

COMPACTACIÓN DEL SUELO POR TRÁFICO DE LOS MEDIOS DE TRANSPORTE DURANTE LA COSECHA DE CAÑA DE AZÚCAR

Omar González Cueto, Miguel Rodríguez Orozco y Miguel Herrera Suárez,

Departamento de Mecanización Agropecuaria, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Recibido: Febrero/2006

Aceptado: Marzo/2006

Este trabajo se realizó en las áreas cañeras de la zona norte de Villa Clara, pertenecientes al Complejo Agroindustrial "José María Pérez", donde predominan los vertisoles, los cuales tienen propiedades físicas que favorecen la compactación del suelo. El objetivo principal del trabajo fue determinar los efectos producidos sobre el suelo por el paso de un semirremolque con neumáticos de alta flotación y de un remolque RC 10 con neumáticos de alta presión. Como método de verificación de la compactación del suelo se determinó la resistencia a la penetración con el penetrómetro de cono y se calculó el índice de compactación. Los resultados mostraron que el semirremolque autobasculante sólo origina un incremento de la compactación de 1,54 % con respecto al paso de las cosechadoras y que la utilización del semirremolque autobasculante en el ciclo interno en lugar del remolque RC 10 significa una reducción de la compactación del suelo de 48,6 %, o una disminución de la resistencia del suelo a la compresión de 459 kPa.

Palabras clave: Tractor, transporte, suelo, compactación, índice de cono.

SOIL COMPACTION BY TRANSPORT EQUIPMENT TRAFFIC DURING SUGAR CANE HARVEST

This work was carried out in sugar cane areas in the north of Villa Clara, belonging to Sugar mill "José María Pérez", where the vertisols prevails, which has physical properties that favor soil compaction. The main objectives were to determine the effect over soil of the semitrailer traffic with high flotation tires and a tow RC 10 with high pressure tires. The method used for soil compaction assets was to determine soil strength with soil cone penetrometer and also the compaction index was calculated. The results showed, that traffic of the semitrailer originates an soil compaction increment of 1,54 % respect to harvesters traffic and the use of the dump semitrailer in the infield transport instead of tow RC 10 it means a reduction of the soil compaction of 48,6 %, or a decrease of the soil strength of 459 kPa.

Key words: Tractor, transport, soil, compaction, cone index.

(*) E-mail: omar@uclv.edu.cu

INTRODUCCIÓN

El tráfico vehicular es el principal responsable de la compactación inducida en suelos bajo producción, siendo la textura y su contenido de humedad los aspectos más relevantes en relación con la reducción del espacio poroso. En tal sentido, se estableció que en suelos arcillosos son mayores los riesgos de compactar el subsuelo a niveles que limiten la producción agrícola como mayor será también la persistencia del daño realizado.³

Alakuku,¹ determinó que la compactación inducida por el tráfico vehicular persistía entre 3 y 11 años en suelos con porcentajes de arcilla entre el 6 y el 85 %, cuando el mismo fue transitado con altas cargas sobre el eje.¹ El número de veces en que el sustrato es transitado, también es un factor determinante de la compactación inducida. Tanto la densidad aparente como la profundidad y la superficie de suelo compactado, aumentan progresivamente con el número de pasadas.⁷

En Cuba, la degradación y deterioro de las propiedades físicas y químicas de los suelos, como resultado del uso agrícola, está presente en casi la totalidad de las áreas bajo cultivo. El Anuario Estadístico de Cuba del 2000,² reporta que en 1996 el 37,3 % de las áreas agrícolas tenían erosión de muy fuerte a media y que el 37,3 % del área tenía problemas de compactación natural.

La realización de la zafra con la tecnología tradicional, para la cosecha y el transporte, compuesta generalmente por la cosechadora cañera KTP 2M y tractotrenes (MTZ 80 o UMZ 6 como unidades de tiro y remolques RA 6 y RC 02) o autotrenes (camión Kamaz 53212, ZIL 130, sólo o con remolques) favorece la compactación del suelo.⁶

Las características técnicas de este equipamiento como son: la no transferencia de peso del remolque al tractor y el alto valor de la interfase neumático-suelo (afectada por la utilización de neumáticos de alta presión y baja flotabilidad como es el caso de los neumáticos 14 x 20 y 10 x

20, y el alto peso por eje) no son compatibles con las características técnicas de los medios empleados en el mundo para este tipo de trabajo. Los equipos de transporte intermedio deben poseer el punto de enganche del tractor diseñado para soportar en el eje trasero la mayor cantidad de peso proveniente del semirremolque, el punto de aplicación de esta fuerza debe estar situado delante del eje trasero, aplicando una presión positiva sobre el eje delantero y cargándolo también para mejorar su capacidad de tracción y considerar la utilización de neumáticos de alta flotación.⁴ Estas son las principales características de los remolques, los que se han extendido y hoy día representan la mayoría dentro de los medios para el transporte intermedio, tanto para condiciones húmedas como de seca.

Con el objetivo de determinar la respuesta mecánica (IC) del perfil superior del suelo al tráfico vehicular con diferentes cargas por eje y número de pasadas y el índice de compactación del suelo debido a diferentes cargas por eje y número de pasadas, se modificó un remolque Toft, llevándolo a las principales características que recomienda la literatura y se comparó el resultado con el del remolque RC 10.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el bloque cañero # 16, campos 6 y 7. La variedad de caña a cosecha fue la Cuba 323 con un rendimiento agrícola de 50 t/ha. El suelo no presenta obstáculos que limiten el uso de la mecanización. Se determinó el contenido de agua del suelo a través del método gravimétrico con 10 repeticiones. El diseño experimental fue en parcelas completamente al azar, realizando tres repeticiones de los distintos tratamientos de tránsito, el parámetro estudiado fue el índice de cono, que se tomó con un penetrómetro S 313, a una profundidad de 250 mm. Las mediciones fueron realizadas inmediatamente después del tránsito, en el centro de la huella. El cálculo del índice de compactación se obtuvo según Rodríguez.⁸

En el ensayo se seleccionaron 4 parcelas de longitud 150 m y 1,6 m de ancho, componiendo

cada una un tratamiento:

Tratamiento 1(Testigo): parcela sin tránsito de ningún equipo sobre ella.

Tratamiento 2: parcela con dos pases de la combinada TOFT- 600.

Tratamiento 3: parcela con dos pases de combinada más dos pases del remolque autobasculante y el tractor.

Tratamiento 4: parcela con dos pases de la combinada más dos pases del remolque RC-10 y el tractor.

Tabla 1.

Equipo	Puente	Peso (Mg)	Área de apoyo (m ²)	Presión sobre el suelo (kPa)
Toft 6000	Motor	9,47	0,96	99
	Dirección	1,03	0,15	70
Semirremolque	Principal	7,3	0,6	122
Remolque RC 10	Delantero	6,55	0,2	327
	Trasero	7,95	0,2	397
Tractor MTZ 80	Motor	2,62	0,2	131
	Dirección	0,92	0,06	153

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La humedad del suelo durante las pruebas de campo fue de 25 %, una condición seca para este tipo de suelo. La resistencia a la compresión medida con

penetrómetro de cono, mostró un índice de cono de 715 kPa (parcela testigo). Según la clasificación de la dureza del suelo reportada por,^{5,9} este valor de IC está en el límite inferior de los suelos de dureza media (Ver tabla 2).

Tabla 2. Valores medios del índice de cono por tratamiento

No.	Tratamiento	IC kPa
1	Testigo, parcela sin tránsito	715 a
2	Parcela con dos pases de la combinada Toft 6 000	974 b
3	Parcela con dos pases de la combinada y dos pases del semirremolque	989 b
4	Parcela con dos pases de la combinada y dos pases del remolque RC 10	1448 c

Letras distintas en sentido vertical denotan diferencias significativas (Pd < 0,05 LSD)

Al analizar la resistencia a la penetración en los tratamientos del 2 al 4, con respecto al testigo, se encuentran diferencias significativas en los tres casos. Se observa que sólo con el paso de la cosechadora Toft 6000, se incrementó el índice de cono en 259 kPa. Al comparar el efecto del tránsito del semirremolque se aprecia que incrementa la resistencia a la penetración con respecto al paso de la cosechadora en 15 kPa, por lo que no existen diferencias significativas entre estos

dos tratamientos. Al comparar el paso del RC 10, con el paso de la cosechadora se observa un incremento del índice de cono en 474 kPa, diferencia significativa. Este resultado se muestra también al evaluar la compactación ocasionada por los tres tratamientos con respecto al testigo, apreciándose el efecto negativo del tránsito del remolque RC 10 el cual duplica la compactación del suelo existente antes de la cosecha (Ver tabla 3).

Tabla 3. Compactación ocasionada por el paso de los medios de transporte sobre el suelo con respecto al paso de la cosechadora

Tratamiento	Compactación, (en %)
2	1,54
3	48,6

Al evaluar el incremento de la compactación con respecto al paso de la cosechadora se aprecia que el paso del RC 10 ocasiona un incremento de la compactación del 48,6 %, muy superior al originado por el semirremolque. La causa fundamental de este resultado es debido a la alta presión sobre el suelo que ejerce el RC 10, determinado por su gran peso por eje, neumáticos de poca área de contacto y alta presión de inflado.

Los resultados finales de la evaluación del tránsito del remolque muestran que la compactación ocasionada por su tráfico en el campo es inferior en un 47,06 % a la compactación ocasionada por el remolque RC - 10, lo que da una medida de la importancia de su utilización futura en el transporte de la caña de azúcar en función de disminuir la compactación originada durante la cosecha y el transporte.

CONCLUSIONES

1. La utilización del semirremolque en el ciclo interno en lugar del remolque RC 10, significa una reducción de la compactación originada en el suelo de 48,6 %, o una disminución de la resistencia del suelo a la compresión de 459 kPa.
2. A medida que se aumenta el número de pasadas, la presión específica y el peso total por eje, mayor es la compactación superficial del suelo.

BIBLIOGRAFIA

1. Alakuku, L.: "Persistence of soil compaction due to high axle load traffic. I. Short term effects on the properties of clay and organic soils". *Soil & Tillage Research* 37: 211-222, 1996.
2. Anuario Estadístico de Cuba 2000: En: <http://www.camaracuba.cubaweb.cu/TPHabana/Estadisticas2000/Anuario%202000.zip>
3. Botta, G.; D. Jorajuria and L. Draghi: "Influence of the axle load, tire size and configuration, on the compaction of a freshly tilled

clayey soil". *Journal of Terramechanics* (39): 47-54, 2002.

4. Fuelling, T. G.: "New scope for cane transporter design". *Sugar Cane UK* (4): 7-10.
5. Goering, C. et al.: *Off-road vehicle engineering principles*. 474 pp., Editorial ASAE, Michigan, 2003.
6. González, O.; M. Rodríguez y M. Herrera: Determinación de cualidades de tracción del tractor MTZ 80 con neumáticos traseros dobles 15.5x38, con neumáticos de alta flotación 20,8x38 y del tractor Fiat New Holland 110-90, 48 Congreso de la ATAC.
7. Jorajuría, D. and L. Draghi: "The distribution of soil compaction with depth and the response of a perennial forage crop", *Journal of Agricultural Engineering Research* 66(4): 261-266, 1997.
8. Rodríguez Orozco, M.: 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 elevada humedad, Tesis de Doctorado, UCLV.
9. Zoz, F. M and R. D. Grisso: Traction and tractor performance. ASAE Distinguished Lectures Series 27, ASAE Publication Number 913C0403, Michigan, ASAE, 2003.