

MECANIZACIÓN AGRÍCOLA

ARTÍCULO ORIGINAL

Índices de explotación y económicos de preparación de suelos arcillosos pesados para caña de azúcar

Economics and operation indexes of new farming variants of heavy clay soil for sugar cane

Dr.C. Yoel Betancourt Rodríguez^I, Dr.C. Miguel Rodríguez Orozco^{II}, Dr.C. Ciro Iglesias Coronel^{III},
M.Sc. Arnaldo Gutiérrez Morales^I

^I Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar ETICA, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.

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

^{III} Universidad Agraria de La Habana, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. Con el objetivo de determinar los índices de explotación y económicos de nuevas alternativas de preparación de suelos basadas en la labranza primaria localizada con el implemento C 101M, en condiciones de superficie acanterada y con cobertura de residuos vegetales, se realizó una investigación en un suelo Gley Vértico típico, de la Unidad Empresarial de Base Héctor Rodríguez, en el norte de la provincia de Villa Clara, Cuba. Las variantes se conformaron combinando el escarificador de acción escalonada C 101M en la rotura primaria localizada con aperos de laboreo total para completar el proceso, como el arado de discos AT-90, el multiarado M 250, la grada pesada, la grada Rome y el alisador. Los principales resultados indicaron que las nuevas alternativas de preparación propuestas, respecto a las que inician el proceso con el arado de discos AT-90, disminuyen el número de horas de trabajo por hectárea y el tiempo total de preparación en 17% y 40% como promedio, respectivamente. Se reduce el gasto de combustible en 10 L·ha⁻¹ y el costo en 8 pesos·ha⁻¹, representando el 10% y 7% en ese orden. Se recomendó aplicar las tecnologías de preparación en dichas condiciones siguiendo el principio descrito.

Palabras clave: productividad, gasto de combustible, rotura localizada.

ABSTRACT. A research was carried out with the objective of determining the indexes of exploitation and economic of new alternatives of soil tillage based on the primary located farming with the implement C 101M, under conditions of ridged surface and with covering of vegetable residuals. Was used a typical Vertic Gley soil of the Managerial Base Unit Héctor Rodríguez, in the north of the province of Villa Clara, Cuba. The variants were conformed with the staggered action harrow C 101M in the primary located farming combined with tools for total farming to complete the process, such as the disks plow AT-90, the multi-plough M 250, the heavy harrow, the Rome harrow and the topsoil leveler. The main results indicated that the proposed new farming alternatives, regarding those that begin the process with the disks plow AT-90, diminish in 17% and 40% the number of working hours for hectare and the total time of preparation as average, respectively. The expense of fuel is reduced in 10 L·ha⁻¹ and the cost in 8 pesos·ha⁻¹, representing 10% and 7% in that order. It was recommended to apply the soil preparation technologies under this conditions following the described principle.

Keywords: productivity, expense of fuel, located plowing.

INTRODUCCIÓN

La aplicación del C 101M en la labranza primaria localizada de los suelos arcillosos pesados, donde se planta la caña de azúcar en cantero, incorpora varios beneficios al proceso de preparación, entre ellos se destacan: iniciar el trabajo con antelación, pues rotura la franja del terreno que pierde humedad más rápidamente, el cantero; facilitar el manejo de residuos vegetales al laborar la zona con menor porcentaje de restos y

crear las condiciones para el uso de aperos, como las gradas de discos, que no presentan limitaciones en el trabajo con presencia de aquellos en la superficie; evitar la mezcla del subsuelo con el suelo superficial por estar dotado de órganos de trabajado denominados de “corte horizontal”, que no invierten el prisma y lograr mayor fragmentación de la capa laborada respecto a otros medios de laboreo primario como el arado de discos y

el multiarado (Betancourt *et al.*, 2014a), al estar diseñado para roturar el terreno en escalones entre 8 y 10 cm de profundidad, por poseer cuatro órganos en tándem: un disco pica paja, un descepador con saeta de 700 mm y dos escarificadores con saetas de 800 y 900 mm (Betancourt *et al.*, 2013).

Por otra parte, la combinación del C 101M con aperos de acción total sobre el terreno, como el multiarado M 250, el arado y las gradas de discos, garantizó buenos índices de calidad de la labor en la preparación del lecho de plantación de la caña de azúcar, al cumplir con los parámetros principales de mullido, altura del cantero y profundidad del surco establecidos para la plantación en banco; además de realizar tanto la preparación total como parcial del suelo, lo cual asegura la realización de la nivelación del suelo en aquellas áreas con problemas de drenaje superficial (Betancourt *et al.*, 2014b).

Los beneficios obtenidos hasta la fecha posibilitaron continuar las investigaciones en la misma dirección, pero en este caso con el objetivo de determinar los índices tecnológicos, de

explotación y económicos de las nuevas alternativas de preparación de suelos arcillosos pesados propuestas, en condiciones de superficie acanterada y con cobertura de residuos vegetales.

MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas de la Unidad de Producción Cañera (UPC) “Tito González” perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) “Héctor Rodríguez”, ubicados ambos en el norte de la provincia de Villa Clara, en un suelo Gley Vértico típico, según la nueva versión de la clasificación genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 1999).

La caracterización de las condiciones naturales y de las parcelas del cultivo de la caña de azúcar, coinciden con las reportadas por Betancourt *et al.* (2014a).

El plan experimental y las alternativas de preparación de suelo evaluadas se presentan en la Tabla 1.

TABLA 1. Plan experimental para la investigación de variantes de preparación de suelo

Características generales del experimento					
Características de la parcela: Longitud: 100 m Ancho franja de virajes: 12 m Ancho entre hileras: 1,6 m			Diseño experimental: <i>de Zade</i> (Parcelas largas) No. de réplicas: cuatro Variables estudiadas: Índices tecnológicos, de explotación y económicos.		
Descripción de las variantes tecnológicas evaluadas					
Tecnologías*	Clave de las variantes	Rotura	Mullido	Cruce o mullido	Nivelación
LT	T ₁	AT-90	Grada Pesada	-	Grada Rome +
	T ₂		Grada Rome	AT-90	
LSI	R ₁	C101M	Grada Pesada	-	Alisador AF +
	R ₂		Grada Rome	M 250	
LT	R ₃		Grada Rome	AT-90	Grada Rome
LL	R ₄		Grada Rome	Grada Rome	

Leyenda: LT-Laboreo total con inversión del prisma, LSI-Laboreo total sin inversión del prisma, LL-Laboreo semilocalizado.* Todos los implementos utilizan el T-150K como fuente energética, exceptuando la Grada pesada que se acopla al Komatsu D-80.

- La evaluación tecnológico-explotativa de los agregados se realizó según los procedimientos establecidos en la NC 34-37: 2003 “Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación tecnológico-explotativa”, cumpliendo tres turnos de control y 15 h de tiempo limpio.
- La evaluación económica se realizó según lo descrito en la norma cubana NC 34-38: 2003 “Máquinas Agrícolas y forestales. Metodología para la evaluación económica”

Los datos obtenidos se procesaron estadísticamente empleando el paquete estadístico *STATGRAPHICS Plus 5.1*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tecnologías de laboreo total que utilizan el escarificador C 101M en la labranza primaria localizada (R1, R2 y R3), respecto a aquellas que inician el proceso con el arado de discos AT-90 (T₁ y T₂) reducen el número de horas de trabajo por hectárea y el tiempo de preparación en 17 y 40% como promedio, respectivamente (Tabla 2).

TABLA 2. Productividad y tiempo total del proceso en las variantes de preparación de suelo investigadas

No.	Variantes	Productividad, h · ha ⁻¹	Tiempo, días
1	T ₁	4,92	42
2	T ₂	6,26	50
3	R ₁	3,95	22
4	R ₂	4,70	25
5	R ₃	5,29	35
6	R ₄	2,78	17

Leyenda: T₁- Rotura (AT-90), profundización y mullido (grada de 7 000 kg), mullido (grada Rome), alisar (Land Plane AF) y mullido (grada Rome); T₂- Rotura (AT-90), mullido (grada de 2 200 kg), cruce (AT-90), mullir (grada Rome), alisar (Land Plane AF), mullir (grada Rome); R₁- Rotura (C101M), profundización y mullido (grada de 7 000 kg), mullido (grada Rome), alisar (Land Plane AF), mullido (grada Rome); R₂- Rotura (C101M), mullido (grada de 2 200 kg), cruce (M 250), mullido (grada Rome), alisar (Land Plane AF), mullido (grada Rome); R₃- Rotura (C101M), mullido (grada de 2 200 kg), cruce (AT-90), mullido (grada Rome), alisar (Land Plane AF); R₄- Rotura (C101M), mullido (3 pases de grada Rome).

Debido al período corto de laboreo, el rango estrecho de tempero y el mal drenaje interno y externo, uno de los requisitos a cumplir en la preparación de los suelos arcillosos pesados es alistar el área en el menor tiempo posible (Gutiérrez *et al.*, 2014). Este aspecto, de conjunto con otros factores, garantiza la plantación de toda el área planificada y la brotación antes del período lluvioso, evitando las llamadas “*pérdidas de plantación*”. La utilización del escarificador combinado C101M en la labranza primaria de superficies acanteradas responde tal requerimiento y abre paso a nuevas alternativas en lo que a preparación de suelo se refiere.

También, las variantes basadas en el laboreo primario localizado con el C 101M (R_1 , R_2 y R_3) respecto a las que inician el proceso con el arado de discos AT-90 (T_1 y T_2) reducen el gasto de combustible en 10 $L \times ha^{-1}$ y el costo en 8 pesos ha^{-1} , representando el 10 y 7% respectivamente (Figura 1 y 2).

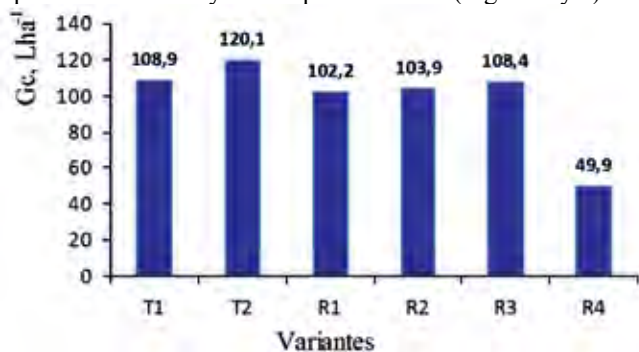


FIGURA 1. Gasto de combustible (Gc) de las variantes de preparación de suelo investigadas.

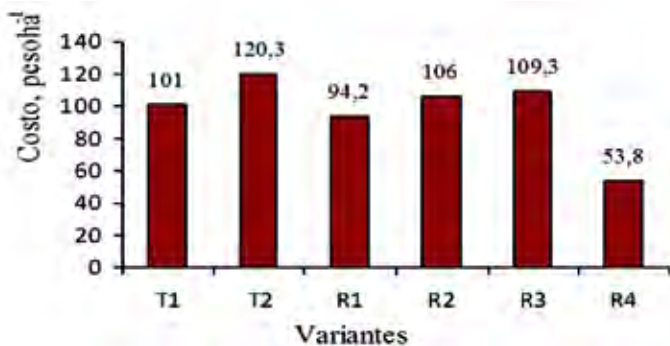


FIGURA 2. Costo de las diferentes variantes investigadas.

Al analizar particularmente dos variantes que poseen igualdad de labores, diferenciadas solamente en el laboreo primario, T_2 (con el AT-90) y R_3 (con el C 101M), se observa que el empleo de la labranza primaria localizada en R_3 reduce el tiempo de preparación en 42% (15 días) y disminuye el número de horas por cada hectárea laborada en 18% ($0,97 h \times ha^{-1}$); además, disminuye el gasto de combustible y el costo en 11%

en ambos indicadores ($12 L \times ha^{-1}$ y 11 pesos $\times ha^{-1}$), respecto a T_2 . Este resultado coincide con lo reportado por otros autores en lo referente a que una mejora en los índices de explotación y económicos del laboreo primario repercute considerablemente en los índices de la variante de forma general, dado el peso que dicha labor tienen dentro del proceso (Garrido, 1984)¹.

En sentido general, la preparación semilocalizada (R_4) mostró los mejores indicadores de explotación y económicos. Esta alternativa, respecto a T_2 , dispuso de 33 días menos en el tiempo total para ejecutar el proceso; disminuyó, en $3,5 h \times ha^{-1}$, el número de horas necesarias para dejar el área lista para el acanterado; redujo en $70 L \times ha^{-1}$ el gasto de combustible e incurrió en menos costo, en 66 pesos $\times ha^{-1}$. Sin embargo, como el mal drenaje es el principal factor limitante de las condiciones de investigación y la preparación semilocalizada no incluye el alisado del suelo en las labores de alistamiento, su aplicación debe estar fundamentada por un trabajo previo que demuestre la factibilidad de su empleo, visto principalmente desde la mínima presencia de depresiones en la superficie del campo que puedan comprometer la población cañera de la futura plantación.

La mejora de los índices de explotación y económicos como resultado de la aplicación de escarificadores alados se corresponde con los reportes realizados sobre laboreo mínimo para siembra tradicional en Vertisuelos de la zona oriental de Cuba (Leyva, 2009)²; así como, con lo obtenido por otros investigadores en suelos diferentes del país (Cuadras *et al.*, 2004³; Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 2009; Crespo *et al.*, 2013; Oliva *et al.*, 2014).

Por otra parte, y a partir de que en la actualidad los procesos agrícolas demandan de la aplicación de medidas que reduzcan el consumo de energía, preserven los recursos naturales y mejoren el medio ambiente (Sáenz, 2008; Valdés, 2010; Rodríguez *et al.*, 2010; Chuck *et al.*, 2011), las variantes de preparación de suelos arcillosos pesados basadas en la rotura primaria localizada están conforme a dichos principios, no solo por reducir la demanda de energía no renovable sino por realizar el proceso sin quemar los residuos de cosecha.

Si se toman en cuenta los resultados de explotación y económicos obtenidos, y se considera además que sobre superficies acanteradas se pueden preparar como mínimo 2 000 ha en una campaña de preparación de suelo en el norte de Villa Clara, el empleo de las alternativas tecnológicas basada en la labranza primaria localizada, puede ahorrar anualmente al sector azucarero cerca de 24 000 litros de combustible y 22 000 pesos en moneda nacional, aspecto de vital importancia para la economía nacional.

En la Figura 3 se muestra la realización de la preparación de suelo semilocalizada sobre área acanterada no plantada.

¹ GARRIDO, J.: Explotación del parque de máquinas y tractores, pp. 354-495, En su: Implementos, Máquinas agrícolas y fundamentos para su explotación, Editorial Científico Técnica, La Habana, 1984.

² LEYVA, O.: Fundamentación de una tecnología para laboreo mínimo de suelos vertisoles basada en la aplicación de una máquina compleja en caña de azúcar, 145 pp., Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas), Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2009.

³ CUADRAS, F., H. RODRÍGUEZ; J. RUIZ; F. MORALES; O. VANDRELL; P. L. CORTEGAZA; G. BARROSO; F. L. QUINTERO; R. SÁNCHEZ: Impacto del sistema de extensión agrícola en la implementación del laboreo mínimo, En: Memoria electrónica de la Jornada Científica por el 40 Aniversario del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, ISBN-959-246-122-8, Santiago de Cuba, Cuba, 2004.



FIGURA 3. Preparación semilocalizada sobre área acanterada no plantada. a). Estado inicial del área; b). C 101M en rotura y profundización; c). Primer pase de grada Rome; d). Área acanterada.

CONCLUSIONES

- La preparación de suelo arcilloso pesado con superficie acanterada, basada en la escarificación primaria localizada con el C 101M respecto a las que inician el proceso con el arado de discos AT-90 permite:
 - Disminuir el número de horas de trabajo por hectárea y el tiempo de preparación en 17 y 40% como promedio, respectivamente;
 - Reducir el gasto de combustible en 10 L×ha⁻¹ y el costo en 8 pesos×ha⁻¹, representando el 10 y 7% en ese orden.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BETANCOURT, Y.; C. CORONEL; M. RODRÍGUEZ; A. GUTIÉRREZ; I. GARCÍA: “Nuevos parámetros de diseño del escarificador C-101 para la labranza primaria de superficies acanteradas”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 22(2): 68-73, 2013.
- BETANCOURT, Y.; M. RODRÍGUEZ; C. IGLESIAS; A. GUTIÉRREZ: “Calidad de la labor de nuevas alternativas de preparación de suelos arcillosos pesados con superficies acanteradas y cobertura de residuos vegetales en caña de azúcar”, *Revista Ingeniería Agrícola*, ISSN: 2306-1545, E-ISSN: 2227-8761, 4(1): 8-13, 2014b.
- BETANCOURT, Y.; M. RODRÍGUEZ; C. IGLESIAS; J. R. GÓMEZ; I. GARCÍA; E. BECERRA: “Calidad de la labor de tres aperos de labranza primaria en suelos arcillosos pesados con superficies acanteradas y cobertura de residuos vegetales”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, ISSN: 1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, 23(1): 5-10, 2014a.
- CHUCK, C., E. PÉREZ; E. HEREDIA; S.O. SERNA: “Sorgo como un cultivo multifacético para la producción de bioetanol en México: *Tecnología*”, ISSN: 1518-5540, 10(3): 529-549, 2011.
- CRESPO F. R.; H. I. PÉREZ; I. RODRÍGUEZ; I. GARCÍA: *Agronomía*, pp. 119-146, En: Hipólito Israel Pérez, Ignacio Santana, Iran Rodríguez, *Manejo sostenible de tierras en la producción de Caña de Azúcar*, 1ra ed., ISBN 978-959-300-051-2, Editorial AMA, 2013.
- GUTIÉRREZ, A.; F. R. DÍAZ; L. VIDAL; I. RODRÍGUEZ; EMMA PINEDA; Y. BETANCOURT; J.R. GÓMEZ: “Manual de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de la caña de azúcar en los suelos arcillosos pesados con regadío superficial”, *Revista Cuba & Caña*, (D) RNPS 2258, ISSN: solicitado, *Suplemento Especial*, 1: 1-15, 2013.
- HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.; BOSCH, D.; RIVERO, L.; CAMACHO, E.: *Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba*, ed. L.L Barcaz, Ed. AGRINFOR, t. 1, ISBN-959-246-022-1, La Habana, Cuba, 1999.
- Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar: “Taller nacional con los directores de producción de caña de empresas y GEAS”, *Revista Cuba & Caña*, (D) RNPS 2258, ISSN: solicitado, *Suplemento Especial*, 2: 1-144., 2009.
- NC 34-38: 2003: *Oficina Nacional de Normalización: Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación económica.*, 15pp., La Habana, Vig. noviembre 2003.
- NC 34-37: 2003: *Metodología para la evaluación tecnológico-explotativa*, 21 pp., *Oficina Nacional de Normalización: Máquinas Agrícolas y Forestales*. La Habana, Vig. octubre 2003.
- OLIVA, L. M.; R. GALLEGU; G. FERNÁNDEZ; H. RUBÉN: *Fomento y reposición*, pp. 79-106, En: Instituto de Investigación de la Caña de Azúcar (Cuba), edit. Ignacio Santana, Maribel González, Sergio Guillen Sosa, Ramón Crespo, *Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar*, 2da edición, ISBN: 978-959-300-036-9, Editorial AMA, 2014.
- RODRÍGUEZ, I.; H. PÉREZ; O. CRUZ: “Prácticas agrícolas establecidas para evitar la degradación de los suelos en la UBPC Tuinucú”, *Revista Cuba & Caña*, (D) RNPS 2258, ISSN: solicitado, 1: 51-56, 2010.
- SÁENZ, T.: “Azúcar, petróleo, biocombustibles y crisis estructural”, *ATAC*, ISSN: 0138-7553, 2: 52-53, 2008.
- VALDÉS, A.: “Consumo de combustible fósil por efecto de la producción y aplicación de fertilizantes inorgánicos en la obtención de biocombustibles líquidos”, *ATAC*, ISSN: 0138-7553, 3: 13-18, 2010.

Recibido: 17/09/2014.

Aprobado: 14/11/2015.

Publicado: 05/12/2015.

Yoel Betancourt Rodríguez, Inv. Titular, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar ETICA Centro Villa Clara, Autopista Nacional km 246. Apartado 20, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba. Fax: 451 520, Correo electrónico: yoel.betancourt@nauta.cu

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

Ciro Iglesias Coronel, Correo electrónico: ciro@unah.edu.cu.

Arnaldo Gutiérrez Morales, Correo electrónico: yoel.betancourt@nauta.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.



El Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola (IAgric) del Ministerio de la Agricultura y el Centro de Estudios Hidrotécnicos (CEH) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Ciego de Ávila, coordinan el **Programa de Especialidad en Explotación de Sistemas de Riego y Drenaje**.

El programa tiene una duración total de aproximadamente dos (2) años. Se desarrolla en la modalidad semipresencial con un período de actividades académicas de (8) semanas (2 meses) y un período de actividades académicas no lectivas vinculadas al desempeño laboral (entrenamiento) de tres (3) a cuatro (4) meses entre periodos lectivos.

El Programa de Especialidad en Explotación de Sistemas de Riego y Drenaje está proyectado con un total de 100 créditos, de ellos 50 créditos por actividades académicas conformadas en dos Diplomados, uno Básico general para todos los Programas de Especialidad del MINAG y uno Especializado para este Programa. Por otra parte la actividad práctica vinculada al desempeño laboral acumulará 40 créditos y el trabajo final 10 créditos.

La sede de este Programa de la Especialidad **para la zona occidental** está ubicada en la *Unidad Docente del Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola*, sito en Ave Camilo Cienfuegos y 27, Arroyo Naranjo, La Habana. Los estudiantes cuentan con instalaciones docentes y un aula de computación para el trabajo individual o por equipos.

Los interesados deben contactar con el Departamento de Capacitación del IAgric:

E-mail: capacitacion1@iagric.cu, direccioneyt@iagric.cu.