



Revista Ingeniería Agrícola

ISSN: 2306-1545

ISSN: 2227-8761

Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Martínez-Ramírez, Rigoberto; García-Ruiz, Inoel; Hernández-Rodríguez, Yeniset;
María-Rodríguez, Marylen Santa; Pérez-Correa, Eloy; Hernández-Hernández,
Oddonell; Concepción-Cruz, Evelio; Rossi-Tamayo, Iván; Labrada-Vilas., Reynerio
Efectos de tecnologías de descompactación del suelo sobre el rendimiento agrícola de caña de azúcar
Revista Ingeniería Agrícola, vol. 11, núm. 3, e07, 2021, Julio-Septiembre
Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=586267422007>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org



Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

SUELLO

ARTÍCULO ORIGINAL



<https://eqrcode.co/a/TkY3jG>

Efectos de tecnologías de descompactación del suelo sobre el rendimiento agrícola de caña de azúcar

Effects of Soil Decompression Technologies on Sugarcane Agricultural Yield

MSc. Rigoberto Martínez-Ramírez*, MSc. Inoel García-Ruiz, Ing. Yeniset Hernández-Rodríguez, Ing. Marylen Santa María-Rodríguez, Ing. Eloy Pérez-Correa, Ing. Odonell Hernández-Hernández, MSc. Evelio Concepción-Cruz, Ing. Iván Rossi-Tamayo, MSc. Reynerio Labrada-Vilas.

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

RESUMEN. La decisión acerca del uso del residuo agrícola de cosecha o la ejecución de la descompactación del suelo en los retoños de caña de azúcar se ha realizado de forma empírica, sin el uso de una herramienta basada en criterios técnicos que permita elegir la tecnología más correcta en una condición dada. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de varias tecnologías de manejo de la compactación del suelo, recomendadas a partir de los impactos críticos del penetrómetro, sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar. Los experimentos se realizaron en plantaciones de retoños, en condiciones de secano, con los siguientes tratamientos: cobertura inalterada de residuo agrícola de cosecha, descompactación hasta 20 cm de profundidad y descompactación hasta 30 cm de profundidad. Se evaluó el rendimiento agrícola en el momento de la cosecha, la que se realizó en verde con cosechadoras a los 12 meses después del corte anterior. Los datos experimentales se procesaron mediante análisis de varianza al 0,05 de probabilidad de error, con el empleo del sistema estadístico Statgraphics. Los resultados mostraron que la cobertura de residuos de cosecha y la descompactación del suelo producen efectos positivos sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar, con incrementos promedios próximos a siete toneladas por hectárea.

Palabras clave: metodología, toma de decisiones, suelo, residuo agrícola.

ABSTRACT. The decision about the use of the agricultural residues during the harvest or the soil decompression in sugar cane sprouts has been empirically achieved without the use of a tool based in technical criteria that allows electing the most correct technology in a given condition. The current work had as objective to determine the effect of several technologies of soil's compaction management, which were recommended using the penetrometer on sugar cane's agricultural yield. The experiments were carried out on sprout plantations, in dryness conditions, with the following treatments: Unaltered coverage of agricultural harvest residue, decompression to 20 cm of depth and decompression to 30 cm of depth. The agricultural yield was evaluated at the harvest, which had place in green by harvesters 12 months after the previous cut. The experimental data were processed by means of variance analysis to the 0,05 error probability, with the use of the Statgraphics statistical system. The results showed that the unaltered agricultural harvest residue's coverage and the soil decompression produced positive effects on the sugar cane agricultural yield with average increments near to seven tons per hectare.

Keywords: Methodology, Decision Making, Soil, Agricultural Residue.

INTRODUCCIÓN

En Cuba varios investigadores afirman que el empleo de equipos pesados en la cosecha y transportación de la caña de azúcar, sobre todo cuando se realiza en condiciones de suelo

húmedo, crea un grave problema de compactación que acelera la declinación del rendimiento agrícola en los retoños con pérdidas de hasta tres toneladas de azúcar por ha. Es por esto que

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

Recibido: 15/03/2020.

Aprobado: 19/04/2021.

en tales circunstancias se recomienda la ejecución de labores de descompactación al suelo, por sus resultados positivos en la producción de caña (García y Toledo, 1984; Cuéllar *et al.*, 2003; Rodríguez *et al.*, 2013).

Por otra parte, cuando la cosecha se realiza con el suelo seco, sobre todo en los retoños cosechados a inicios de zafra, se recomienda conservar la cobertura de residuo agrícola de cosecha (RAC), la cual proporciona numerosas ventajas tales como la reducción del uso de herbicidas pre y postemergentes, el laboreo y la erosión, así como la conservación de la humedad, la mejora del contenido de materia orgánica y las propiedades microbiológicas y físicas del suelo (Sadras *et al.*, 2005; Pérez, 2009; Blanco, 2016; Gallego *et al.*, 2017; Sosa *et al.*, 2019).

A partir de lo expuesto anteriormente se puede apreciar que tanto la descompactación del suelo como el uso del RAC tienen efectos positivos sobre el rendimiento agrícola en los retoños de caña de azúcar. Sin embargo, durante muchos años se ha carecido de una herramienta, basada en criterios técnicamente fundamentados, que permita tomar la decisión más correcta en cuanto a la ejecución de uno u otro en una condición dada.

Recientemente García *et al.* (2020), elaboraron una metodología que permite la toma de decisiones, in situ, por parte del productor, acerca de la mejor tecnología para el manejo de la compactación ocasionada por los equipos en la cosecha mediante la ejecución de la descompactación del suelo, a la profundidad adecuada, o el mantenimiento del RAC. Esta metodología se basa en la comparación de los valores de impactos, obtenidos con el penetómetro en el campo, con valores de impactos críticos calculados por tipo de suelo, en diferentes rangos de humedad, para las profundidades de 0-20 y 20-30 cm, a partir del efecto de la humedad sobre la resistencia a la penetración y el valor considerado como límite crítico de resistencia para las plantas monocotiledóneas (3 MPa).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de varias tecnologías de manejo de la compactación del suelo, diagnosticadas a partir de los impactos críticos del penetómetro, sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con los datos de 26 cosechas, siete en suelos Ferralíticos, ocho en Pardos Sialíticos y 11 en Vertisoles según Hernández *et al.* (2015), de experimentos realizados en campos de unidades productoras de caña (UPC), en condiciones de secano, con diferentes variedades, en ciclo de retoño con varios cortes.

En el curso de la investigación el primer paso consistió en la selección de la mejor tecnología para el manejo de la compactación del suelo causada por el tráfico de los equipos durante la cosecha, la que se realizó en cada experimento inmediatamente después del corte según la metodología de García *et al.* (2020), la que contempla la ejecución de las siguientes operaciones:

1. Evaluación de la resistencia al centro del entresurco, en 9 puntos distribuidos en toda la superficie del campo, con el penetómetro de impacto Modelo Stolf (1983) según García *et al.* (2011), con la maza impactadora regulada a 0,4 m de altura; mediante el conteo de los impactos a las profundidades de 0-20 y 20-30 cm.
2. Determinación de la humedad del suelo en base a suelo seco (bss), en el mismo sitio y profundidades que la resistencia, por el método gravimétrico según la Norma Cubana NC 3447: 2003, citados por Rodríguez (1982) y García & Toledo (1984).
3. Cálculo del promedio de impactos (IP) para ambas profundidades y de la humedad de 0-30 cm.
4. Selección de la mejor tecnología de manejo con el auxilio de la Tabla 1 observando los siguientes pasos:
5. Búsqueda de la condición de suelo y categoría de humedad correspondientes al campo evaluado.
6. Comparación de los PI obtenidos en el campo, a las profundidades de 0-20 y 20-30 cm, con los respectivos ICC y búsqueda en la columna PI vs ICC de la combinación que corresponde con las evaluaciones realizadas en el campo.
7. Búsqueda en la columna TEC de la tecnología recomendada.

Como mejor tecnología de manejo para una condición dada la metodología recomienda la cobertura inalterada de residuos de cosecha (CIP) o la descompactación, esta última hasta 20 (CT) o 30 (CP) cm de profundidad.

TABLA 1. Tabla utilizada por la metodología de García *et al.* (2020) para la selección de la mejor tecnología de manejo

Pardo Mullido Carbonatado				Gley Vértico			Ferralítico Rojo		
Prof.	ICC	PI vs ICC	TEC	ICC	PI vs ICC	TEC	ICC	PI vs ICC	TEC
Humedad baja (30-36%)				Humedad baja (30-33%)			Humedad baja (7-13%)		
0-20	10	PI < ICC	CIP	23	PI < ICC	CIP	29	PI < ICC	CIP
20-30	5	PI < ICC		7	PI < ICC		20	PI < ICC	
0-20	10	PI < ICC	CP	23	PI < ICC	CP	29	PI < ICC	CP
20-30	5	PI ≥ ICC		7	PI ≥ ICC		20	PI ≥ ICC	
0-20	10	PI ≤ ICC	CT	23	PI ≤ ICC	CT	29	PI ≤ ICC	CT
20-30	5	PI < ICC		7	PI < ICC		20	PI < ICC	
0-20	10	PI ≥ ICC	CP	23	PI ≥ ICC	CP	29	PI ≥ ICC	CP
20-30	5	PI ≤ ICC		7	PI ≤ ICC		20	PI ≤ ICC	
Humedad media (36-47%)				Humedad media (33-51%)			Humedad media (13-27%)		
0-20	8	PI < ICC	CIP	13	PI < ICC	CIP	14	PI < ICC	CIP
20-30	4	PI < ICC		5	PI < ICC		10	PI < ICC	

Pardo Mullido Carbonatado				Gley Vértico			Ferralítico Rojo		
Prof.	ICC	PI vs ICC	TEC	ICC	PI vs ICC	TEC	ICC	PI vs ICC	TEC
0-20	8	PI < ICC	CP	13	PI < ICC	CP	14	PI < ICC	CP
20-30	4	PI ≥ ICC		5	PI ≥ ICC		10	PI ≥ ICC	
0-20	8	PI ≤ ICC	CT	13	PI ≤ ICC	CT	14	PI ≤ ICC	CT
20-30	4	PI < ICC		5	PI < ICC		10	PI < ICC	
0-20	8	PI ≥ ICC	CP	13	PI ≥ ICC	CP	14	PI ≥ ICC	CP
20-30	4	PI ≤ ICC		5	PI ≤ ICC		10	PI ≤ ICC	
Humedad alta (47-62%)				Humedad alta (51-65%)			Humedad alta (27-43%)		
0-20	6	PI < ICC	CIP	6	PI < ICC	CIP	5	PI < ICC	CIP
20-30	3	PI < ICC		3	PI < ICC		2	PI < ICC	
0-20	6	PI < ICC	CP	6	PI < ICC	CP	5	PI < ICC	CP
20-30	3	PI ≥ ICC		3	PI ≥ ICC		2	PI ≥ ICC	
0-20	6	PI ≤ ICC	CT	6	PI ≤ ICC	CT	5	PI ≤ ICC	CT
20-30	3	PI < ICC		3	PI < ICC		2	PI < ICC	
0-20	6	PI ≥ ICC	CP	6	PI ≥ ICC	CP	5	PI ≥ ICC	CP
20-30	3	PI ≤ ICC		3	PI ≤ ICC		2	PI ≤ ICC	

Posteriormente se realizaron los tratamientos, los que se conformaron con la mejor tecnología de manejo para esa condición y las otras no recomendadas. De esta forma, en general, los tratamientos consistieron en cobertura inalterada de residuo agrícola de cosecha (CIP), descompactación hasta 20 cm de profundidad (CT) y descompactación hasta 30 cm de profundidad (CP). La descompactación se realizó al centro del camellón; con tractor de baja potencia (MTZ-80, FOTON 904) y S-240, en la variante CT, y tractor de mediana potencia (T150K, Belarus 1523) y subsolador Bayamo, en la variante CP.

Los tratamientos se dispusieron en franjas de 11 surcos, espaciados a 1,60 m y con una longitud entre 460 y 490 m. Cada franja se replicó tres veces, y en cada una se establecieron, equidistantemente, cinco estaciones de muestreo, conformadas por cuatro surcos de 10 m de longitud, cuyas coordenadas se georeferenciaron con GPS.

El resto de las labores culturales consistieron en fertilización, control de malezas y mantenimiento de guardarrayas, las que se realizaron según el Instructivo Técnico para el Cultivo de la Caña de Azúcar (Santana *et al.*, 2014). Las cosechas se realizaron a la edad de 12 meses, en verde, con cosechadora CASE 7000 y camión Kamaz con remolque, en 13 de las investigaciones realizadas, y con KTP-2M y camión ZIL-130 con remolque, en el resto.

Se evaluó el rendimiento agrícola en el momento de la cosecha según Gallego *et al.* (2017), por medio de la fórmula: $R = (10000/d) * M/D$, donde: R = Rendimiento agrícola en t/ha, M = Peso de los tallos de un camión en t, d = Distancia entre hileras y D = Distancia en m recorrida para cargar el camión. El

peso se obtuvo en la báscula del centro de recepción, y el área se calculó mediante la multiplicación de la distancia entre surcos (1,60 m) por la distancia recorrida por el medio de transporte para su llenado en el campo; a partir de la fijación con GPS de los puntos inicial y final del recorrido.

Los datos de las investigaciones se procesaron por experimento, con el empleo del paquete estadístico Statgraphics (versión 6.0), mediante análisis de varianza y prueba de rangos múltiples de Duncan para la separación de las medias cuando se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, ambas al 0,05 de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las evaluaciones reflejaron variaciones en la humedad del suelo en el momento de la cosecha. En condiciones de baja humedad se realizaron nueve cosechas, tres en cada tipo de suelos, y en humedad media 17, cuatro en los Ferralíticos, cinco en los Pardos Sialíticos y ocho en los Vertisoles (Tabla 2).

Según García *et al.* (2020), el contenido de humedad durante la cosecha mecanizada condiciona la magnitud del efecto compactador del tráfico de los equipos que en la misma intervienen, y por ende en la necesidad de ejecutar diferentes tecnologías de manejo para su mitigación. La no consideración de la relación inversa entre la humedad del suelo y su resistencia a la penetración puede conducir a decisiones erróneas de manejo de las tecnologías de atención cultural a los retoños de caña de azúcar.

TABLA 2. Rendimiento agrícola (t/ha) logrado por las variantes de manejo de la compactación

UPC	Ciclo de cosecha	Humedad en cosecha	CIP	CT	CP	Manejo recomendado
Ferralíticos						
CPA Ignacio Agramonte	1er retoño	Media (13-27 % bss)	82,4b	89,1a	92,0a	CP
	2do retoño	Baja (7-13% bss)	89,1a	83,7b	75,3c	CP

UPC	Ciclo de cosecha	Humedad en cosecha	CIP	CT	CP	Manejo recomendado
CPA 21 de Septiembre	1er retoño	Media (13-27 % bss)	59,2b	67,2a	69,4a	CT
	2do retoño	Baja (7-13% bss)	57,5a	54,0a	47,5b	CP
	2do retoño	Media (13-27 % bss)	61,5	62,7	63,9	CIP
CPA Revolución de Octubre	3er retoño	Baja (7-13% bss)	53,6	50,3	48,1	CP
	2do retoño	Media (13-27 % bss)	129,7b	140,8a	141,9a	CIP
Pardos Sialíticos						
CCS Piti Fajardo	3er retoño	Media (36-47% bss)	36,4	37,4	38,3	CIP
UBPC San Pablo	4to retoño	Media (36-47% bss)	26,3	30,2	31,1	CIP
UBPC 26 de Julio	2do retoño	Media (36-47% bss)	56,0	57,8	59,3	CIP
	4to retoño	Baja (30-36% bss)	57,9	55,8	53,0	CP
UBPC El Encanto	2do retoño	Baja (30-36% bss)	52,2	51,2	47,0	CIP
UBPC Romana VII	4to retoño	Baja (30-36% bss)	50,0a	44,0ab	43,0b	CP
CPA Piti Fajardo	3er retoño	Media (36-47% bss)	26,7	26,0	29,9	CIP
UBPC J. Menéndez	3er retoño	Media (36-47% bss)	48,6	47,9	49,6	CIP
Vertisoles						
UBPC Los Guayitos	1er retoño	Media (33-51% bss)	51,5b	51,4b	58,9a	CP
CPA 2 de Diciembre	1er retoño	Media (33-51% bss)	50,6b	52,4b	59,9a	CP
UBPC Tito González	3er retoño	Media (33-51% bss)	56,4	61,1	60,1	CP
UBPC Cienfuegos	1er retoño	Media (33-51% bss)	48,4b	46,1b	58,6a	CP
	2do retoño	Media (33-51% bss)	46,5b	47,8b	53,9a	CP
	3er retoño	Media (33-51% bss)	34,1c	36,4bc	48,3a	CP
UBPC Santa Inés	2do retoño	Baja (30-33% bss)	55,7	54,2	52,3	CIP
	3er retoño	Baja (30-33% bss)	44,4a	41,0a	36,4b	CIP
	4to retoño	Media (33-51% bss)	46,6	48,8	49,4	CIP
UBPC El Majá	2do retoño	Media (33-51% bss)	38,0b	40,1b	48,9a	CP
	3er retoño	Baja (30-33% bss)	37,6	34,9	34,5	CIP

La cobertura de residuo agrícola de cosecha mostró rendimientos agrícolas superiores a CT y CP, con incrementos de cuatro y cinco toneladas por ha como promedio, respectivamente, en nueve cosechas; con diferencias significativas en cuatro de ellas: dos en Ferralíticos, una en Pardos Sialíticos y una en Vertisoles (Tabla 2). Los mayores aumentos se encontraron respecto a CP en los Ferralíticos (CPA Ignacio Agramonte) con 13,8 t/ha, seguido por los Vertisoles (UBPC Santa Inés) con 8,0 t/ha y Pardos (UBPC Romana VII) con 7,0 t/ha.

El efecto positivo de CIP sobre el rendimiento ocurrió cuando la cosecha se realizó con baja humedad del suelo, contexto en el que, de acuerdo con lo expresado por Fonseca *et al.* (1982); Nogueira (1998) y Cuéllar *et al.* (2003), este no se compacta fácilmente y las condiciones para el normal crecimiento y desarrollo del cultivo se mantienen en un estado satisfactorio, por lo que las labores encaminadas a la descompactación no son necesarias.

En las áreas de secano el efecto positivo de CIP sobre el rendimiento está dado además por la conservación de las reservas de humedad según Martínez (1999), generalmente insuficientes en esas condiciones para satisfacer los requerimientos del

cañaveral (Gallego *et al.*, 2017). Esto explica el porqué de los mayores resultados encontrados en los Ferralíticos, caracterizados por su menor retención de la humedad en comparación con los Pardos Sialíticos y Vertisoles.

Incrementos del rendimiento agrícola en caña de azúcar por efecto de CIP han sido reportados en Cuba por Martínez (1999), en retoños cosechados a inicios de zafra, precedidos de un período seco, en Vertisoles situados en las zonas relativamente más altas del agroecosistema del Valle del Cauto; y en Argentina por Gallego *et al.* (2017).

Sin embargo, Zuaznábar *et al.* (2014), señalan que en los Vertisoles no es recomendable el mantenimiento de una cobertura inalterada de residuos de cosecha, por su textura y composición mineralógica, que provocan su mal drenaje interno, así como por su posición relativamente baja y escasa pendiente, que condicionan su mal drenaje externo.

La descompactación hasta 20 cm de profundidad, en algunos casos, fue significativamente superior a CIP o a CP, en dependencia de la humedad del suelo en el momento de la cosecha. Fue superior a CIP cuando el corte tuvo lugar con

el suelo en condiciones de humedad media, con incremento de 5,3 t/ha como promedio; y a CP cuando la recolección se realizó con el suelo en condiciones de humedad baja (Tabla 2).

En la primera condición la descompactación hasta 30 cm de profundidad también mostró resultados superiores a CIP, con diferencias significativas en nueve cosechas, con aumentos en el rendimiento superiores a 5 t/ha como media en todos los suelos; con los más altos resultados en los Vertisoles (UBPC Cienfuegos), seguido de los Ferralíticos (UBPC Los Indios) y los Pardos Sialíticos (UBPC San Pablo), con 14,2; 12,2 y 4,8 t/ha, respectivamente. Ambos tratamientos de descompactación mostraron rendimientos inferiores a CIP cuando la cosecha se realizó con baja humedad del suelo.

Los mejores resultados obtenidos en el rendimiento por las variantes con descompactación respecto a CIP obedece al efecto positivo de la eliminación de las capas compactadas que se forman con el paso de los equipos de cosecha y transporte con el suelo húmedo; condición en la que, según Rodríguez *et al.* (2013) y García *et al.* (2020), el suelo es más susceptible a la deformación y la compactación; la cual limita el desarrollo del sistema radical del cultivo por la reducción de la disponibilidad de oxígeno en el suelo (Arcia *et al.*, 2014).

Efectos positivos de la descompactación hallaron Sadras *et al.* (2005), en el Sur de Australia, en el rendimiento del trigo; y Botta *et al.* (2006), en Argentina, en el cultivo de girasol. Sin embargo, Jin *et al.* (2007), en el nordeste de China, no observaron diferencias significativas a favor de la descompactación, en siembra directa, en los rendimientos de cultivos de trigo y maíz a lo largo de 10 años.

Resultados favorables en caña de azúcar a la descompactación han sido reportados en Vertisoles por Rodríguez (1982) y García & Toledo (1984); y en los Ferralíticos por Pérez (2009). En estos últimos, particularmente en los compactados, según

Santana *et al.* (2014), coinciden en señalar que la descompactación profunda, de 25 a 30 cm, es beneficiosa ya que tienen como factor limitante principal la compactación.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que ambas tecnologías son igualmente viables en el manejo de la compactación del suelo en los retoños de caña de azúcar cuando se aplican sobre la base de criterios técnicamente fundamentados, que incluyen el efecto de la humedad sobre la resistencia a la penetración de los suelos (García *et al.*, 2020).

Sin embargo, su uso inadecuado en una condición dada originó disminuciones en el rendimiento agrícola (Tabla 2), ascendentes como promedio a 7,1 t/ha por el empleo de la cobertura de residuos en áreas cosechadas en condiciones de humedad media y a 6,8 t/ha por la ejecución de la descompactación en campos cortados en condiciones de baja humedad.

Por otro lado, estos resultados corroboran la validez de la metodología de García *et al.* (2020), como herramienta para la toma de decisiones, por parte del productor, acerca de la mejor tecnología de manejo para una condición dada. En las 26 cosechas contempladas en el estudio se recomendó como mejor tecnología a CIP en 12 de ellas, a CT en una y a CP en 13, de las que resultaron efectivas 10 de CIP y 12 de CP; por lo que el diagnóstico realizado resultó cierto en 22 cosechas, para 84,6% de efectividad, con la mayor en los Pardos Sialíticos (87,5%), seguidos por los Vertisoles (85,7%) y Ferralíticos (81,8%).

CONCLUSIONES

- La cobertura de residuos de cosecha y la descompactación del suelo, recomendados según el criterio de los impactos críticos, muestran efectos positivos sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar, con incrementos promedios próximos a las siete toneladas por hectárea.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ARCIA, J.; DE LEÓN, O.M.; SANTANA, I.; SULROCA, F.: *Los suelos. Factores limitantes y aptitud de las tierras*, Ed. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Instructivo Técnico para el Manejo de la Caña de Azúcar/Santana, I., González Maribel, Guillen, S. y Crespo, R. 2da edición ed., La Habana, Cuba, 302 p., 2014.
- BLANCO, V.Y.: "El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas", *Cultivos Tropicales*, 37(4): 34-56, 2016, ISSN: 0258-5936.
- BOTTA, G.; JORAJURIA, D.; BALBUENA, R.; RESSIA, M.; FERRERO, C.; ROSATTO, H.; TOURN, M.: "Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower (*Helianthus annuus* L.) yields", *Soil and tillage Research*, 91(1-2): 164-172, 2006, ISSN: 0167-1987.
- CUÉLLAR, A.I.A.; VILLEGAS, R.; DE LEÓN, O.M.; PÉREZ, H.: *Manual de fertilización de la caña de azúcar en Cuba*, Ed. Publinica, La Habana, Cuba, 2003.
- FONSECA, M.; DOMÍNGUEZ, M.; ABDUKADEROV, A.; RAMÍREZ, R.: "Compactación ocasionada por la cosechadora y el tractor con remolque", *ATAC*, 41(5): 27-33, 1982, ISSN: 0138-7553.
- GALLEGO, D.R.R.; ZUAZNÁBAR, Z.R.; DE LEÓN, O.M.E.; MARTÍNEZ, R.R.: "Respuesta de la caña de azúcar ante la aplicación de una mezcla de fitoestimulantes", *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 51(3): 3-7, 2017, ISSN: 0138-6204.
- GARCÍA, I.; SÁNCHEZ, M.; BETANCOURT, R.Y.; VIDAL, M.L.: "Normativas para el uso del penetrómetro de impacto para el diagnóstico de la compactación de los suelos en caña de azúcar", *Revista Cuba & Caña*, 2: 54-60, 2011, ISSN: 1028-6527.
- GARCÍA, I.; TOLEDO, L.: "Influencia de las profundidades de cultivo sobre la estabilidad de los rendimientos de las cepas de retoños en suelos pesados", En: *Memorias XLIV Congreso ATAC*, pp. 209-212, 1984.
- GARCÍA, T.A.; LADO, M.; VIDAL, V.E.; PAZ, G.A.: "X Congreso sobre uso y manejo del suelo: gestión sostenible de suelos y recursos hídricos: libro de resúmenes, UMS 2020: 16-18 noviembre, 2020, A Coruña, España", En: *X Congreso sobre Uso y Manejo del Suelo*, Ed. Universidade da Coruña, 2020, ISBN: 84-9749-792-9.

- Martínez-Ramírez *et al.*: Efectos de tecnologías de descompactación del suelo sobre el rendimiento agrícola de caña de azúcar
- HERNÁNDEZ, J.A.; JIMÉNEZ, P.J.M.; BOCH, J.B.D.: *Clasificación de los suelos de Cuba*, Ed. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2015, ISBN: 959-7023-77-6.
- JIN, H.; HONGWEN, L.; XIAOYAN, W.; MCHUGH, A.; GARCÍA, M.L.; ACOSTA, G.O.; KUHN, N.J.: "The adoption of annual subsoiling as conservation tillage in dryland maize and wheat cultivation in northern China", *Soil and Tillage Research*, 94(2): 493-502, 2007, ISSN: 0167-1987.
- MARTÍNEZ, R.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 gleyzoso*, Universidad de Granma, Tesis (en opción al título de Máster en Producción Vegetal, Bayamo, Granma, Cuba, 90 p., 1999.
- NOGUEIRA, J.B.: *Mecánica de suelos*, Ensayos de Laboratorio ed., Brasil, 248 p., 1998.
- PÉREZ, J.L.: *Influencia de los medios que intervienen en la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en la compactación de los suelos Ferralítico rojo compactado. Estudio de caso: CPA Amistad Cuba-Nicaragua*, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Mecanización Agropecuaria, Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Mecanizador Agropecuario, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, 107 p., 2009.
- RODRÍGUEZ, I.; PÉREZ, H.; ARCIA, F.J.; BENÍTEZ, L.: *Manejo y conservación de suelos*, Ed. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Capítulo 3. Manejo Sostenible de Tierras en la Producción de Caña de Azúcar/ Pérez, H. I., Santana, I. y Rodríguez, I ed., La Habana, Cuba, 290 p., 2013.
- RODRÍGUEZ, N.M.: *Evaluación del cultivo profundo para la caña de azúcar en los suelos pesados de la empresa Perucho Figueredo*, Universidad Central de Las Villas UCLV, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Mecanizador Agropecuario, Santa Clara, Villa Clara, Cuba, 1982.
- SADRAS, V.O.H.; O'LEARY, G.J.; ROGET, D.K.: "Crop responses to compacted soil: capture and efficiency in the use of water and radiation", *Field Crops Research*, 91(2-3): 131-148, 2005, ISSN: 0378-4290.
- SANTANA, S.; GONZÁLEZ, M.; GUILLÉN, S.; CRESPO, R.: *Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar*, Ed. IRE Production, 3ra edición. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar ed., La Habana, Cuba, 302 p., 2014, ISBN: 978-959-300-036-9.
- SOSA, J.M.; ZUAZNÁBAR, R.; MARTÍNEZ, C.; GARCÍA, A.; FARÍAS, E.; RODRÍGUEZ, L.; MARTÍNEZ, R.; RODRÍGUEZ, J.; MAYOR, J.; RODRÍGUEZ, A.: *Manejo sostenible y conservacionista de malezas con la tecnología cosecho-aplico en el polo científico del Grupo Empresarial Azcuba y la Universidad Agraria de La Habana*, Inst. Grupo Empresarial Azcuba y la Universidad Agraria de La Habana, Memorias Diver, La Habana, Cuba, 605-609 p., 2019.
- ZUAZNÁBAR, R.; RODRÍGUEZ, L.; DÍAZ, J.C.; ÁLVAREZ, A.: *Capítulo 6. Manejo de malezas*, Ed. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar/ Santana, I., González, M., Guillén, S., y Crespo, R. 2da edición ed., La Habana, Cuba, 302 p., 2014.

Rigoberto Martínez-Ramírez, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: rigoberto.martinez@inica.azcuba.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7752-8693>

Inoel García-Ruiz, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: inoel.garcia@inica.azcuba.cu

Yeniset Hernández-Rodríguez, Investigadora, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: yeniset.hernandez@epicamt.azcuba.cu

Marylen Santa María-Rodríguez, Investigadora, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: marylen.santamaria@inica.azcuba.cu

Eloy Pérez-Correa, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: eloy.perez@inica.azcuba.cu

Oddonell Hernández-Hernández, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: oddonell.hernandez@epica.azcuba.cu

Evelio Concepción-Cruz, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: evelio.concepcion@inica.azcuba.cu

Iván Rossi-Tamayo, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: irossi@eticacm.azcuba.cu

Reynerio Labrada-Vilas, Investigador, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390, e-mail: reynerio.labrada@inica.azcuba.cu

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

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 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.