



COMPACTACIÓN DEL SUELO

ARTÍCULO ORIGINAL

<https://cu-id.com/2284/v13n1e07>

Efecto del tráfico en suelos Ferralíticos de dos tecnologías de cosecha de caña de azúcar

Effect of traffic on Ferralitic soils of two sugarcane harvesting technologies

MSc. Rigoberto Martínez-Ramírez¹, MSc. Inoel García-Ruiz, Ing. Marylen Santa María-Rodríguez,
Dr.C. René Gallego-Domínguez

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Boyeros, La Habana, Cuba.

RESUMEN. La compactación es un fenómeno que incide en la degradación de los suelos a nivel mundial que ocasiona pérdidas de rendimiento en los cultivos de interés económico, entre ellos la caña de azúcar, en el que se identifica como la principal causa el tráfico de la maquinaria agrícola en la cosecha, particularmente cuando se realiza en suelos húmedos. Teniendo en cuenta lo anterior y por tanto la necesidad de la determinación y monitoreo de la compactación en los suelos para la toma de medidas oportunas dirigidas a mitigar sus consecuencias, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el efecto del tráfico de las tecnologías de cosecha con los agregados KTP-2M + camión Kamaz + remolque y CASE 7000 + camión Kamaz + remolque, en un suelo Ferralítico en dos contenidos de humedad. Se evaluó la resistencia del suelo a la penetración con penetrómetro de impacto en los perfiles 0-20 y 20-30 cm de profundidad, antes e inmediatamente después de la cosecha. También se tomaron muestras de suelo para determinar la humedad en base al suelo seco. Los resultados mostraron que el tráfico de las dos tecnologías de cosecha aumentó la compactación del suelo Ferralítico en ambos estados de humedad, con el mayor incremento a los 0-20 cm de profundidad. El complejo tecnológico cosecha transporte KTP-2M + camión Kamaz y remolque causó una mayor compactación que CASE 7000 + camión Kamaz y remolque.

Palabras clave: humedad del suelo, penetrómetro de impacto, resistencia a la penetración.

ABSTRACT. Compaction is a phenomenon that has an effect on soils degradation of the worldwide that causes yield losses in economical interesting crops, among themselves sugar cane, in the one that identifies like his principal cause the traffic of the agricultural machinery in the harvest itself, particularly when it has place in wet soils. Having in account it previous and therefore the need of the determination and monitoring of the compaction at the soils for the overtaking of opportune measures addressed to mitigating his consequences, the present work it was realized with the aim of evaluating the effect caused by the traffic of KTP 2M + truck Kamaz and trailer and CASE 7000 + truck Kamaz and trailer technologies of harvest at Ferralitics soils in two conditions of humidity, by means of determinations of the soil resistance to the penetration using the impact penetrometer, to depths 0-20 and 20-30 cm, immediately before and after the harvest. The results evidenced than two technologies of harvest traffic caused an increase of the compaction at the Ferralitics soils in both humidity state with the principal increment to the 0-20 cm of depth. The harvests transportation technological complex KTP 2M + truck Kamaz and trailer produced a higher compaction that CASE 7000 + truck Kamaz and trailer.

Keywords: Impact Penetrometer, Resistance to Penetration, Soil Moisture.

INTRODUCCIÓN

La compactación del suelo es un proceso degradativo que contribuye a la pérdida de volumen que experimenta una determinada masa de suelo debido a fuerzas externas, presiones o cargas que actúan sobre él según Jimenez et al. (2021),

¹ Autor para correspondencia: MSc. Rigoberto Martínez-Ramírez, e-mail: rigoberto.martinez@inica.azcuba.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7752-8693>

Recibido: 11/04/2022.

Aprobado: 09/12/2022.

Fundamentalmente por el paso de la maquinaria agrícola, sobre todo cuando se realiza la cosecha con exceso de humedad de acuerdo a Betancourt *et al.* (2016) y Shah *et al.* (2017); lo que provoca un aumento de la resistencia del suelo a la penetración y la reducción del crecimiento de las raíces (Colombi & Keller, 2019; Shen *et al.*, 2016).

En Cuba varios investigadores coinciden al señalar que el empleo de equipos pesados en la cosecha y transportación de la caña de azúcar crea un grave problema de compactación, hasta el 20% del área total del campo, lo cual acelera la declinación del rendimiento agrícola con pérdidas de hasta siete toneladas de caña por ha y tres toneladas de azúcar por hectárea (Fernández *et al.*, 1983; R. R. Martínez *et al.*, 2021; I. Rodríguez *et al.*, 2013).

Los parámetros más utilizados para caracterizar la compactación de los suelos son la resistencia a la penetración y la densidad aparente, las que se asocian inversamente al contenido de humedad. La primera puede ser medida con el uso de penetrógrafos o penetómetros de impacto, los que pueden ser usados además para determinar los campos que necesitan la descompactación profunda (Echalar, 2017; García *et al.*, 2018; Monroy *et al.*, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior y por tanto la necesidad de

la determinación y monitoreo de la compactación en los suelos para la toma de medidas oportunas dirigidas a mitigar sus consecuencias, se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar el efecto del tráfico de las tecnologías de cosecha con los agregados KTP-2M + camión Kamaz + remolque y CASE 7000 + camión Kamaz + remolque, en un suelo Ferralítico en dos contenidos de humedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las Cooperativas de Producción Agropecuaria Ignacio Agramonte y 21 de Septiembre, en la provincia Ciego de Ávila, y Revolución de Octubre y la Unidad Básica de Producción Cooperativa Los Indios en la provincia Matanzas; en suelo Ferralítico rojo según la Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba Hernández *et al.* (2015), en plantaciones de secano con el cultivar C86-12 en ciclo de segundo retoño con 12 meses de edad.

Las tecnologías de cosecha objeto de estudio fueron la cosechadora KTP-2M + camión Kamaz y remolque (Figura 1) y la cosechadora CASE 7000 + camión Kamaz y remolque (Figura 2), cuyos pesos y presiones específicas ejercidas al suelo según Rodríguez (1999), se exponen en la Tabla 1.



FIGURA 1. Tecnología de cosecha KTP-2M + camión Kamaz y remolque.



FIGURA 2. Tecnología de cosecha CASE 7000 + camión Kamaz y remolque.

TABLA 1. Pesos y presiones específicas ejercidas al suelo por las tecnologías de cosecha evaluadas

Elementos	KTP-2M + camión Kamaz y remolque		CASE 7000 + camión Kamaz y remolque	
	Peso* (t)	Pe (kPa)	Peso* (t)	Pe (kPa)
Cosechadora	13	219,0	15	209,0
Camión	13	235,0	13	235,0
Tractor	10	159,7	10	159,7
Remolque	29	370,0	29	370,0

* Se refiere a camión y remolque llenos (tara + capacidad de carga)

Se evaluó la compactación ocasionada por el tráfico de los complejos tecnológicos a través de la resistencia del suelo a la penetración (RP), inmediatamente antes y después de la cosecha, según la metodología de García et al. (2011), que establece determinaciones al centro del camellón, a las profundidades de 0-20 y 20-30 cm, con el penetrómetro de impacto Modelo IAA/Planalsucar-Stolf (Figura 3), diseñado por Stolf et al. (1983), en 9 puntos distribuidos en toda la superficie del campo (Figura 4), los que se georeferenciaron con Sistema de Posicionamiento Global (GPS) al inicio de la investigación.

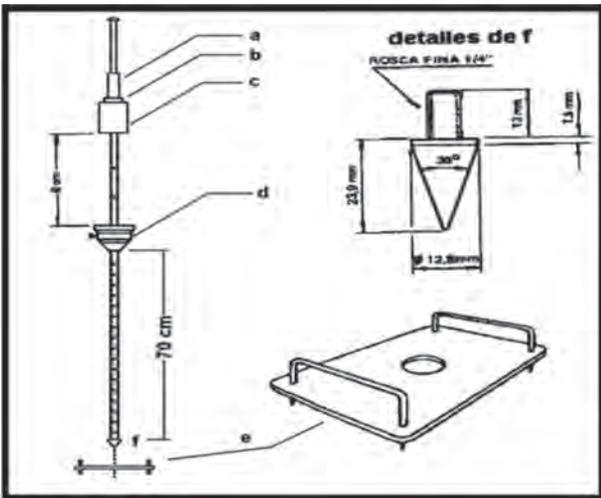


FIGURA 3. Penetrómetro de impacto Modelo Planalsucar Stolf.

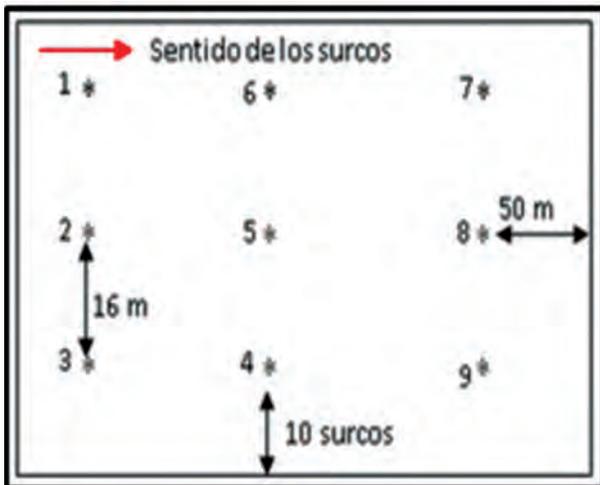


FIGURA 4. Disposición de los puntos de muestreo en el campo para la evaluación de la resistencia del suelo a la penetración.

La RP se calculó aplicando la siguiente fórmula (Govaerts (2013), citado por Toledo & Millán (2016):

$$R = \frac{N \cdot M \cdot g \cdot SD}{A \cdot PD}$$

dónde:

R = Resistencia a la penetración (Pa);

N = Número de impactos;

M = Masa de la pesa (4 kg);

g = Constante de la gravedad (9,81 m/s²);

SD = Distancia que se desliza la pesa (m);

A = Área de la superficie del cono (m²);

PD = Distancia de penetración (m).

El área de la superficie del cono se calculó empleando la siguiente expresión:

$$A = \pi \cdot r \cdot s$$

dónde:

A = Área de la superficie del cono (m²);

r = Radio del cono (m);

s = Largo del cono (m).

Para expresar la RP en Megapascales (MPa) se dividió el resultado obtenido entre 1 000 000.

La determinación de la humedad del suelo se realizó antes de la cosecha, en base a suelo seco (% hbss), por el método gravimétrico según Lopez et al. (2021) en los mismos puntos y profundidades usados para la RP. Los valores de humedad se clasificaron en las categorías Baja (7-13%), Media (13-27%) y Alta (27-47%) según (García et al. (2018).

Los resultados de las evaluaciones realizadas se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza y de comparación de medias, mediante la prueba de rango múltiple según Duncan, ambas con un nivel de significación de 5% de probabilidad de error, previa comprobación de la normalidad de los datos y homogeneidad de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de humedad reflejaron diferentes estados hídricos del suelo en el momento de la cosecha para ambas tecnologías de corte (Figura 5). El complejo KTP-2M + camión Kamaz y remolque cosechó en humedades de 9,4 y 23,6% bss y CASE 7000 + camión Kamaz y remolque en humedades de 12,3 y 25,1% bss, valores incluidos en las categorías Baja y Media según (García et al. (2018).

El contenido de humedad del suelo al momento de la cosecha es un elemento importante a tener en cuenta por parte del cosechero de caña para la toma de decisiones en cuanto a la futura tecnología de manejo en las plantaciones de retoño, ya que la humedad es el más importante de los factores básicos que afectan el grado de compactación del suelo (Fonseca *et al.*, 1982, citado por Martínez et al. (2021).

El examen de los valores de resistencia a la penetración antes de la cosecha (AC), en las condiciones del complejo KTP-2M + camión Kamaz y remolque (Tabla 2), reflejó un aumento de la compactación con la profundidad del perfil, al encontrarse en el estrato de 20-30 cm valores 2,5 veces superiores, como promedio, a los de 0-20 cm, lo cual coincide con lo informado por Lopez et al. (2021) y Martínez & Morales (2015).

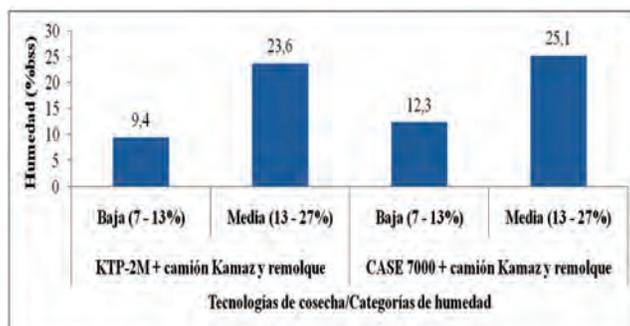


FIGURA 5. Condición de humedad al momento de la cosecha.

En ambas condiciones de humedad se apreciaron resistencias superiores a 3 MPa, valor por encima del considerado como umbral crítico para el crecimiento de las raíces y del límite crítico de resistencia para las plantas monocotiledóneas entre las que se incluye la caña de azúcar (Letey (1985) y Dexter (1986), citados por (García et al. (2018)).

TABLA 2. Resistencia a la penetración (MPa) con la tecnología de corte KTP-2M + camión Kamaz y remolque en dos condiciones de humedad antes y después de la cosecha

Categoría y rango de humedad (bss)	AC (0-20 cm)	AC (20-30 cm)	DC (0-20 cm)	DC (20-30 cm)
Baja (7-13%)	5,2 b	10,6 a	7,3 ab	12,8 a
Media (13-27%)	3,5 b	10,6 a	10,1 a	12,9 a

Posterior al tránsito de este complejo tecnológico (DC), en condiciones de baja humedad (12,3% bss), la resistencia del suelo a la penetración promedio en el perfil fue de 10,1 MPa, lo que representa un incremento de 127% respecto al valor encontrado antes de la cosecha. En el estrato de 0-20 cm la resistencia se elevó hasta 7,3 MPa y en 20-30 cm hasta 12,8 MPa, valores que representan incrementos de 140 y 121%, por ese orden, respecto a los determinados antes del corte aunque sin diferencias significativas con estos.

En condiciones de humedad media (23,6% bss) el tráfico de esta misma tecnología también ocasionó cambios en la resistencia del suelo a la penetración. Posterior a la cosecha el valor medio de la compactación en el perfil estudiado fue de 11,5 MPa, en la profundidad de 0-20 cm de 10,1 MPa, cifra significativamente superior a la encontrada antes del corte, y a 20-30 cm de 12,9 MPa, estadísticamente similar al reportado en la primera evaluación. Los cambios ocurridos significaron incrementos de 163% en el perfil, de 288,6% de 0-20 cm y de 121,7% de 20-30 cm, con relación a las cifras determinadas antes del corte.

Los valores de compactación obtenidos después de la cosecha reflejan un reforzamiento de las condiciones no favorables para el normal crecimiento y desarrollo del sistema radical de la caña de azúcar, al situarse muy por encima del señalado como límite crítico de resistencia para la clase en la que se incluye este cultivo (Dexter (1986), citado por (García et al. (2018)).

En ambas condiciones de humedad la mayor compactación ocurrió fundamentalmente en los primeros 20 cm, profundidad en la que, de acuerdo con lo planteado por Gutiérrez &

Carrión (1990), la mayor compactación obedece a la existencia de cavidades gaseosas que debilitan las uniones estructurales entre los agregados.

La comparación de los valores de resistencia encontrados en los diferentes estados de humedad del suelo al momento del corte muestra que la mayor compactación ocasionada por el tráfico de este complejo tecnológico se produce en la mayor humedad, condición en la que, según Rodríguez et al. (2013) y (García et al. (2018)), el suelo es más susceptible a la deformación y la compactación.

La resistencia del suelo a la penetración antes de la cosecha (AC) en las condiciones del complejo tecnológico CASE 7000 + camión Kamaz y remolque (Tabla 3) también experimentó un aumento con la profundidad del perfil, al superar los valores hallados a 20-30 cm de profundidad en 2,6 veces a los de 0-20 cm, lo que coincide con lo planteado por Martínez & Morales, (2015).

TABLA 3. Resistencia a la penetración (MPa) con la tecnología de corte CASE 7000 + camión Kamaz y remolque en dos condiciones de humedad antes y después de la cosecha

Categoría y rango de humedad (bss)	AC (0-20 cm)	AC (20-30 cm)	DC (0-20 cm)	DC (20-30 cm)
Baja (7-13%)	4,4 b	10,1 a	6,7 ab	12,1 a
Media (13-27%)	3,7 b	10,9 a	7,8 ab	12,9 a

En ambas condiciones de humedad del suelo los valores observados antes de la cosecha se manifestaron por encima de los umbrales considerados como críticos para este cultivo (Letey (1985) y Dexter (1986), citados por (García et al. (2018)). Este resultado coincide con el encontrado con la tecnología KTP-2M + camión Kamaz y remolque en ambas humedades y corrobora la existencia en estos suelos de una condición natural de compactación adversa para el crecimiento y desarrollo del cultivo, la que ha sido identificada como uno de sus factores limitantes de acuerdo con lo señalado por Arcia et al. (2014).

Posterior a la cosecha (DC), en baja humedad (9,4% bss), esta tecnología de corte ocasionó incrementos de la resistencia del suelo a la penetración de 129% en el perfil (9,4 MPa), de 152% (6,7 MPa) en 0-20 cm de profundidad y de 120% (12,1 MPa) en 20-30 cm; mientras que en humedad media (25,1% bss) los incrementos fueron de 141% en el perfil (7,8 MPa), 211% (7,8 MPa) en la profundidad de 0-20 cm y 118% (12,9 MPa) en la de 20-30, siempre con relación a las cifras encontrados antes del corte con las que no mostraron diferencias significativas en ninguna de las condiciones de humedad del suelo.

En ambas condiciones de humedad la mayor compactación se produjo en los primeros 20 cm de profundidad, con el mayor incremento en la mayor humedad, lo que corrobora el hecho de que los suelos con valores altos de humedad son más susceptibles a la compactación que los suelos secos en presencia de cargas externas ocasionadas por el tráfico de los medios de labranza, cosecha y transporte (García et al., 2018; González et al., 2013).

Finalmente, la comparación de las observaciones expuestas en las Tablas 2 y 3 demuestra que la tecnología KTP-2M + camión Kamaz y remolque ocasionó una compactación de mayor magnitud en el perfil que CASE 7000 + camión Kamaz y remolque, ascendente a 107% en el rango de humedad de 7-13% y a 111% en el de 13-27%, lo que se explica por el menor peso de la cosechadora CASE 7000 con relación a la KTP-2M la que, según Rodríguez (1999), ejerce una elevada presión específica sobre el suelo, superior a los 200 kPa, lo cual limita su capacidad de paso en condiciones de humedad del suelo.

CONCLUSIONES

- El tráfico de los equipos de cosecha y transporte ocasiona un aumento de la compactación en los suelos Ferralíticos rojos, fundamentalmente a los 0-20 cm de profundidad, cuya magnitud es mayor en condiciones de humedad media (13-27% bss).
- El complejo tecnológico cosecha transporte KTP-2M + camión Kamaz y remolque produce una compactación 1,4 veces superior respecto a CASE 7000 + camión Kamaz y remolque cuando la humedad del suelo es de 13-27% bss.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la colaboración de los ingenieros agrónomos Odonnell Hernández Hernández y Yeniset Hernández Hernández por su participación en el montaje de las investigaciones y ejecución de las evaluaciones en las provincias de Ciego de Ávila y Matanzas, respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcia, J., León, E. M., Santana, I., Sulroca, F., Santana, I., González, M., Guillen, S., & Crespo, R. (2014). Los suelos. Factores limitantes y aptitud de las tierras. En *Instructivo Técnico para el Manejo de la Caña de Azúcar* (Santana, I., M. González, S. Guillen y R. Crespo, pp. 302-302). Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba.
- Betancourt, R. Y., Rodríguez, O. M., Guillén, S. S., Vidal, D. L., Martínez, R., Pérez, H. E., Marín, M. R., Villegas, D. R., & de Araújo, A. G. (2016). Fundamentos técnicos para la implementación del complejo tecnológico cosecha-transporte en condiciones de alta humedad de los suelos cañeros de Cuba. *Convención Internacional de Ingeniería Agrícola, IAgriC, Varadero, Matanzas, Cuba, ISBN: 978-959-285-035-4*.
- Colombi, T., & Keller, T. (2019). Developing strategies to recover crop productivity after soil compaction—A plant eco-physiological perspective. *Soil and Tillage Research, 191*, 156-161, ISSN: 0167-1987.
- Echalar, F. M. W. (2017). Penetrómetro en miniatura para la medición de contenido de agua en suelo cohesivo. *Ciencia Sur, 3(4)*, 20-26.
- Fernández, A. R., Dávila, I. A., & Del Toro, M. F. (1983). *Botánica y fisiología de la caña de azúcar*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba.
- García, I., Sánchez, M., Betancourt, Y., & Vidal, M. L. (2011). Normativas para el uso del penetrómetro de impacto para el diagnóstico de la compactación de los suelos en caña de azúcar. *Cuba & Caña, 2*, 54-60, ISSN: 1028-6527.
- García, I., Sánchez, M., & Otero, Y. (2018). Determinación de la compactación por impactos críticos del penetrómetro en caña de azúcar. *Cuba & Caña, 51(1)*, 45-55, ISSN: 1028-6527.
- González, C. O., Herrera, S. M., Iglesias, C. C. E., & López, B. E. (2013). Análisis de los modelos constitutivos empleados para simular la compactación del suelo mediante el método de elementos finitos. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias I, 22(3)*, 75-80, SSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- Gutiérrez, R. F., & Carrión, A. (1990). *Explotación del parque de máquinas y tractores*. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Nuevo León, México.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Mesa, N. A., Bosch, I. D., Rivero, L., & Camacho, E. (2015). *Nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba.: Vol. I* (Barcaz L L). AGRINFOR, La Habana, Cuba, ISBN: 959-246-022-1.
- Jimenez, K. J., Rolim, M. M., Gomes, I. F., de Lima, R. P., Berrío, A. L. L., & Ortiz, P. F. S. (2021). Numerical analysis applied to the study of soil stress and compaction due to mechanised sugarcane harvest. *Soil and Tillage Research, 206*, ISSN: 0167-1987.
- Lopez, B. C. E., Gonzalez, C. O., Hernandez, P. M., & Herrera, S. M. (2021). Effects on soil and stump of mechanized activities in sugar cane cultivation/Efectos en el suelo y la cepa de la actividad mecanizada en el cultivo de la caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 30(3)*, 19-28, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- Martínez, R., & Morales, M. (2015). Evaluación de la compactación en un Vertisol y sus efectos sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la caña de azúcar. *Cuba & Caña, 2*, 54-60, ISSN: 1028-6527.
- Martínez, R. R., García, R. I., Hernández, R. Y., Santa María, M. M., Pérez, C. E., Hernández, H. O., Concepción, C. E., Rossi, T. I., & Labrada, V. R. (2021). Efectos de tecnologías de descompactación del suelo sobre el rendimiento agrícola de caña de azúcar. *Ingeniería Agrícola, 11(3)*, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- Monroy, R. F. L., Álvarez, H. J. G., & Alvarado, S. O. H. (2017). Distribución espacial de algunas propiedades físicas del suelo en un transecto de la granja Tinguavita, Paipa. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 20(1)*, 91-100, ISSN: 0123-4226:
- Rodríguez, I., Pérez, I., Arcia, J., & Benítez, L. (2013). Manejo y conservación de suelos. En *Manejo Sostenible de Tierras en la Producción de Caña de Azúcar/ Pérez, H. I., Santana, I. y Rodríguez, I.:* Vol. Capítulo 3 (Pérez, H. I., Santana, I. y Rodríguez, I., p. 290). Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba.

Martínez-Ramírez *et al.*: Efecto del tráfico en suelos Ferralíticos de dos tecnologías de cosecha de caña de azúcar

Rodríguez, O. M. (1999). *Fundamentación del uso de rodaje por semiesteras en las cosechadoras cubanas de caña de azúcar para trabajar en suelos de mal drenaje con condiciones de alta humedad* [Tesis de doctorado]. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Mecanización Agrícola, Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba.

Shah, A. N., Tanveer, M., Shahzad, B., Yang, G., Fahad, S., Ali, S., Bukhari, M. A., Tung, S. A., Hafeez, A., & Souliyanonh, B. (2017). Soil compaction effects on soil health and cropproductivity: An overview. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(11), 10056-10067, ISSN: 1614-7499.

Shen, Q., Gao, G., Hu, W., & Fu, B. (2016). Spatial-temporal variability of soil water content in a cropland-shelterbelt-desert site in an arid inland river basin of Northwest China. *Journal of Hydrology*, 540, 873-885, ISSN: 0022-1694.

Stolf, R., Fernandes, I., & Furlani, N. V. (1983). *Recomendacao para uso do penetrometro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf*. [Instituto do Acucar e do Alcool, Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Acucar, Brasil].

Toledo, B. V., & Millán, B. Z. (2016). Construcción y calibración de un penetrómetro de impacto para medir los efectos del senderismo. *Ciencia, docencia y tecnología*, 52, 481-506, ISSN: 1851-1716.

DATOS DE LOS AUTORES

Rigoberto Martínez-Ramírez, MSc., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Grupo de agronomía, Boyeros, La Habana, Cuba. e-mail: rigoberto.martinez@inica.azcuba.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7752-8693>.

Inoel García-Ruiz, MSc., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Grupo de agronomía, Boyeros, La Habana, Cuba. e-mail: inoel.garcia@inica.azcuba.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7752-8693>.

Marylen Santa María-Rodríguez, Ing., Especialista, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Grupo de agronomía, Boyeros, La Habana, Cuba. e-mail: marylen.santamaria@inica.azcuba.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1048-2456>.

René Gallego-Domínguez, DrC., Investigador Auxiliar, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Grupo de agronomía, Boyeros, La Habana, Cuba. e-mail: rafael.gallego@inica.azcuba.cu ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9229-1535>.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR:

Conceptualización: R. Martínez-Ramírez, I. García-Ruiz. Curación de datos: M. Santa María. Análisis formal: I. García-Ruiz, R. Gallego-Domínguez. Captación de fondos: R. Martínez-Ramírez. Investigación: R. Martínez-Ramírez, I. García-Ruiz, Marylen Santa María. Metodología: I. García-Ruiz. Administración de proyectos: R. Martínez-Ramírez. Recursos: R. Martínez-Ramírez. Supervisión: R. Martínez-Ramírez, I. García-Ruiz. Validación: R. Martínez-Ramírez, I. García-Ruiz. Visualización: Marylen Santa María. Redacción – borrador original: Marylen Santa María. Redacción – revisión y edición: R. Martínez-Ramírez, I. García-Ruiz, R. Gallego-Domínguez.

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

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.



Servicios Científico-Tecnológicos

IAgric

- Validación de máquinas y tecnologías agrícolas, (Prueba Estatal).
- Asistencia técnica y Asesoría en el campo de la Ingeniería Agrícola.
- Consultoría técnica de equipamiento e infraestructuras agrícolas para su introducción en los sistemas productivos.
- Servicios de gestión de la información y el conocimiento científico técnico en temáticas de la Ingeniería Agrícola.
- Asesoría y ejecución de programas, evaluaciones, estudios y otras acciones de interés estatal en el campo de la Ingeniería Agrícola.