

RESPUESTA DE LA CAÑA DE AZÚCAR A LA DESCOMPACTACIÓN MECÁNICA Y LA COBERTURA DE RESIDUOS DE COSECHA.

SUGAR CANE RESPONSE TO THE MECHANICAL DESCOMPACTACION AND THE HARVEST RESIDUES COVERAGE

Rigoberto Martínez Ramírez, Inoel García Ruiz, Marylen Santa María Rodríguez, Eloy Pérez Correa, Odonnell Hernández Hernández, Evelio Concepción Cruz, Iván Rossi Tamayo, Reynerio Labrada Vilas y Yeniset Hernández Rodríguez

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera a CUJAE, km. 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, C.P. 19390. rigoberto.martinez@inica.azcuba.cu

RESUMEN

La compactación de los suelos produce efectos negativos sobre el rendimiento de los cultivos, por lo que en los retoños de caña de azúcar se realiza la descompactación mecánica. También en estos se practica, cuando la cosecha se realiza en verde o cruda, la conservación de la cobertura de los residuos de cosecha, los que influyen positivamente en el mantenimiento de la humedad del suelo, entre otras ventajas. Sin embargo, la decisión de la ejecución de uno u otro, no ha estado basada en criterios técnicamente fundamentados. El presente trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la descompactación y la cobertura de residuos de cosecha sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar. Las investigaciones fueron conducidas en retoños, de secano, entre los años 2015 y 2018, con los siguientes tratamientos: cobertura inalterada de residuos de cosecha, cultivo de descompactación hasta 20 cm de profundidad y cultivo de descompactación hasta 30 cm. Previo a su ejecución se diagnosticó la mejor tecnología de manejo, con el empleo de una metodología que compara los datos obtenidos en el campo con el penetrómetro de impacto, con los valores de impactos críticos a diferentes profundidades. Se evaluó el rendimiento agrícola en el momento de la cosecha, la que se realizó a los 12 meses, con máquinas cosechadoras. Los datos experimentales se agruparon por categoría y rangos de humedad del suelo al momento de la cosecha y ciclo de cosecha y se procesaron estadísticamente mediante análisis de varianza al 0,05 de probabilidad de error, con el empleo del sistema estadístico Statgraphics versión 6.0. Los resultados mostraron efectos positivos de la descompactación y la cobertura de residuos sobre el rendimiento agrícola, con incrementos variables de hasta 9 t.ha⁻¹.

Palabras clave: Descompactación, cobertura de residuos, rendimiento agrícola, caña de azúcar

ABSTRACT

Soil compaction produces negative effects on crop yields, which is why mechanical decompaction is carried out on sugarcane shoots. Also in these is practiced, when harvesting is done in green or raw, the conservation of the coverage of the residues of harvest, which positively influence the maintenance of soil moisture, among other advantages. However, the decision to execute one or the other has not been based on technically based criteria. The present work was carried out with the objective of evaluating the effect of the decompaction and the coverage of crop residues on the agricultural yield of sugarcane. The investigations were conducted in shoots, of dry land, between 2015 and 2018, with the following

treatments: Unaltered coverage of crop residues, decompaction cultivation up to 20 cm deep and decompaction cultivation up to 30 cm. Prior to its execution, the best management technology was diagnosed with the use of a methodology that compares the data obtained in the field, with the impact penetrometer, with the critical impacts values at different depths. Agricultural yield was evaluated at the time of harvest, which was realized at 12 months, with combine harvesters. The experimental data were grouped by category and ranges of soil moisture at the time of harvest and harvest cycle and were statistically processed by analysis of variance at 0.05 error probabilities, using the statistical system Statgraphics version 6.0. The results showed positive effects of decompaction and residue coverage on agricultural yield, with variable increases to 9 t.ha⁻¹.

Key words: Decompaction, residue cover, agricultural yield, sugarcane

INTRODUCCIÓN

El laboreo, los manejos agrícolas incorrectos y el tráfico de la maquinaria, son elementos que pueden dar origen a la compactación del suelo. En Brasil y Australia se considera que la compactación ocurre, fundamentalmente, debido al tráfico de equipos de alto tonelaje durante la zafra. En Cuba el empleo de equipos pesados en la cosecha y transportación de la caña de azúcar, sobre todo cuando se realiza en condiciones de alta humedad, crea un problema grave de compactación que acelera la declinación del rendimiento agrícola, sobre todo en los retoños, en los que ocasiona pérdidas de hasta tres toneladas de azúcar por ha. Por tal motivo es que se recomienda la ejecución del cultivo de descompactación, por debajo de los 20 cm de profundidad, el cual ha mostrado buenos resultados en comparación con el superficial, al obtener incrementos promedios de caña de 4 t/ha (García y Toledo, 1984; Cuéllar *et al.*, 2002 y Rodríguez *et al.*, 2013).

No obstante, cuando la cosecha se realiza con el suelo seco, este queda en condiciones satisfactorias para el normal crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar; ya que hasta cierto punto el suelo seco no se comprime fácilmente (Fonseca *et al.*, 1982) Esta es la razón por la cual en estas condiciones, sobre todo en los retoños cosechados a inicios de zafra, se recomienda el uso de la cobertura de residuos de cosecha, la cual reporta numerosas ventajas tales como: protege al suelo contra la erosión, conserva la humedad del suelo, suministra materia orgánica, reduce la infestación de malezas e incrementa los rendimientos (Martínez, 1999).

Teniendo en cuenta los beneficios anteriormente referidos del cultivo de descompactación y la cobertura de residuos de cosecha, se realizó el presente trabajo con el objetivo de determinar el efecto de ambas prácticas sobre el rendimiento agrícola de la caña de azúcar; a partir del uso de los valores de impactos críticos como elementos para la toma de decisión.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la ejecución del trabajo se tomaron los datos de 26 cosechas, de investigaciones realizadas en áreas de unidades de producción de caña (UPC), en el período de 2015 a 2018, en los agrupamientos de suelos Ferralíticos, Pardos Sialíticos y Vertisoles (Hernández *et al.* 2015), con variedades recomendadas por el Servicio de Variedades y Semillas (Santana *et al.*, 2014), en cepas de retoños, de secano (Tabla 1). Las variantes estudiadas fueron: cobertura inalterada de residuos de cosecha (CIR), cultivo de descompactación hasta 20 cm de profundidad (CT) y cultivo de descompactación hasta 30 cm de profundidad (CP). El tratamiento CT se realizó con tractor de baja potencia (MTZ-80 o FOTON

904) y cultivador ligero S-240 y el CP con tractor de mediana potencia (T150K o Belarus 1523) y subsolador Bayamo. Los tratamientos se dispusieron en un diseño Rumker, con 3 réplicas.

Tabla 1. Particularidades de las investigaciones realizadas.

Suelo	UPC	Variedad	Cepa evaluada
Ferralíticos	CPA 21 de Septiembre	C120-78	1 ^{er} y 2 ^{do} retoño
	CPA Ignacio Agramonte	C86-12	1 ^{er} y 2 ^{do} retoño
	UBPC Los Indios	C87-51	2 ^{do} retoño
	CPA Revolución de Octubre	C86-56	2 ^{do} y 3 ^{er} retoño
Pardos Sialíticos	CCS Manuel Piti Fajardo	C86-12	3 ^{er} retoño
	UBPC San Pablo	C86-12	4 ^{to} retoño
	UBPC 26 de Julio	C86-56	2 ^{do} retoño y 4 ^{to} retoño
	UBPC El Encanto	C86-12	2 ^{do} retoño
	UBPC Romana VII	C323-68	4 ^{to} retoño
	UBPC Jesús Menéndez	C89-147	3 ^{er} retoño
Vertisoles	CPA 2 de Diciembre	C86-12	1 ^{er} retoño
	UBPC Los Guayitos	My-5514	1 ^{er} y 2 ^{do} retoño
	UBPC Cienfuegos	C86-12	1 ^{er} , 2 ^{do} y 3 ^{er} retoño
	UBPC Santa Inés	C90-317	2 ^{do} , 3 ^{er} y 4 ^{to} retoño
	UBPC Tito González	SP-70 1284	3 ^{er} retoño

Previo a la ejecución de los mismos en cada sitio se diagnosticó la mejor tecnología de manejo, con el empleo de la metodología recomendada por García *et al.*, (2018). Esta permite al productor la toma de decisiones in situ, en los retoños de caña de azúcar, acerca de la realización del cultivo de descompactación o el mantenimiento de la cobertura de residuos de cosecha. Para la selección de la mejor tecnología se comparan los datos obtenidos en el campo, con el penetrómetro de impacto, con valores de impactos críticos para las profundidades de 0-20 y 20-30 cm. Los impactos críticos contienen el efecto de la humedad sobre la resistencia a la penetración, al ser calculados por categorías y rangos de humedad, para cada tipo de suelo, por lo que no es necesaria la corrección de los datos de campo. También son calculados a partir del valor de 3 MPa, considerado por Dexter (1986) -citado por García *et al.* (2018)-, como límite crítico de resistencia para las monocotiledóneas.

Las labores culturales se realizaron según el Instructivo Técnico para el Cultivo de la Caña de Azúcar (Santana *et al.*, 2014). Las cosechas se realizaron con diferentes categorías y rangos de humedad del suelo (Tabla 2), según García *et al.* (2018), a la edad de 12 meses, en verde, de forma mecanizada con cosechadora CASE 7000, con camión Kamaz, o KTP-2M con camión ZIL-130 con remolque.

El rendimiento agrícola correspondiente a cada tratamiento se determinó en el momento de la cosecha, a través de la relación entre el peso y el área cosechada. El peso se obtuvo directamente en la báscula del centro de recepción, mientras que el área se calculó como el producto de la distancia entre surcos y la distancia recorrida por el medio de transporte para su cargado en el campo; para cuya determinación se fijaron, con GPS, las coordenadas del inicio y final del recorrido realizado durante su llenado. Se empleó 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 (Gallego *et al.*, 2017).

Tabla 2. Categorías y rangos de humedad al momento de la cosecha en los lotes control.

Suelo	Categoría y rangos de humedad del suelo (bss)	UPC
Ferralíticos	Baja (7-13%)	CPA Revolución de Octubre
	Media (13-27%)	CPA 21 de Septiembre, CPA Ignacio Agramonte, UBPC Los Indios
Pardos Sialíticos	Baja (30-36%)	UBPC 26 de Julio, UBPC El Encanto, UBPC Romana VII
	Media (36-47%)	CPA Manuel Piti Fajardo, UBPC 26 de Julio, UBPC San Pablo, UBPC Jesús Menéndez
Vertisoles	Baja (30-33%)	UBPC Santa Inés
	Media (33-51%)	CPA 2 de Diciembre, UBPC Cienfuegos, UBPC Santa Inés
	Alta (51-65%)	UBPC Los Guayitos, UBPC Cienfuegos, UBPC Tito González

Los datos experimentales se agruparon por suelo, categoría y rangos de humedad del suelo al momento de la cosecha y ciclo de cosecha; y se procesaron estadísticamente con el empleo del paquete estadístico Statgraphics v. 6.0, mediante análisis de varianza, al 0,05 de probabilidad de error, previa comprobación de la normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilks. Cuando se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, para la comparación de las medias, se realizó la prueba de rangos múltiples de Duncan a igual nivel de significación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diagnóstico realizado, con el empleo de la metodología de García *et al.* (2018), resultó efectivo en 22 de las 26 cosechas evaluadas (Tabla 3), para un 84,6% de certeza, lo que denota la validez de la referida metodología como herramienta para la toma de decisiones in situ, por parte del productor, de la mejor tecnología de manejo en retoños de caña de azúcar. El mayor porcentaje de casos acertados se alcanzó en los suelos Ferralíticos con 100%, seguidos por los Pardos Sialíticos (88%) y Vertisoles (75%).

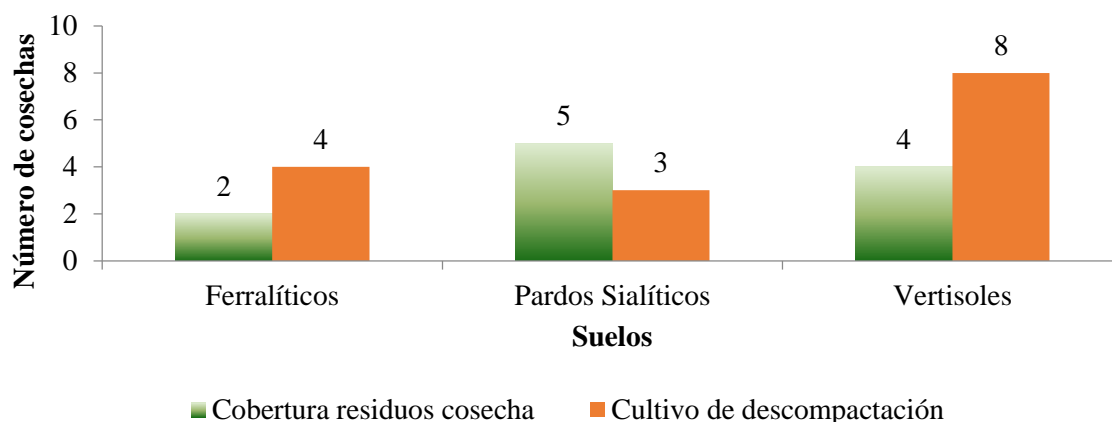
Tabla 3. Efectividad mostrada por la metodología de García *et al.* (2018) en el diagnóstico realizado.

Suelo	Cosechas con acierto	Cosechas sin acierto	Total de cosechas
Ferralíticos	6	0	6
Pardos Sialíticos	7	1	8
Vertisoles	9	3	12
Total de cosechas	22	4	26

El cultivo de descompactación y la cobertura de residuos de cosecha fueron diagnosticados como la mejor tecnología de manejo en 15 y 11 cosechas, respectivamente. En los Vertisoles se presentó el mayor número de casos diagnosticados con cultivo de descompactación, en los que además, luego de los Pardos Sialíticos, se presentó también el segundo mayor número de casos con cobertura de residuos de cosecha. Este resultado no coincide con el criterio expresado por Zuaznábar *et al.*, (2014) referido a que en los Vertisoles no es recomendable el mantenimiento de una cobertura inalterada de residuos de cosecha, por su textura y composición mineralógica, que inducen a un mal drenaje interno, así como

por su posición relativamente baja y escasa pendiente, que condicionan su mal drenaje externo. Sin embargo, Martínez (1999), encontró que esta práctica es beneficiosa en los agroecosistemas en los que estos suelos ocupan una posición relativamente más alta, y son cosechados a inicios de zafra, precedidos de un período seco (Figura 1).

Figura 1. Mejor tecnología de manejo por suelos.



La comparación de los rendimientos obtenidos, en las diferentes condiciones, por el cultivo de descompactación con los alcanzados por la cobertura de residuos de cosecha, muestra que esta última resultó superior en los casos en que la cosecha se efectuó con baja humedad (Tabla 4), condición en la que no son necesarias las labores profundas de cultivo, pues el suelo seco no se compacta fácilmente, porque la unión entre las partículas es muy fuerte, lo que evita que el suelo se desplace bajo el efecto de la fuerza externa aplicada (Fonseca *et al.*, 1982 y Nogueira, 1998). Sin embargo, es de señalar que los incrementos del rendimiento agrícola encontrados en esta investigación con el uso de la cobertura de residuos de cosecha son inferiores a los reportados por Martínez (1999) y García *et al.*, (1982).

Tabla 4. Resultados obtenidos por las tecnologías de manejo.

Suelo	Humedad en cosecha	Cepa	CD vs CIR
Ferralítico	Baja (7-13%)	2do retoño	-1,8
		3er retoño	3,9
	Media (13-27%)	1er retoño	11,1
		2do retoño	5,9
Pardo	Baja (30-36%)	2do retoño	-1,1
		4to retoño	1,4
	Media (36-47%)	2do retoño	2,6
		3er retoño	1,0
		4to retoño	4,4
Vertisuelos	Baja (30-33%)	2do retoño	-2,4
		3er retoño	-3,8
	Media (33-51%)	1er retoño	4,4
		2do retoño	9,3
		3er retoño	-8,2

El cultivo de descompactación mostró mejores resultados para todos los suelos en condiciones de humedad media, una humedad superior a la de la categoría baja, lo cual coincide con lo expuesto por Rodríguez *et al.*, (2013), que plantean que el suelo es más susceptible a la deformación y la compactación cuando la humedad se incrementa. El mayor incremento se encontró en los suelos Ferralíticos, con promedio de 8,5 t/ha, lo que coincide con Pérez (2009) el que recomendó realizar labores de cultivo profundas en un rango de 25 a 30.

CONCLUSIONES

1. La metodología utilizada en el diagnóstico de la mejor tecnología de manejo resultó efectiva en 84,6% de las cosechas evaluadas, lo que muestra su validez como herramienta para la toma de decisiones in situ, por parte del productor, en retoños de caña de azúcar.
2. Para los suelos estudiados la descompactación mostró mejores resultados cuando la cosecha se efectuó en condiciones de humedad media, con incremento promedio de 4,8 t/ha; mientras que la cobertura resultó superior con la cosecha en baja humedad, con incremento promedio de 3,5 t/ha.

REFERENCIAS

1. Cuéllar, I; Villegas, R; de León M. E; y Pérez, H. (2002). Manual de fertilización de la caña de azúcar. Editorial Publinica. 127 p.
2. Fonseca, M; Domínguez, M; Abdukaderov, A; y Ramírez, R. (1982). Compactación ocasionada por la cosechadora y el tractor con remolque. ATAC. 41(5): 27-33.
3. Gallego, R; Zuaznábar Zuaznábar, R; de León M. E; y Martínez Ramírez, R. (2017). 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) sept.-dic.
4. García, I; Sánchez, M; del Río Fuentes, A; Rodríguez Camacho, I; y Vidal Díaz, L. (S/F). Arrope al narigón: un preemergente ecológico en caña de azúcar sin costo en divisas.
5. García, I; y Toledo, L. (1984). Influencia de las profundidades de cultivo sobre la estabilidad de los rendimientos de las cepas de retoños en suelos pesados. Memorias XLIV Congreso ATAC. 209-212.
6. García, I; Sánchez, M; y Otero, Y. (2018). Determinación de la compactación por impactos críticos del penetrómetro en caña de azúcar. Cuba y Caña. 2018. 51 (1) ene-jun.
7. Hernández, A; Pérez, J. M; Bosch, D; y Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Instituto de Suelos, Cuba. Ediciones INCA. La Habana, Cuba. ISBN: 978-959-7023-77-7.
8. Martínez, R. (1999). 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. Tesis (en opción al título de Máster en Producción Vegetal), Universidad de Granma, 90 pp
9. Nogueira, J. B. (1998). Mecánica de suelos. Ensayos de Laboratorio. Brasil. 248p.
10. Pérez, J. L. (2009). Influencia de los medios que intervienen en la cosecha mecanizada de la caña de azúcar en la compactación de los suelos ferralítico rojo compactados. Estudio de caso: CPA Amistad Cuba-Nicaragua. Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniero Mecanizador Agropecuario. Facultad de Mecanización Agropecuaria, Universidad Agraria de la Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez”, 107 pp.

11. Rodríguez, I; Pérez, H; Arcia, F. J; y Benítez, L. (2013). Manejo y conservación de suelos. Capítulo 3. En: Manejo Sostenible de Tierras en la Producción de Caña de Azúcar/ Pérez, H. I., Santana, I. y Rodríguez, I. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 290 pp.
12. Santana, I; González, M; Guillén, S; y Crespo, R. (2014). Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar/3ra edición. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ed. IRE PRODUCTION. ISBN: 978-959-300-036-9, 302 pp.
13. Zuaznábar, R; Rodríguez, L; Díaz, J. C; y Álvarez, A. (2014). Manejo de malezas. Capítulo 6. En: Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar/ Santana, I., González, M., Guillén, S., y Crespo, R. 2da edición. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. 302 pp.