Revista Cuba & Caña Vol. 24, No. 2, Julio-Diciembre, 2021

ARTÍCULO ORIGINAL

CUBA & CAÑA

URL: http://www.cuba-cane.inica.azcuba.cu E-mail: journal.cuba.cane@gmail.com

CU-ID: 2258/v24n2e03

UTILIZACIÓN DE ENROLLADORES EN CAÑA DE AZÚCAR EN DIFERENTES TIPOS DE SUELOS

USE OF TRAVELLERS GUN IN SUGARCANE IN DIFFERENT TYPES OF SOILS

CARLOS LAMELAS-FELIPE *, SALVADOR GARCÍA-GUERRA, MANUEL L. VIDAL, JESÚS FONSECA-ARTEAGA, ADRIÁN SERRANO-GUTIÉRREZ, LUIS ÁLVAREZ-GUERRA, JOSÉ A. MESA-JERÉZ

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

*Autor para correspondencia: Carlos Lamelas-Felipe, e-mail: carlos.lamela@inica.azcuba.cu

***Palabras clave*:**

riego
uniformidad
eficiencia
rendimiento agrícola

RESUMEN

El trabajo se desarrolló en tres tipos de suelos en áreas de referencia de las Unidades Empresariales Básicas Manuel Fajardo, Fernando de Dios y Julio A. Mella en las provincias de Mayabeque, Holguín y Santiago de Cuba. Las evaluaciones técnico-económicas con enrolladores demostraron la influencia negativa de las magnitudes altas de la velocidad del viento en la uniformidad del riego y la eficiencia de aplicación, al variar las mismas entre 55-70% y 52-65% respectivamente. Con relación a las evaluaciones. Fueron obtenidos incrementos de los rendimientos agrícolas con respecto a un secano potencial, que variaron entre 30.6 y 36 t/ha, con costos operacionales por incremento de toneladas de caña producidas que variaron entre 57.9 y 68.2 CUP/t.

***Keywords*:**

Irrigation
Uniformity
Efficiency
Agricultural Yield

ABSTRACT

The work developed in three types of soils in reference areas of the Basic Enterprise Units Manuel Fajardo, Fernando de Dios and Julio A. Mella in Mayabeque, Holguín and Santiago de Cuba provinces. The technician-economic evaluations with travellers gun that indicated the negative influence of the high magnitudes of speed of the wind in irrigation uniformity and the application efficiency, when varying the same ones respectively between 55-70% y 52-65%. With relationship to the economic evaluations. Were obtained percent of increment of agricultural yield with regard to an unirrigated potential that varied between 30.6 and 36 t/ha, with operational cost for increment of tons of cane between 57.9 y 68.2 CUP/t.

INTRODUCCIÓN

Según datos informados por AZCUBA al cierre del 2020 existían 21 600 ha de la técnica de riego con enrolladores, previéndose para el año 2030 unas 32 200 ha, pasando del 18,1 al 11% del área bajo riego en la caña de azúcar (INICA, 2020). Esta técnica continúa teniendo un papel importante en el beneficio de la caña de azúcar, principalmente en el riego de la semilla y los residuales, así como en las áreas de forma irregular donde no pueden utilizarse máquinas. Considerando que los suelos Ferralitizados Cálcicos y Sialitizados Cálcicos, constituyen alrededor del 45% de los suelos cañeros de Cuba Ascanio & Sulroca (1986), los mismos han tenido prioridad para la ubicación de las técnicas de riego por aspersión, por su versatilidad y las características hidrofísicas de los suelos, sin embargo en los últimos años se han localizado algunos enrolladores en suelos Vertisuelos (14% de los suelos cañeros), los que tienen bajas velocidades de infiltración, obteniéndose diferentes respuestas de la caña. Se plantea la necesidad de realizar estudios que definan el comportamiento de los enrolladores en los suelos señalados. En los requisitos agronómicos incluidos en la tarea técnica para enrolladores AZCUBA (2011), se observaban algunas limitaciones con la lámina neta deficitaria, una eficiencia de aplicación muy alta para esta técnica, así como la falta de aclaración con respecto a la velocidad de infiltración de los suelos en que se aplica, estos aspectos fueron mejorados en las versiones de las tareas técnicas de AZCUBA (2014, 2018), aunque se mantienen los problemas con la zonificación de esta técnica de riego. Los objetivos del trabajo son: proponer algunos elementos agronómicos y de operación del riego que deben ser incluidos en la explotación de la técnica de enrolladores y determinar la respuesta económica en un área de referencia.

Recibido: 21 de enero de 2021

Aceptado: 13 de noviembre de 2021

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License CCBY-NC (4.0) internacional. https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

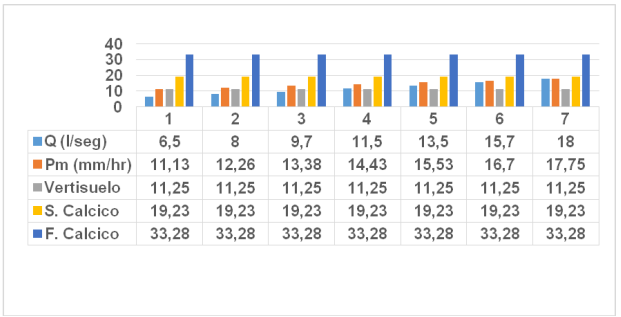
MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos fueron realizados por medio de la medición de factores de la calidad del riego en las Unidades Empresariales Básicas Manuel Fajardo y Fernando de Dios (suelos Ferralitizados Cálcicos y Vertisuelos) en las provincias de Mayabeque y Holguín respectivamente. Se efectuaron evaluaciones hidráulicas mediante simulaciones a partir de la información de campo, las mismas fueron procesadas por intermedio de la hoja en Excel titulada "Travelling Irrigator Field Layout Chart" por la firma Irrifrance (2016); considerando los criterios incluidos en la norma ISO 11545: (1994); se realizó la comprobación de elementos de manejo, identificados con la determinación de la relación entre la pluviometría media según Tarjuelo (2005) y la velocidad de infiltración en la primera hora (Lamelas *et al*., 2014). Fueron desarrolladas áreas de referencia bajo riego con enrolladores en la Unidad Empresarial Básica Julio A. Mella (Suelos Vertisuelos) en la provincia de Santiago de Cuba, en las que se determinó el efecto económico utilizando la hoja Excel divulgada por Lamelas *et al.* (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se aprecia que la lámina neta parcial media de los suelos Vertisuelos superó entre un 10 y 20% a la lámina neta parcial media de los suelos Sialitizados Cálcicos y Ferralitizados Cálcicos debido a las características de mayor hidroretención en el caso del primero y la velocidad de infiltración en la primera hora que estuvo entre 8 y 22 mm/h por debajo.

La Figura 1, muestra un ejemplo de la relación entre la pluviometría media (Pm) para boquillas cónicas entre 18 y 30 mm de diámetro, presión del aspersor de 35 m y caudales entre 6,5 y 18 L/s, con la velocidad de infiltración en la primera hora para suelos Ferralitizados Cálcicos, Sialitizados Cálcicos y Vertisuelos. Se observan las limitaciones de los suelos Vertisuelos cuando se utilizó un gasto del aspersor (Q) igual o superior a 8 L/s, debido a que las pluviometrías medias (Pm) superan las velocidades de infiltración, sin embargo, esta situación adversa no se presenta en los otros dos suelos con los gastos utilizados.



	1	2	3	4	5	6	7
Q (l/seg)	6,5	8	9,7	11,5	13,5	15,7	18
Pm (mm/hr)	11,13	12,26	13,38	14,43	15,53	16,7	17,75
Vertisuelo	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25	11,25
S. Calcico	19,23	19,23	19,23	19,23	19,23	19,23	19,23
F. Calcico	33,28	33,28	33,28	33,28	33,28	33,28	33,28

Figura 1. Relación pluviometría media y velocidad de infiltración en la primera hora de los suelos.

Los resultados de una evaluación de la calidad del riego realizada en un suelo Ferralitizado Cálcico en la UEB Manuel Fajardo para una franja de 60 m fueron considerados satisfactorios. La uniformidad de distribución fue de 68% para velocidades del viento de 2.7 m/s. Este resultado se clasifica como aceptable al incluirse como valor admisible para un rango de velocidad del viento de 2-3 m/s según lo informado por Keller & Bliesner, (1990).

Evaluaciones posteriores efectuadas en el mismo lugar permiten reafirmar que los valores de uniformidad de distribución (UD) se mantienen en un rango próximo a lo previsto, para magnitudes de velocidad del viento inferiores a los 3 m/s. Al analizar la relación entre la velocidad del equipo (V) y la uniformidad de distribución (UD), se observó que esta última tiende a disminuir al aumentar la velocidad (V), variando entre 56 y 67%, para una media de 61,3% (Figura 2), coincidente con lo informado por Silva *et al.* (2007) para cambios apreciables de velocidad con esta técnica de riego.

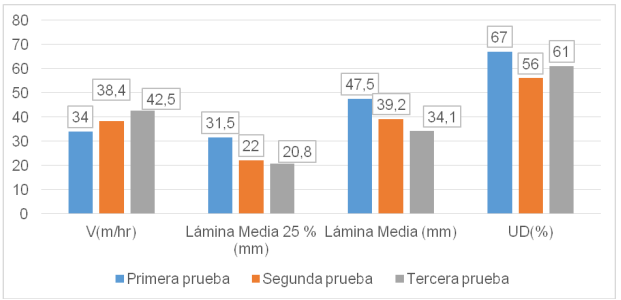


Figura 2. Uniformidad de distribución.

Tabla 1. Suelos y propiedades hidrofísicas*

Tipos de suelos	Lámina (mm)	V. Infiltración. 1a hora (mm/h)
Ferralitizados Calcicos	30-35	33,28
Sialitizados Calcicos	35-38	19,23
Vertisuelos	39-42	11,25

* Lamelas *et al.* (2014)

Los resultados de las pruebas evaluativas realizadas en la Unidad Empresarial Básica Fernando de Dios se muestran en las Figuras 3 y 4. Los valores de la uniformidad de distribución (UD) variaron entre 55-58% en la primera prueba (27 m/h) y entre 54-57% en la segunda (25 m/h). Estos resultados obtenidos en la uniformidad se diferencian a los reportados por Tarjuelo (2005) y Torres & Céspedes (2018) con valores de velocidad del viento ligeramente menores, los indicadores de uniformidad de distribución en las pruebas fueron bajos, debido a que se trabajó con velocidades de viento (VV) entre 4,8-5,7 m/s, en general no se observaron grandes diferencias entre los resultados de las dos pruebas, al no existir grandes variaciones entre las magnitudes medidas de velocidades del viento, aunque hubo una ligera ventaja cualitativa de la primera con relación a la segunda, por otra parte existen coincidencias con Jiménez & Montero (2013) y Rodríguez (1987), quienes plantearon una pobre uniformidad para estos equipos bajo determinadas condiciones y valores de viento, por lo que puede afirmarse que el cumplimiento estricto de una adecuada operación es necesaria para obtener buenos resultados en la uniformidad de distribución.

Rolland (1986), señaló que los resultados de pruebas realizadas a estos equipos muestran claramente que a mayor velocidad del viento, es más conviene reducir el espaciamiento, para evitar el aumento de la heterogeneidad en la distribución del agua. Por tanto, en la explotación de los enrolladores, hay que optar por una distancia entre franjas que corresponda a las condiciones de viento más probables en los períodos de riego críticos para los cultivos.

Las Figuras 5 y 6 muestran los valores de la eficiencia de aplicación (Ea), los mismos variaron entre 52-53% en la primera prueba y entre 51-52% en la segunda, aumentando poco con la reducción de la franja a humedecer en la primera y con un comportamiento inestable en la segunda. Estos resultados difieren a los obtenidos por Tarjuelo (2005) para valores de velocidad del viento inferiores, las causas son similares a las explicadas con relación a la uniformidad del riego, Luque (1979), señaló que la baja eficiencia en la operación constituye uno de los problemas más agudos que afecta a las cuencas regadas; representando este indicador una guía para conocer los problemas de manejo.

Las Figuras 7 y 8 expresan los valores de la eficiencia de descarga (Ed) en el mismo lugar, los que variaron entre 84-98% en la primera prueba y entre 87-98% en la segunda, con la tendencia a aumentar en la medida que la franja se reduce. Los resultados obtenidos reflejan pérdidas por evaporación y arrastre del viento en el orden de 2 a 16% y de 2 a 13% respectivamente, ligeramente por encima al rango de 5-10% reportado por Keller & Bliesner (1990), por otra parte Tarjuelo (2005) plantea que en condiciones severas de alta temperatura del aire, baja humedad relativa y alta velocidad del viento pueden ser mayores las pérdidas,

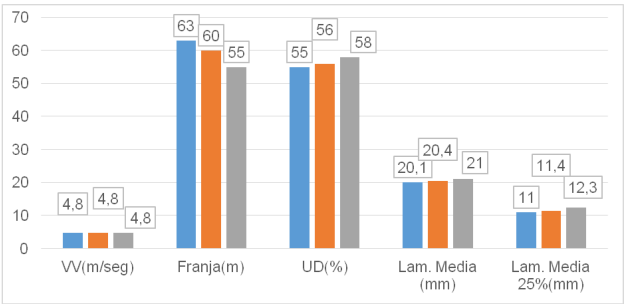


Figura 3. Pruebas 1. Uniformidad de distribución.

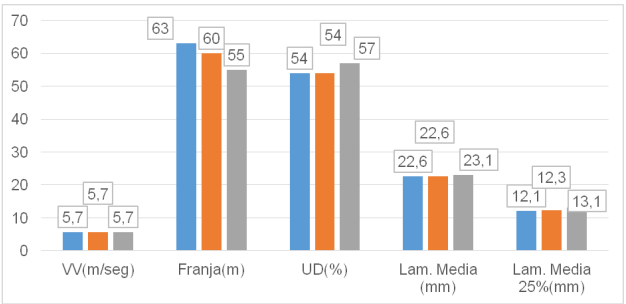


Figura 4. Pruebas 2. Uniformidad de distribución.

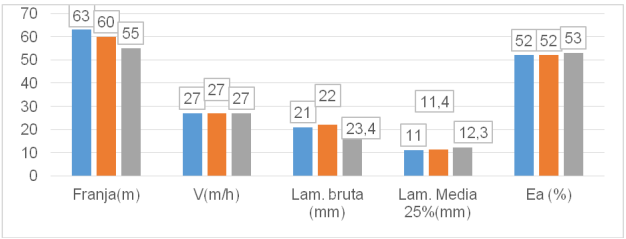


Figura 5. Pruebas 1. Eficiencia de aplicación.

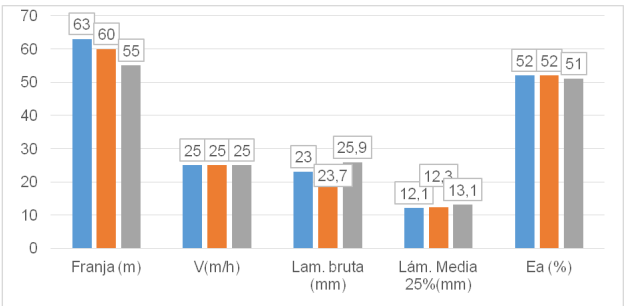


Figura 6. Pruebas 2. Eficiencia de aplicación.

en general no se observaron grandes diferencias entre las dos pruebas, al no obtenerse valores diferentes en extremo entre las magnitudes de velocidades del viento.

Entre los años de 2017 y 2018 fueron monitoreados los resultados obtenidos en el riego de la caña de azúcar con enrolladores en la Unidad Empresarial Básica Julio Antonio Mella en la provincia de Santiago de Cuba, en áreas de referencia de cuatro lugares. El costo operacional fue de

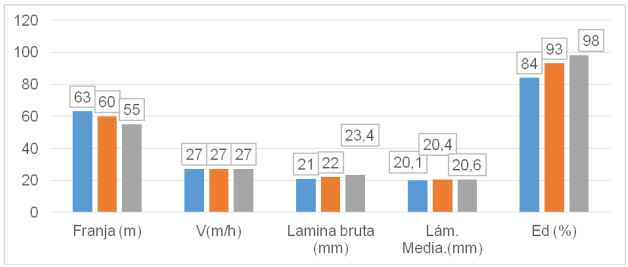


Figura 7. Pruebas 1. Eficiencia de descarga.

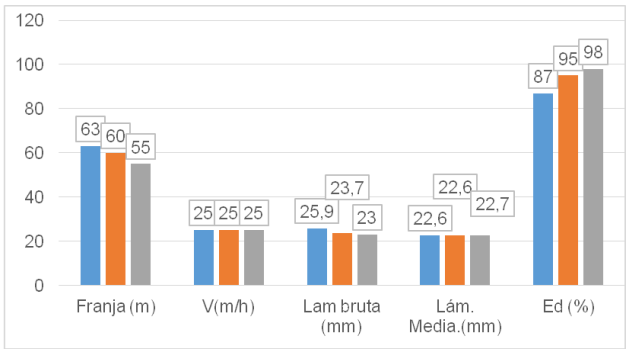


Figura 8. Pruebas 2. Eficiencia de descarga.

2086 CUP/ha como promedio. Las edades de corte variaron entre 13 y 14 meses, la media de los riegos fue 10, la lámina neta promedio fue de 260 mm, el rendimiento agrícola (Ren) osciló entre 84,5 y 89,9 t/ha, el incremento de rendimiento agrícola (IR) entre 30,6 y 36 t/ha, con respecto a un rendimiento potencial medio para cepas de soca en secano de 53,9 t/ha; el porciento de incremento (% Inc.) entre 36,2 y 40%. (Figura 9).

La Figura 10 ilustra el comportamiento durante la etapa 2017-2018 en la UEB Julio A. Mella de la relación entre el costo del incremento operacional por toneladas de caña producidas, el mismo varió entre 57.90 y 68.20 CUP/t (Costo incremento/ton). En la Figura 11 se observa el valor del ingreso por concepto del incremento de rendimiento (Valor incremento/ton), el que varió entre 4 481.40 y 5 272.20 CUP/ha, el saldo o efecto económico del riego fue positivo con un valor fluctuante entre de 2 395.40 y 3 186.20 CUP/ha. Estos resultados permiten señalar que estos equipos con una organización y disciplina en la operación determinan respuestas productivas en el cultivo de la caña de azúcar.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La influencia de las magnitudes de la velocidad del viento y la velocidad de movimiento sobre los enrolladores repercuten en los valores de la uniformidad del riego, variando la misma entre 55 y 70%. La eficiencia de aplicación varió entre 52 y 60% para franjas entre 52 y 63 m. Los valores de eficiencia de descarga estuvieron entre 2 y 16% debido a pérdidas por evaporación y arrastre del viento, siendo un rango ligeramente por encima de lo aceptado.

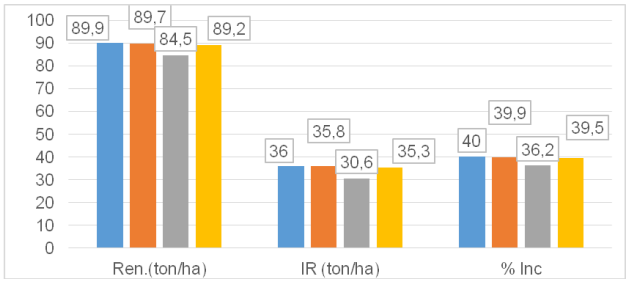


Figura 9. Rendimientos agrícolas de las áreas de referencia.

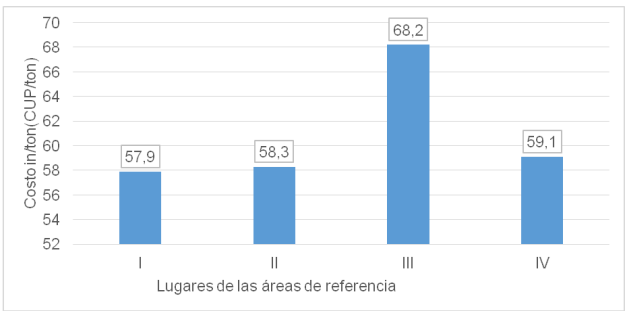


Figura 10. Costos de las áreas de referencia.

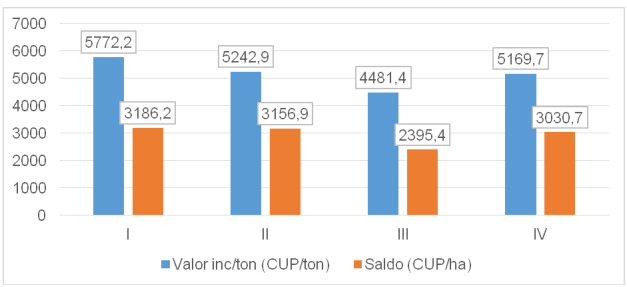


Figura 11. Efecto económico del riego.

- El ángulo del aspersor de 24º solicitado en la tarea técnica resulta apropiado para velocidades de viento inferiores a los 4 m/s, siendo recomendable utilizar aspersores con ángulos inferiores (20º o 21º) para lugares con magnitudes de viento superiores a los 4 m/s.
- En la evaluación económica de las áreas de referencia con enrolladores e incrementos de rendimiento entre 36,2 y 40%, se determinó que los costos por incremento de toneladas de caña producida por el efecto del riego variaron entre 57.90 y 68.20 CUP/t.
- Los resultados técnicos obtenidos demuestran que puede mejorarse la operación del riego con los enrolladores e incrementar los rendimientos de la caña de azúcar. Por lo que se recomienda utilizar los mismos en las normativas para la explotación de los enrolladores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ascanio, O., & Sulroca, F. (1986). Nuevo agrupamiento agrícola de los suelos cañeros de Cuba. *MINAZ. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). La Habana*, *Cuba.* 27pp.

AZCUBA. (2011). *Tarea Técnica para Sistemas de Riego por Aspersión con Enrolladores*. AZCUBA, La Habana, Cuba.

AZCUBA. (2014). *Tarea Técnica para Sistemas de Riego por Aspersión con Enrolladores*. AZCUBA, La Habana, Cuba.

AZCUBA. (2018). *Tarea Técnica para Sistemas de Riego por Aspersión con Enrolladores*. AZCUBA, La Habana, Cuba.

INICA. (2020). *INICA Informe de divulgación interna* (22pp.), Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), La Habana, Cuba.

Irrifrance. (2016). *Travelling Irrigator Field Layout Chart (hoja de cálculo Excel)*.

ISO 11545: (1994). *Agricultural irrigation Equipment-Centre-pivot and moving lateral irrigation machines with sprayer or sprinkler nozzles-Determination of water distribution*, Publisher: Vig.1994.

Jiménez, E. E. R., & Montero, S. L. (2013). Evaluación de la calidad de riego de máquinas de riego móviles (enrolladores). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, *22*(1), 50-54. ISSN: 1010-2760, e-ISSN: 2071-0054

Keller, J., & Bliesner, R. D. (1990). *Sprinkle and trickle irrigation*. AVI Book, Publisher: New York (USA) Van Nostrand Reinhold.

Lamelas, C., Roque, R., Arcia, J., & García, A. C. (2014). Las propiedades hidrofísicas y físicas en la actividad de riego y drenaje. *Cuba & Caña*, *2*, 23-29. ISSN: 1028-6527.

Luque, J. A. (1979). *Administración y manejo de sistemas y distritos de riego* (II Edición). Editorial Hemisferio Sur.

Rodríguez, A. (1987). *Evaluación de sistemas de riego presurizados (goteo y aspersión) en la región Lagunera*. PRONAPA, SARH, INIFAP, México.

Rolland, L. (1986). *Mecanización del riego por aspersión* (Estudio FAO Riego y Drenaje No 35, Número 631.587/R749). FAO, Roma, Italia.

Silva, L. L., Serralheiro, R., & Santos, N. (2007). Improving irrigation performance in hose-drawn traveller sprinkler systems. *Biosystems engineering*, *96*(1), 121-127, ISSN: 1537-5110.

Tarjuelo, J. M. (2005). *El riego por aspersión y su tecnología* (3ra. edición), Madrid, España.

Torres, A. & Céspedes R. L. (2018) Evaluación hidráulica del riego con enrolladores en el cultivo de la caña de azúcar (Saccharum officinarum L, *Redel. Revista Granmense de Desarrollo Local*, *2*(4), 72-80, ISSN: 2664-3065.

Carlos Lamelas-Felipe, Inv., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfonos: (537) 260 2571, (537) 262 4436-37. e-mail: carlos.lamela@inica.azcuba.cu

Salvador García-Guerra, Inv., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfonos: (537) 260 2571, (537) 262 4436-37. e-mail: carlos.lamela@inica.azcuba.cu

Manuel L. Vidal, Inv., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfonos: (537) 260 2571, (537) 262 4436-37. e-mail: carlos.lamela@inica.azcuba.cu

Jesús Fonseca-Arteaga, Inv., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfonos: (537) 260 2571, (537) 262 4436-37. e-mail: carlos.lamela@inica.azcuba.cu

Adrián Serrano-Gutiérrez, Inv., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfonos: (537) 260 2571, (537) 262 4436-37. e-mail: carlos.lamela@inica.azcuba.cu

Luis Álvarez-Guerra, Inv., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfonos: (537) 260 2571, (537) 262 4436-37. e-mail: carlos.lamela@inica.azcuba.cu

José A. Mesa-Jeréz, Inv., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfonos: (537) 260 2571, (537) 262 4436-37. e-mail: carlos.lamela@inica.azcuba.cu

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