pardo Sialítico, con alta humedad (60,8% bss).

Se evaluaron las variaciones del estado de la compactación del suelo y el perfil del cantero, en cinco puntos dispuestos en el campo en forma de sobre cerrado. Los lugares donde se obtuvieron las muestras estuvieron situados a más de 20 m del inicio y final de los campos siguiendo el trazado antes mencionado. La compactación del suelo se determinó mediante la medición de la densidad aparente y la resistencia a la penetración.

Se determinó el número de muestras a emplear mediante la ecuación

$$n = \frac{t^2 \cdot S^2}{E^2};$$

donde:

n—número de muestras;

t—valor de la distribución t Student;

S²—varianza;

E—error o precisión deseada (error de un 5%).

Las muestras para el cálculo de la densidad aparente y la medición de la resistencia del suelo se obtuvieron antes (AC) e inmediatamente después del paso de la cosechadora (DC), hasta la profundidad de 30 cm, en capas de 0,1 m, en dos sitios: centro del surco (Cs) y centro del camellón (Cc), este último es el lugar que con mayor frecuencia trafica la estera de la cosechadora.

La densidad aparente se determinó por el método de los cilindros y la resistencia a la penetración con el empleo del penetrómetro de impacto. La variación del perfil del cantero se determinó con el empleo de un nivel de burbuja y un perfilómetro con divisiones en el plano horizontal cada 0,05 m y apreciación en la medición en el plano vertical de 0,001 m. Las evaluaciones se realizaron en un ancho de 1,60 m, antes y después de la cosecha.

La cosechadora empleada durante las pruebas fue una CASE IH A8800, con sistema de rodaje por esteras de 2,96 x 0,457 m. Se obtuvo la presión media específica de la máquina como la relación entre el peso total (183 kN) y el área de apoyo de la cosechadora.

Los datos obtenidos en las evaluaciones de la resistencia a la penetración y la densidad aparente se procesaron empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1 (Statistical Graphics Crop, 2000). Se utilizó la prueba t-Students para muestras pareadas como criterio para estimar las diferencias entre las medias muestrales, a un 95 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acorde a la clasificación climática de Köppen el clima de la región clasifica como Aw. La distribución mensual de las precipitaciones muestra la existencia de dos periodos: uno húmedo y uno menos húmedo o relativamente seco, con valores promedios de lluvia de 876 y 155 mm, respectivamente.

La resistencia del suelo a la penetración, medida antes de la cosecha, fue de 1 golpe/dm a 10 cm de profundidad, incrementándose hasta 2 y 3 golpes/dm a la de 30 cm, en las zonas correspondientes al centro del surco (Cs) y del camellón (Cc), respectivamente (Figura 2); en coincidencia con los resultados alcanzados,² Botta *et al.* (2002), y otros autores que reportan incrementos de la resistencia del suelo a la penetración con la profundidad. Las mayores magnitudes, en todas las capas, se mostraron en la zona correspondiente al centro del camellón, comportamiento que era de esperar dado a que es la zona de tráfico de los neumáticos de los tractores y la cosechadora, de conformidad con lo planteado por Herrera *et al.* (2002).

² MARTÍNEZ, R.: Estudio de la compactación mecánica y la cobertura de residuos de cosecha como elementos de manejo agrícola en cepas de retoños de caña de azúcar en un Vertisol pélico gleyoso. Tesis (presentada en opción al título de Máster en Ciencias en Producción Vegetal), Bayamo, Cuba, Universidad de Granma, 1999.

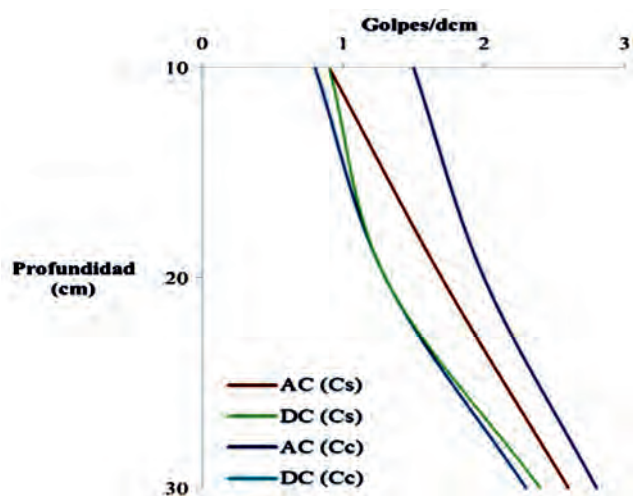


FIGURA 2. Resistencia a la penetración antes y después del paso de la cosechadora.

Después de la cosecha se produjo un incremento de la resistencia del suelo a la penetración, como consecuencia del aumento ocasionado en la zona del camellón por el pase de la cosechadora; con valores de 2 golpes/dm en las profundidades de 10 y 20 cm y de 3 golpes/dm en la profundidad de 30 cm, lo que representó un incremento promedio de 12,5% en el perfil estudiado (Figura 2). Incrementos de la resistencia del suelo posterior a la cosecha mecanizada ha reportado también Martínez². Herrera *et al.* (2002), evaluaron el prototipo de cosechadora cubana de caña de azúcar con semiesteras CCA-3, en suelos vertisol con 52,5% de humedad, considerado como alta humedad. Los autores encontraron que en las zonas del camellón donde se produce con mayor frecuencia el tráfico de la cosechadora se produjeron incrementos de la resistencia a la penetración de 7,93 a 13,36% valores cercanos a los encontrados en esta investigación. Este incremento de la compactación del suelo, medido a partir del aumento de la resistencia a la penetración, está muy distante de los valores que se obtienen cuando se utilizan cosechadoras sobre neumáticos, como es el caso de las combinadas cubanas KTP-2M. Morejón *et al.* (2016), obtuvieron incrementos de este índice de 53,78% y de 42,625 en suelos Ferralíticos rojos compactados, para estas máquinas cosechando en condiciones secas, lo cual muestra cuan beneficioso para conservar las propiedades físicas iniciales del suelo resulta la utilización del sistema de rodaje con esteras.

La densidad aparente, previo a la cosecha, mostró un comportamiento similar a la variable anterior, al revelar incrementos con la profundidad (Figura 3), con valores de 0,89; 0,92 y 0,95 g/cm³ a los 10, 20 y 30 cm de profundidad, respectivamente. El valor promedio del perfil estudiado fue de 0,92 g/cm³ calificado por García *et al.* (2010), como característico de estos suelos.

Posterior a la cosecha los mayores valores se encontraron en la zona del centro del camellón (Cc), en los estratos de 0-10 y 10-20 cm de profundidad, con tenores de 0,98 y 0,97 g/cm³ respectivamente; los que representan un incremento del 8,9 y 4,3%, por ese orden, respecto a los valores iniciales. Los valores de densidad aparente medidos después del paso de la cosecha distan del 1,15 g/cm³ referidos por Rodríguez¹ como valor a

partir del cual se afectan significativamente la porosidad del suelo y por tanto se limita el desarrollo del sistema radicular, el ahijamiento y el crecimiento general de la planta.

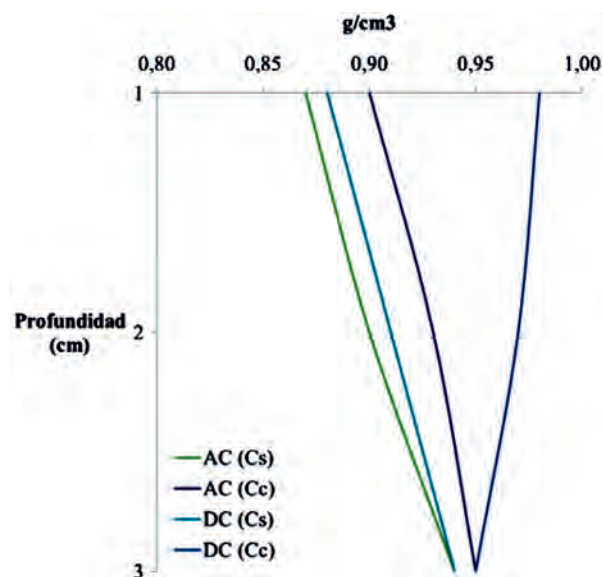


FIGURA 3. Densidad aparente antes y después del paso de la cosechadora.

Como se aprecia en la Figura 3, la densidad aparente antes del paso de la cosechadora, en el centro del camellón, es superior a la de obtenida después del paso de la cosechadora en el centro del surco. Al iniciar la cosecha esta zona del campo está endurecida debido al tráfico de los medios mecanizados durante las labores de cultivo y como era de esperarse, después del paso de la cosechadora en el centro del camellón se obtienen los mayores valores de incremento de la compactación.

Al analizar la deformación del perfil del cantero o surco después de la cosecha, se determinó como media que se produce un hundimiento menor de 5 cm, en la zona correspondiente al cantero o surco (Figura 4). Este resultado se debe a la estabilidad direccional que le otorga a la cosechadora los sistemas de rodaje por esteras, que con mayor facilidad mantienen el curso por debajo del cantero. Al determinar la presión media específica de esta cosechadora se obtuvo que es de 67,7 kPa valor muy similar al propuesto por Rodríguez¹ de 60 kPa para máquinas sobre esteras durante el trabajo en condiciones de alta humedad. Estos resultados coinciden con lo planteado por Soler *et al.* (2013), en cuanto a que el uso de vehículos sobre esteras son una opción para reducir los daños al suelo por compactación y deformación del cantero en los campos donde la caña de azúcar se cosecha en periodos húmedos.

En condiciones de alta humedad del suelo, esta se encuentra por encima de la humedad crítica de compactación, valor al que se logra la mayor compactación del suelo según los ensayos Proctor. Pero, el suelo siempre se compacta, en mayor o menor medida, cuando las presiones que soporta son superiores a su resistencia a la compresión. Por lo tanto, es necesario durante la cosecha en alta humedad utilizar medios que ejerzan bajas presiones sobre el suelo, como es el caso de esta cosechadora CASE IH A8800, debido a la baja resistencia a la compresión que tiene el suelo en estas condiciones.

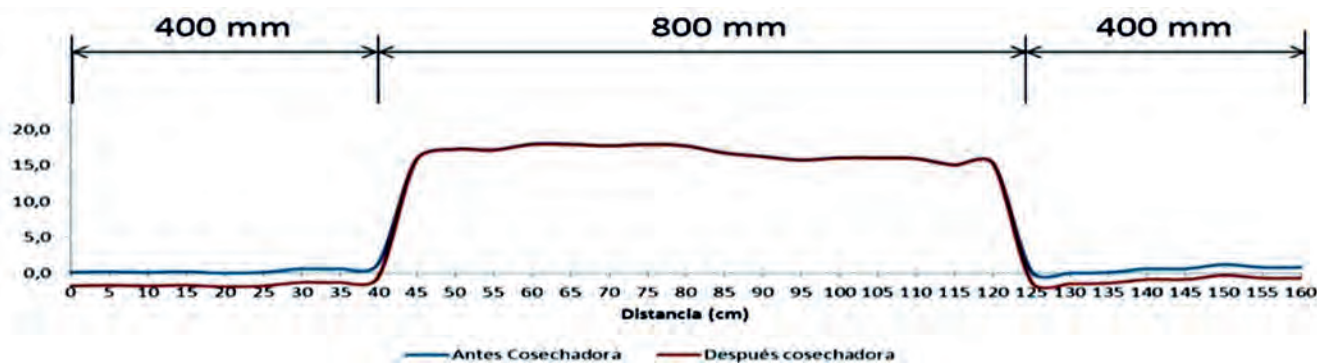


FIGURA 4. Variaciones en el perfil del suelo al pase de la cosechadora.

La humedad del suelo de 60,8% en que se realizaron los ensayos de esta investigación es superior a aquella de 50% que consideró Rodríguez¹, como límite (por la capacidad de paso y la afectación al suelo) para el trabajo de los medios que se utilizan tradicionalmente, en condiciones secas, para el transporte y cosecha de la caña de azúcar. Este autor estimó que la cosecha con medios adecuados para el trabajo en alta humedad podía hacerse hasta humedades de 70%. Los resultados de este trabajo muestran que la selección de una cosechadora con esteras es uno de los caminos a seguir para la reducción de la afectación al suelo durante la cosecha de la caña de azúcar en el tipo de suelo objeto de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A Yaravy Placeres Vallejo y a Luciano Vidal Díaz, del Instituto: Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), AZCuba, por su valiosa colaboración en la investigación

CONCLUSIONES

- Con la presente investigación se determinó la resistencia a la penetración, la densidad aparente del suelo y la variación del perfil del cantero provocado por el tráfico de la cosechadora CASE IH A8800 en suelos con 60,8% de humedad, valor 10,8% superior al propuesto como límite para el trabajo de los medios que tradicionalmente se utilizan para la cosecha de la caña. Los resultados muestran que la escasa afectación

al suelo provocado por esta máquina la hacen adecuada para su utilización durante la cosecha en alta humedad ($\geq 50\%$).

- El tráfico de la cosechadora CASE IH A8800 en suelo Pardo Sialítico produjo un incremento de la resistencia a la penetración de 12,5% y un incremento máximo de la densidad aparente de 8,9%. La densidad aparente después del paso de la cosechadora quedó $\approx 1 \text{ g/cm}^3$ muy distante del valor de $1,15 \text{ g/cm}^3$ considerado como valor límite de compactación a partir del cual se afecta el crecimiento de las plantas, en el tipo de suelo investigado.
- La variación del perfil del cantero provocado por el tráfico de la cosechadora CASE IH A8800 fue solo de unos 5 cm en los extremos de los canteros, lo cual demuestra la adecuada dirigibilidad de las máquinas con esteras que las hacen apropiadas para el trabajo en suelos húmedos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOTTA, G.F.; JORAJURIA, D.; DRAGHI, L.M.: "Influence of the axle load, tyre size and configuration on the compaction of a freshly tilled clayey soil", *Journal of Terramechanics*, 39(1): 47-54, 2002, ISSN: 0022-4898, DOI: 10.1016/S0022-4898(02)00003-4.
- BOTTA, G.F.; TOLON-BECERRA, A.; TOURN, M.; LASTRA-BRAVO, X.; RIVERO, D.: "Agricultural traffic: Motion resistance and soil compaction in relation to tractor design and different soil conditions", *Soil and Tillage Research*, 120: 92-98, 2012, ISSN: 0167-1987, DOI: 10.1016/j.still.2011.11.008.
- GARCÍA, I.; SÁNCHEZ, M.; VIDAL, D.M.L.; BETANCOURT, Y.; LLANO, J.R.: "Efecto de la compactación sobre las propiedades físicas del suelo y el crecimiento de la caña de azúcar", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(2): 51-56, 2010, ISSN: 2071-0054.
- GONZÁLEZ, C.O.; IGLESIAS, C.E.; HERRERA, M.; LÓPEZ, E.; SÁNCHEZ, Á.: "Efecto de la humedad y la presión sobre el suelo en la porosidad total de un Rhodic Ferralsol", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17(2): 50-54, 2008, ISSN: 2071-0054.
- GONZÁLEZ-CUETO, O.; IGLESIAS-CORONEL, C.E.; LÓPEZ-BRAVO, E.; RECAREY-MORFA, C.A.; HERRERA-SUÁREZ, M.: "Modelling in FEM the soil pressures distribution caused by a tyre on a Rhodic Ferralsol soil", *Journal of Terramechanics*, 63: 61-67, 2016, ISSN: 0022-4898, DOI: 10.1016/j.jterra.2015.09.003.
- GONZÁLEZ-CUETO, O.; IGLESIAS-CORONEL, C.E.; RECAREY-MORFA, C.A.; URRIOLAGOITIA-SOSA, G.; HERNÁNDEZ-GÓMEZ, L.H.; URRIOLAGOITIA-CALDERÓN, G.; HERRERA-SUÁREZ, M.: "Three dimensional finite element model of soil compaction caused by agricultural tire traffic", *Computers and Electronics in Agriculture*, 99: 146-152, 2013, ISSN: 0168-1699, DOI: 10.1016/j.compag.2013.08.026.
- HAMZA, M.A.; ANDERSON, W.K.: "Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions", *Soil and Tillage Research*, 82(2): 121-145, 2005, ISSN: 0167-1987, DOI: 10.1016/j.still.2004.08.009.

- HERRERA, M.; IGLESIAS, C.; RODRÍGUEZ, M.; FIGAL, A.; MAX, J.; GONZÁLEZ, O.; LÓPEZ, E.: “Compactación del suelo asociada a la cosecha de la caña de azúcar en condiciones de elevada humedad”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11(3): 1–5, 2002, ISSN: 2071-0054.
- KELLER, T.; ARVIDSSON, J.: “A model for prediction of vertical stress distribution near the soil surface below rubber-tracked undercarriage systems fitted on agricultural vehicles”, *Soil and Tillage Research*, 155: 116-123, 2016, ISSN: 0167-1987, DOI: 10.1016/j.still.2015.07.014.
- MOREJÓN, Y.; GONZÁLEZ, R.; GARCÍA DE LA FIGAL, A.E.; VEGA, E.; PÉREZ, J.L.: “Influencia de la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en la compactación del suelo”, *Revista Ingeniería Agrícola*, 6(1): 33-38, 2016, ISSN: 2306-1545, 2227-8761.
- NAWAZ, M.F.; BOURRIÉ, G.; TROLARD, F.: “Soil compaction impact and modelling. A review”, *Agronomy for Sustainable Development*, 33(2): 291-309, 2013, ISSN: 1774-0746, 1773-0155, DOI: 10.1007/s13593-011-0071-8.
- ONEI: “Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca”, [en línea], En: *Anuario Estadístico de Cuba 2015*, Ed. ONEI, La Habana, Cuba, p. 32, 2016, Disponible en: <http://www.onei.cu/aec2015/09%20Agricultura%20Ganaderia%20Silvicultura%20Pesca.pdf>, [Consulta: 30 de mayo de 2017].
- RODRÍGUEZ, I.; PÉREZ, H.I.; ARCIA, F.J.; BENÍTEZ, L.: “Manejo y conservación de suelos”, En: *Manejo sostenible de tierras en la producción de caña de azúcar*, Ed. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 2013, ISBN: 978-959-300-051-2.
- SHAHGHOLI, G.; ABUALI, M.: “Measuring soil compaction and soil behavior under the tractor tire using strain transducer”, *Journal of Terramechanics*, 59: 19-25, 2015, ISSN: 0022-4898, DOI: 10.1016/j.jterra.2015.02.007.
- SOLER, H.; BETANCOURT, Y.; PÉREZ, H.: “Estimados, programación de corte y cosecha”, En: *Manejo Sostenible de Tierras en la Producción de Caña de Azúcar*, Ed. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, 2013, ISBN: 978-959-300-051-2.
- STATISTICAL GRAPHICS CROP: *STATGRAPHICS® Plus*, [en línea], (Versión 5.1), [Windows], ser. Profesional, 2000, Disponible en: <http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pricing>.

Recibido: 19/11/2016.

Aprobado: 17/05/2017.

Rigoberto Martínez-Ramírez, Investigador Auxiliar, profesor Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Marianao, La Habana, Cuba. Correo electrónico: rigoberto.martinez@inica.azcuba.cu



Omar González-Cueto, Correo electrónico: omar@uclv.edu.cu

Yoel Betancourt-Rodríguez, Correo electrónico: yoel@inica.azcuba.cu, yoel.betancourt@nauta.cu

Miguel Rodríguez-Orozco, Correo electrónico: miguelro@uclv.edu.cu

Sergio Guillén-Sosa, Correo electrónico: sergio.guillen@inica.azcuba.cu

Nota: La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



Programa de Asociación de País
Fortalecimiento de Capacidades para la Coordinación de Información y los sistemas de Monitoreo/ MST en Áreas con problemas de manejo de los Recursos Hídricos CPP - OP15

El “Programa de asociación de País” (CPP OP-15) en “Apoyo a la implementación del Programa Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía de la República de Cuba”, recoge los fundamentos que propician el Manejo Sostenible de Tierras (MST). Para ello, propone fortalecer la coordinación entre las entidades nacionales, ofrece las alternativas para prevenir la degradación de tierras, así como recuperar y rehabilitar las funciones, resiliencia y productividad de los ecosistemas e incrementar la seguridad alimentaria.

Sus acciones se centran en la eliminación de las barreras que se oponen al logro del MST, mediante la aplicación de modelos que mejoren la integración entre los actores a todos los niveles, mediante acciones en el terreno, en el contexto de las políticas, el planeamiento, las regulaciones y en la toma de conciencia ciudadana en el manejo de los recursos naturales sobre bases científicamente argumentadas. En particular, el Proyecto 2 tiene como objetivo fortalecer la coordinación de la información y los sistemas de Monitoreo en la gestión de los recursos hídricos en función del MST”.

Todos por nuestra tierra

