

Potencialidades de labranza en selección de tecnologías de preparación del suelo para caña de azúcar

Tillage potential in the selection of soil preparation technologies for sugar cane

✉ Álvaro Calzada-Díaz de Villegas^{I*}, ✉ Roberto Bravo-Agriell^{II},
✉ Yoel Betancourt-Rodríguez^{III} and ✉ Anabel Quintero-Cabrera^{II}

^IUniversidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba.

^{II}Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar INICA-Cienfuegos, Cuba.

^{III}Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, INICA-Villa Clara, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.

*Autor para correspondencia: Álvaro Calzada-Díaz de Villegas, e-mail: acalzada@ucf.edu.cu

RESUMEN: La preparación de suelo constituye uno de los pilares importantes en el fomento y reposición de la caña de azúcar a partir de que uno de sus propósitos se centra en crear un lecho de plantación adecuado para el desarrollo y establecimiento del cultivo. En este proceso tecnológico es crucial considerar aspectos técnicos, económicos, energéticos y ambientales para lograr un equilibrio satisfactorio en la producción agropecuaria sostenible. Con el objetivo de evaluar las potencialidades del servicio de labranza en la selección de tecnologías de preparación de suelo para caña de azúcar se desarrolló este trabajo. La investigación se realizó en un suelo Ferralítico Rojo de la Unidad Básica de Producción en Cooperativa (UBPC) Vietnam, perteneciente a la Empresa Agroindustrial Azucarera (EAA) Antonio Sánchez, en Cienfuegos. Se comparó una tecnología de laboreo mínimo total con medios tradicionales, comúnmente aplicada en la EAA, con el laboreo localizado propuesto por el servicio de labranza de suelo. La evaluación de los indicadores de explotación siguió los procedimientos establecido en las normas cubanas. Los resultados mostraron que la aplicación de la tecnología recomendada por el servicio de labranza trajo como beneficio, el manejo de los residuos de cosecha, la reducción del tiempo total de preparación de suelo en 25 días, la disminución del consumo de combustible en 44 Lha⁻¹ y la reducción del costo de laboreo hasta en un 46%. Estos elementos constituyen aspectos importantes para lograr el máximo aprovechamientos de los recursos, potenciar el desarrollo cooperativo y recuperar la agroindustria azucarera del país.

Palabras clave: Labranza de suelo, laboreo localizado, manejo de residuos.

ABSTRACT: Soil preparation constitutes one of the important pillars in the promotion and replacement of sugarcane since one of its purposes is focused on creating an adequate planting bed for the development and establishment of the crop. In this technological process it is crucial to consider technical, economic, energy and environmental aspects to achieve a satisfactory balance in sustainable agricultural production. With the objective of evaluating the potential of the tillage service in the selection of soil preparation technologies for sugarcane this paper was developed. The research was carried out on a Red Ferralitic soil from the Basic Cooperative Production Unit (UBPC) Vietnam, belonging to the Antonio Sánchez Agroindustrial Sugar Company (EAA), in Cienfuegos. A total minimum tillage technology with traditional implements, commonly applied in the EAA, was compared with the stripped tillage proposed by the Soil Tillage Service. The evaluation of the exploitation indicators followed the procedures established in the Cuban standards. The results showed that the application of the technology recommended by the tillage service brought as a benefit, the management of crop residues, the reduction of the total soil preparation time in 25 days, the decrease in fuel consumption by 44 L ha⁻¹ and the reduction of labor cost up to 46%. These elements constitute important aspects to achieve the maximum use of resources, promote cooperative development and recover the sugar agroindustry of Cuba.

Keyword: Soil tillage, stripped tillage, trash management.

INTRODUCCIÓN

La preparación de suelo constituye uno de los pilares importantes en el fomento y reposición de la caña de azúcar, a partir de que uno de sus objetivos se centra en crear un lecho de plantación adecuado para el desarrollo y establecimiento del cultivo. Dicho proceso ha sido

ampliamente investigado en Cuba, lo que ha permitido definir tres tecnologías: Laboreo Total con Inversión del Prisma, Laboreo Total sin Inversión del Prisma y Laboreo Localizado (Crespo et al., 2013; Oliva et al., 2014). Sin embargo, uno de los problemas que afecta la producción de caña en el país está relacionado con la inadecuada selección, desde la planificación, de la tecnología y su variante operacionales según las condiciones edafoclimáticas.

Recibido: 18/06/2024

Aceptado: 14/02/2025

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

AUTHOR CONTRIBUTION: Conceptualization: A. Calzada. **Data curation:** A. Calzada. **Formal analysis:** A. Calzada, R. Bravo, Y. Betancourt, P. Guerrero. **Investigation:** A. Calzada, R. Bravo, Y. Betancourt, A. Quintero. **Methodology:** A. Calzada. **Supervision:** A. Calzada, R. Bravo, Y. Betancourt, A. Quintero. **Writing original draft:** A. Calzada. **Writing review and editing:** R. Bravo, Y. Betancourt, A. Quintero.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



En este proceso tecnológico es crucial considerar aspectos técnicos, económicos, energéticos y ambientales para lograr un equilibrio satisfactorio e integrador en la producción agropecuaria sostenible. En ese sentido y a solicitud del Grupo Empresarial Azucarero AZCUBA, se conceptualizó el Servicio de Labranza de Suelo, por el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (Betancourt et al., 2018). En el servicio se definió una oferta especializada en la planificación, con una plataforma informática especialmente diseñada para realizar el proceso de forma automatizada, el software (SW) LabraS (Betancourt, Alonso, et al., 2019; Betancourt, Pérez, et al., 2019).

La aplicación de los principios de sostenibilidad con el SW LabraS se garantiza porque sus algoritmos integran en un único procedimiento los conocimientos del suelo, la maquinaria, el cultivo y el entorno de trabajo donde se realiza la planificación, lo que se ha denominado criterios ISMAE (Betancourt, Pérez, et al., 2019). En ese sentido, las pruebas de validación en las más variadas condiciones edafoclimáticas y en diferentes procesos tecnológicos de labranza de suelo en caña de azúcar han mostrado resultados satisfactorios (Betancourt, Pérez, et al., 2019; Pérez, 2018; Sánchez, 2021; Valerón, 2022; Villavicencio, 2021). Sin embargo, en los estudios realizados no se ha incluido la evaluación del impacto de las recomendaciones en condiciones de producción mediante la comparación entre la tecnología recomendada y lo que tradicionalmente aplica el productor para una condición específica, para lo que, dado su impacto en la producción, la preparación de suelo puede ser un proceso tecnológico adecuado para esta investigación.

Por lo antes expuesto, el objetivo del trabajo es evaluar las potencialidades del servicio de labranza en la selección de tecnologías de preparación de suelo para caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el bloque 0415, campos 1 y 3, con 41 ha, de la Unidad Básica de Producción en Cooperativa (UBPC) Vietnam, perteneciente a la Empresa Agroindustrial Azucarera (EAA) Antonio Sánchez, en Cienfuegos. En un suelo Ferralítico Rojo, según la clasificación genética de los suelos del 2015 (Hernández et al., 2015).

Para identificar la tecnología a retomar se aplicó la metodología del Servicio de Labranza (Betancourt, 2023). Esta metodología persigue como propósito identificar, crear condiciones técnicas, capacitar, e implementar las tecnologías de laboreo que marcaron un impacto significativo y que hoy no se aplican o no se utilizan

con la magnitud demandada. Se seleccionó la evaluación la tecnología de Laboreo Localizado (LL) y se comparó con la tecnología de laboreo mínimo total (LMT), con implementos tradicionales, comúnmente aplicada por el productor en las condiciones de investigación (Tabla 1).

Se utilizó el diseño experimental en franjas, con dos tratamientos y cinco réplicas, de 10 m de longitud. Se plantó la variedad C86-56, a razón de dos trozos de tres yemas punta con punta (18 yemas por metro lineal), a 1,6 m de distancia entre hileras. La cosecha se realizó a los 14 meses.

Se evaluaron los siguientes parámetros:

- Caracterización de las condiciones de investigación. Según lo establecidos en el Procedimiento Normativo Operacional PG-CA-042 (2013) y se determinó: Procedencia, Altura del surco (mm), Altura de la caña (mm), espesor de los residuos vegetales después de la cosecha (mm).
- Residuos sobre la superficie después del laboreo (%). Se realizó después de surcada el área mediante el lanzamiento al azar por réplica de un marco de 1 m². El área ocupada por el marco se dividió en 25 cuadrantes, y utilizando el método de cálculo de La Regla de Tres se determinó dicho porcentaje.
- Índices de explotación y económicos. Según lo establecido en el Procedimiento Normativo Operacional (PG-CA-043 (2013) y PG-CA-047 (2013). Se determinaron los siguientes parámetros: Tiempo total de preparación de suelo (Días), Gasto específico de combustible (L ha⁻¹) y el Costo total de la preparación de suelo (pesos ha⁻¹).
- Rendimiento agrícola (t ha⁻¹). Mediante el corte y pesaje de la caña en un metro lineal. El pesaje se realizó con balanza de 1 g de nivel de apreciación.

El tamaño de la muestra de las variables en estudio y el procesamiento de los datos obtenidos se realizó automatizadamente, para lo cual se empleó el paquete estadístico STATGRAPHICS Plus 5.1. Se utilizó la prueba t-Students para muestras independientes como criterio para estimar las diferencias entre las medias muestrales a un 95% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización de las condiciones de investigación se muestra en la Tabla 2, donde es de significar la media existencia de 0,28 m en el espesor de la capa de residuos, el cual estaba compuesto principalmente por residuos vegetales de caña de azúcar. La incorporación de residuos al suelo aporta materia orgánica y nutrientes,

TABLA 1. Tecnologías de preparación de suelo evaluadas

Tecnología	Fuente energética	Labores (Implementos)
Laboreo mínimo total (LMT)	YTO 1604	Rotura (FD-7), Dos pases de Grada media (GAPCR), Surcar (Surcador triple).
Laboreo localizado (LL)	Belarus 1025,5	Descorone (Grada 24/26") y Rotura-Profundización y Surque (C101)

lo cual contribuye con la mejora de las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo (Crespo et al., 2013; Salazar & Sánchez, 2006; Schroeder et al., 2009).

TABLA 2. Caracterización de las condiciones de investigación

Parámetro**	Media (Desviación estándar)
Distancia entre surcos	1,60 (\pm 0,03)
Altura del retoño	0,29 (\pm 0,04)
Altura del surco*	0,14 (\pm 0,02)
Espesor de la capa de residuos+	0,28 (\pm 0,08)

Leyenda: **- Todos los parámetros están expresados en metros

*-Respecto al centro de los espacios entre hileras

+-Determinado en el centro de los espacios entre hileras (camellón)

El laboreo localizado (LL), que es la tecnología a retomar y recomendada por el sistema de planificación mediante el SW LabraS, logró la mayor cobertura de residuos sobre la superficie (32%) respecto a la de laboreo mínimo total con implementos tradicionales, comúnmente aplicada por el productor (LMT) (10%). Si se toma en cuenta el indicador establecido por Conservation Technology Information Center (1996) citado por Uri et al. (1999), la tecnología LL clasifica como de conservación a partir de que el nivel de residuos dejados sobre la superficie supera el 30%.

Resultados similares fueron reportados por Betancourt (2011) al evaluar el manejo de residuos entre tecnologías de laboreo mínimo total y localizado en suelo Vertisol del norte de Villa Clara.

Por otra parte, el laboreo localizado redujo el tiempo total de preparación de suelo 25 días respecto a LMT (Figura 1), a partir de que emplea menos labores (dos) y utiliza escarificadores de acción escalonada que fragmentan el suelo en terrones de menor tamaño, y al disponer de un surcador se realizan simultáneamente en un pase tres operaciones: Rotura, Profundización y Surque.

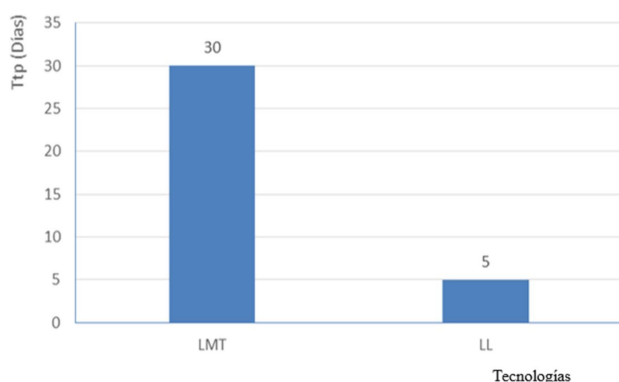


FIGURA 1. Tiempo total de preparación de suelo (Ttp.) entre tecnologías.

Por otra parte, la tecnología de LL redujo el gasto específico de combustible (Gec) Figura 2) en 44 L ha⁻¹ respecto a LMT. Este aspecto es de alta significación dada la situación compleja que atraviesa el país y el sector respecto a la disponibilidad energética para realizar las labores,

por lo que se crean condiciones para realizar un mejor aprovechamiento de este insumo, disminuir los costos y la carga contaminantes a la atmósfera.

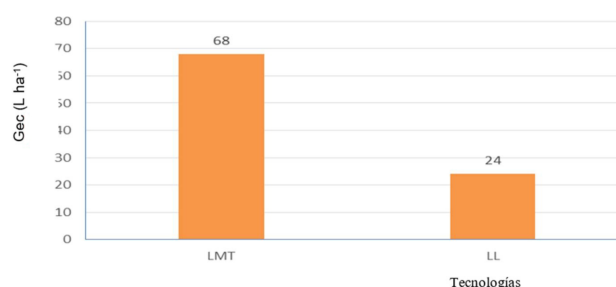


FIGURA 2. Gasto específico de combustible (Gec) por tecnología de preparación de suelo.

En cuanto al costo total por tecnología de preparación (Figura 3), se observó que la aplicación del LL reduce en 4 495,5 peso ha⁻¹ respecto a LMT, lo cual se debe a la disminución de labores, al tipo de fuente energética utilizada y al empleo de escarificadores en el laboreo primario.

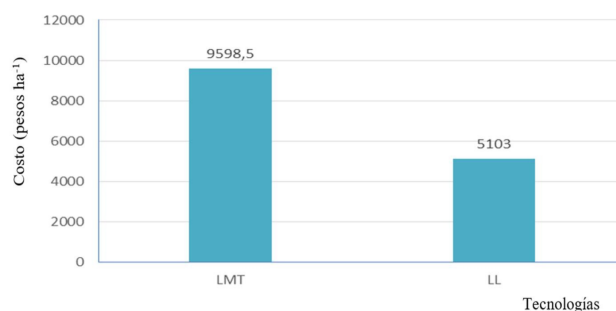


FIGURA 3. Costo total (Ct) por tecnología de preparación de suelo.

Mediante la aplicación del laboreo localizado en Cuba, según reportes de García et al. (2000), Pupo et al. (2004), se han obtenido resultados similares en cuanto a la mejora de los indicadores de explotación y económicos

La evaluación del rendimiento agrícola no mostró diferencia significativa entre las tecnologías LL y LMT (Figura 4). Los resultados obtenidos estuvieron influenciados por las condiciones climáticas desfavorables en cuanto a las bajas precipitaciones en el período de investigación y que independientemente de que en LL se preparó 25 días antes, ambos tratamientos se plantaron en la misma fecha, al esperar por la humedad requerida para la plantación.

Resultados similares en cuanto a no encontrar diferencias significativas para los indicadores relacionados con el cultivo en investigaciones de preparación de suelo fueron reportados por Herrera & Milanés (2004) y Leyva (2009). No obstante, aunque LL no mostró incrementos significativos en el rendimiento agrícola en caña planta su aplicación se justifica por los resultados superiores en cuanto a los índices de explotación y

económicos obtenidos, lo cual demuestra el impacto positivo de las recomendaciones de planificación con el SW LabraS.

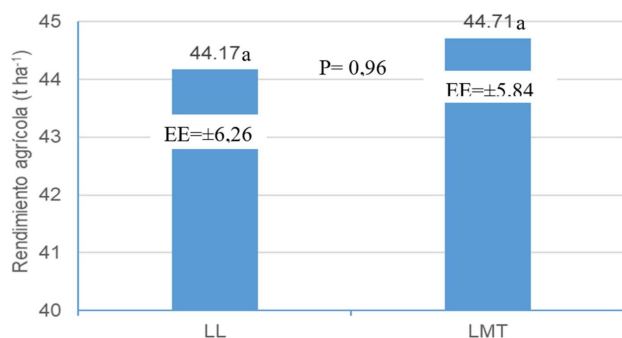


FIGURA 4. Rendimiento agrícola por tecnología. (a)- Medias con letras iguales indican que no hay diferencias significativas.

CONCLUSIONES

Las recomendaciones del SW LabraS, mediante la aplicación del LL respecto a la tecnología de LMT, demostraron un impacto positivo por lograr un 32% de residuos en la superficie del terreno, acortar el tiempo total de preparación en 25 días, reducir el gasto específico de combustible en 44 L ha⁻¹ y disminuir el costo total en 4 495,5 pesos ha⁻¹.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Betancourt, Y. (2011). Escarificación localizada primaria para el perfeccionamiento de la tecnología de preparación de suelos arcillosos pesados con superficie acanterada dedicados a la caña de azúcar [Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias]. Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- Betancourt, Y. (2023). Curso preparación y actualización en políticas de extensionismo agrario a los extensionistas de AZCUBA. Organización de la maquinaria eficiente en una unidad productora [curso docente]. Centro Nacional de Capacitación Azucarera (CNCA), La Habana, Cuba.
- Betancourt, Y., Alonso, D., González, A. B., & la Rosa, A. J. (2019). Sistema automatizado LabraS para la toma de decisiones en la planificación de la labranza de suelo en caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 28(4), 89-100, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- Betancourt, Y., Guillén, S., Rodríguez, J. F., Alfonso, A., & Sánchez, R. (2018). Servicio para la asistencia técnica en la labranza de suelos dedicados a caña de azúcar. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 27(2), 1-13, 89-100, ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054.
- Betancourt, Y., Pérez, D., & Álvarez, A. (2019). Asistencia técnica de la labranza de suelos en el control de arvenses en la reposición de caña de azúcar. *Ingeniería Agrícola, Ing. Agric.*, 9(3), 10-15, ISSN: 2306-1545, e-ISSN: 2227-8761.
- Crespo, F. R., Pérez, H. I., Rodríguez, I., & García, I. (2013). Capítulo 6. Agronomía. En H. I. Pérez, I. Santana, I. Rodríguez. *Manejo sostenible de tierra en la producción de caña de azúcar*. (pp. 119-146). Ediciones ama.
- García, I., Vidal, L., Sánchez, M., Gutiérrez, A., & Velarde, E. (2000). Preparación localizada de suelos para la plantación de la caña de azúcar de Villa Clara. *Centro Agrícola*, 2, 26-30, ISSN: 2072-2001, Publisher: Universidad Central de las Villas.
- Hernández, J., Pérez, J., Bosch, I., & Castro, S. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93, 91.
- Herrera, A., & Milanés, N. (2004). Evaluación de tres sistemas de labranza y tres métodos de siembra de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Córdoba, Veracruz, México. 40 aniversario del INICA, Santiago de Cuba, Santiago de Cuba, Cuba.
- Leyva, O. (2009). Fundamentación de una tecnología para laboreo mínimo de suelos vertisoles basada en la aplicación de una máquina compleja en caña de azúcar [Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias]. Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
- Oliva, L. M., Gallego, R., Fernández, G., & Rubén, H. (2014). Fomento y reposición, de la Caña de Azúcar en Cuba. En Ignacio, G. Maribel, G. S. Sergio, C. Ramón (Ed.), *Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar (AMA, La Habana, Cuba, pp. 79-106)*. AMA.
- Pérez, D. (2018). Planificación de la labranza de suelo en caña de azúcar mediante el sistema automatizado LabraS [Tesis de Maestría]. Universidad Central "Marta Abreu" de la Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
- PG-CA-042. 2013. (2013). Sistema de gestión de la calidad. Pruebas de maquinaria agrícola. Determinación de las condiciones de ensayo (pp. 1-10) [Norma ramal]. IAgric, La Haban, Cuba.
- PG-CA-043. 2013. (2013). Sistema de gestión de la calidad. Pruebas de maquinaria agrícola. Evaluación tecnológica y de explotación (pp. 1-13) [Norma ramal]. IAgric, La Haban, Cuba.
- PG-CA-047. 2013. (2013). Sistema de gestión de la calidad. Pruebas de maquinaria agrícola. Evaluación económica (pp. 1-11) [Norma ramal]. IAgric, La Haban, Cuba.
- Pupo, E., Tejeda, V., Rodríguez, L., & Sao, E. (2004). El laboreo localizado con el C-101, resultados técnicos-económicos obtenidos en la aplicación entre el periodo 1999-2001 en la provincia Las Tunas. *Memorias Cuarenta Aniversario del INICA, La Habana, Cuba*.
- Salazar, I., & Sánchez, C. (2006). Manejo de residuos de cosecha de caña de azúcar con rastrillo mecánico. Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Agroindustria Cañera de la Huasteca Potosina, A.C. Desplegable para productores Nro 3. <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/65.pdf>
- Sánchez, A. C. (2021). Perfeccionamiento del sistema utilizado para la determinación de la demanda de lubricantes en las fuentes energéticas de preparación

- de suelo [Tesis]. Universidad Central “Marta Abreu” de la Villas, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.
- Schroeder, B., Panitz, J., Linedale, T., Whiteing, C., Callow, B., Samson, P., Hurney, A., Calcino, D., & Allsopp, P. (2009). SmartCane Harvesting and Ratoon Management (p. 36). <https://www.sugarresearch.com.au/SugarFiles/2017/03/SmartCane-Harvesting-and-Ratoon-Management.pdf>
- Uri, N. D., Atwood, J. D., & Sanabria, J. (1999). The Environmental benefits and costs of conservation tillage. *Environmental Geology*, 38(2), 60-75.
- Valerón, M. (2022). Planificación sostenible de la atención postcosecha de la caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera George Washington [Tesis]. Universidad Central “Marta Abreu” de la Villas, Universidad Central “Marta Abreu” de la Villas.
- Villavicencio, L. (2021). Adecuación Funcional del Software LabraS en la Planificación de Labores para la Preparación Sostenible de Suelo en Caña de Azúcar [Tesis]. Universidad Central “Marta Abreu” de la Villas, Universidad Central “Marta Abreu” de la Villas.

Álvaro Calzada-Díaz de Villegas. MSc. Ing. Agrónomo, Profesor auxiliar, Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.

Roberto Bravo-Agriell. Ingeniero Agrícola, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), INICA-Cienfuegos, Cuba. E-mail: roberto.bravo@gesacf.azcuba.cu.

Yoel Betancourt-Rodríguez. Dr.C., Investigador titular, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), INICA-Villa Clara, Autopista Nacional km 246, Ranchuelo, Villa Clara. Profesor Titular adjunto de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas (UCLV), Cuba. E-mail: yoel.betancourt@nauta.cu; yoelbr15@gmail.com

Anabel Quintero-Cabrera. Ingeniera Agrónoma, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), INICA-Cienfuegos, Cuba. E-mail: anabelquinterocabrera@gmail.com.

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.