

Artículo científico**RESPUESTA AGROINDUSTRIAL DE CULTIVARES DE CAÑA DE AZÚCAR EN CONDICIONES DE SEQUÍA**

Alejandro Hernández Rubiella, Lázaro Pardo Mora, Jaqueline Sotolongo Camero, Tania Casero Rodríguez, Arelis Rodríguez Martínez, Javier Delgado Padrón.

RESUMEN

En Cuba los procesos de sequía se hacen más frecuentes, intensos y extensos, tanto temporal como espacialmente. Cuando decrece el contenido de agua en la caña de azúcar los azúcares reductores se convierten en sacarosa, no obstante, la planta necesita de un nivel de humedad para poder subsistir; provocando el desfase de la madurez de las plantas con afectaciones en la parte agrícola como a la industrial. El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta agroindustrial de cultivares de caña de azúcar en condiciones de sequía. El estudio se desarrolló en el bloque experimental de la Unidad Empresarial de Base Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar Mayabeque, en suelo Ferralítico Rojo típico. El experimento se estableció en condiciones de secano, en bloques al azar con cuatro réplicas. Las parcelas estuvieron conformadas por 48 m², con 12 cultivares. Se evaluaron las variables toneladas de caña por hectárea, porcentaje de pol en caña y porcentaje de toneladas por hectáreas. Los resultados se procesaron mediante análisis de varianza y prueba de Tukey (p<0,05). Existen diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares en estudio en el rendimiento agrícola, se destacan 'C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C90-501', 'C92-325', 'C97-445' y 'C120-78'; mientras que en el rendimiento industrial 'C86-12', 'C86-156', 'C86-165', 'C87-51', 'C89-148', 'C89-176', 'C90-501', 'C92-325' y 'C1051-73'. Los de mejor comportamiento integralmente en las condiciones de sequía son 'C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C87-51', 'C90-501', 'C92-325' y 'C120-78'.

Palabras clave: rendimiento, sequía.

Agroindustrial response of sugarcane cultivars under drought conditions**ABSTRACT**

In Cuba, drought processes become more frequent, intense and extensive, both temporally and spatially. When the water content in sugarcane decreases, the reducing sugars become sucrose, however, the plant needs a level of humidity to be able to survive; causing the lag of the maturity of the plants with affectations in the agricultural part as well as in the industrial part. The objective of this work is to evaluate the agroindustrial response of sugarcane cultivars under drought conditions. The study was developing in the experimental block of the Mayabeque Sugarcane Research Institute Base Business Unit, in typical Red Ferralitic soil. The experiment was established under rainfed conditions, in randomized blocks with four

Ing. Alejandro Hernández Rubiella, <https://orcid.org/0000-0002-4624-1411>. Especialista del Departamento de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Km 1½ Carretera a la CUJAE, Boyeros, La Habana, Cuba. E-mail: javier.delgado@inica.azcuba.cu; alejandro.hernandez@inica.azcuba.cu

replicates. The plots were made up of 48 m², with 12 cultivars. The variables tons of cane per hectare, percentage of pol in cane and percentage of tons per hectare were evaluated. The results were processed by analysis of variance and Tukey's test ($p < 0.05$). There are statistically significant differences between the cultivars under study in agricultural yield, standing out 'C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C90-501', 'C92-325', 'C97-445' and 'C120-78'; while in the industrial 'C86-12', 'C86-156', 'C86-165', 'C87-51', 'C89-148', 'C89-176', 'C90-501', 'C92-325' and 'C1051-73'. The ones with the best overall performance in drought conditions are 'C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C87-51', 'C90-501', 'C92-325' y 'C120-78'.

Key words: water stress, yield.

INTRODUCCIÓN

Los estudios recientes de variabilidad e inestabilidad del clima en Cuba demuestran que los procesos de sequía se hacen más frecuentes, intensos y extensos tanto temporal como espacialmente (Planos *et al.*, 2013). La incidencia del cambio climático en la agricultura cubana está contemplada en la Tarea "Vida", Plan del Estado Cubano para su Enfrentamiento (CITMA, 2017).

La disminución de los acumulados de lluvias en el bimestre mayo-junio es una de las características más recurrentes de los eventos de sequía meteorológica más recientes en el país. Las principales causas de dicha situación están relacionadas con que, a partir de finales de la década del 70 del siglo XX los patrones de la circulación atmosférica más frecuentes sobre Cuba tienen una tendencia a la estabilidad y se aprecia un aumento de la influencia de las altas presiones, situación que se refleja en una disminución de las precipitaciones asociadas a los procesos sinópticos habituales de este período como son las vaguadas extendidas y hondonadas superficiales (Durán, 2017).

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) como cultivo también se encuentra afectada por el factor sequía, con una importancia mayor en los suelos Ferralíticos cálcicos (Hernández *et al.*, 2015) debido a su alto poder de infiltración y poca retención del agua. El contenido de humedad en los tallos durante el período de

maduración y cosecha es importante para asegurar una óptima concentración de azúcares (Lamela *et al.*, 2019).

Cuando decrece el contenido de agua en la caña de azúcar, la deshidratación conduce a la conversión de los azúcares reductores en sacarosa; no obstante, la planta necesita de un nivel de humedad para poder subsistir (CMPCF, 2016). Esta situación también provoca desfase en los ciclos de madurez en los cultivares produciendo afectaciones tanto a la parte agrícola como a la industrial (CMPCF, 2017). Por ello, es objetivo de este trabajo evaluar la respuesta agroindustrial de cultivares de caña de azúcar en condiciones de sequía.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el bloque experimental de la Unidad Empresarial de Base Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (UEB INICA) Mayabeque; ubicado en las coordenadas georeferenciadas latitud norte: 22° 47' 12'' y longitud oeste: 82° 23' 13'', en el municipio Quivicán, provincia Mayabeque, Cuba. En suelo Ferralítico Rojo típico, sobre material basal caliza dura saturado, con profundidad efectiva de 171 cm, medianamente humificado, poco erosionado, arcilla (caolinítica > 75 %) y sobre relieve llano (Hernández *et al.*, 2015).

El experimento se plantó en bloques al azar en octubre de 2015 en condiciones de secano con cuatro réplicas. Las parcelas estuvieron conformadas por cuatro surcos de 7,5 m de

largo y 1,6 m de ancho (48 m²); con 12 cultivares ('C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C86-165', 'C87-51', 'C89-148', 'C89-176', 'C90-501', 'C92-325', 'C97-445', 'C120-78' y 'C1051-73'). La cosecha se realizó en la cepa de caña planta en febrero de 2017, en soca en marzo de 2018 y en primer retoño en febrero de 2019; con 18, 13 y 12 meses de edad respectivamente.

El rendimiento agrícola (TCHA) se estimó por el método propuesto por Milanés (1978), mediante la expresión matemática:

$$TCHA = \left(\frac{nt}{2}\right)^4 \left(\frac{pm}{20}\right) \left(\frac{10}{48 - avp}\right)$$

Donde; nt: Número de tallos promedio de un surco.

pm: Peso de la muestra de 20 tallos.

avp: Área vacía de la parcela.

En la determinación del porcentaje de Pol en caña (PPC) se tomó una muestra de un metro de caña por cada parcela y se analizó en el laboratorio de la propia UEB según el "Manual de Métodos Analíticos" (Pérez y Fernández, 2006).

El polarímetro digital permitió una lectura directa, la cual permitió realizar el cálculo mediante de la fórmula: $PPC = n * p$

Donde n: Factor de la relación entre la masa de bagazo y el porcentaje de fibra.

p: Porcentaje de Pol en jugo.

En el cálculo del porcentaje de las toneladas de Pol por hectárea (TPHA) se relacionó el rendimiento agrícola (TCHA) y el industrial (PPC) a través de la fórmula:

$$TPHA = \frac{TCHA * PPC}{100}$$

Los valores de precipitaciones y la evaporación, fueron obtenidos de una estación del Instituto de Recursos Hidráulicos, ubicados a 500 m del bloque experimental (Tabla 1). Los valores de evaporación se convirtieron en evapotranspiración, según FAO (1992) multiplicándolos por el coeficiente K= 0,75; las cuales se reflejan en la Tabla 2.

Tabla 1. Valores de precipitaciones (Precp.) ocurridas en el período de estudio.

Años	Meses	Precip. (mm)	Años	Meses	Precip. (mm)	Años	Meses	Precip. (mm)
2015	Octubre	41,0	2016	Diciembre	11,5	2018	Febrero	21,0
2015	Noviembre	83,0	2017	Enero	65,5	2018	Marzo	39,0
2015	Diciembre	53,8	2017	Febrero	28,5	2018	Abril	43,0
2016	Enero	192,0	2017	Marzo	0	2018	Mayo	310,0
2016	Febrero	21,5	2017	Abril	142,0	2018	Junio	261,0
2016	Marzo	40,0	2017	Mayo	165,0	2018	Julio	213,0
2016	Abril	76,5	2017	Junio	386,0	2018	Agosto	208,0
2016	Mayo	109,0	2017	Julio	260,0	2018	Septiembre	254,0
2016	Junio	277,0	2017	Agosto	328,5	2018	Octubre	150,0
2016	Julio	189,0	2017	Septiembre	210,0	2018	Noviembre	169,0
2016	Agosto	429,0	2017	Octubre	151,0	2018	Diciembre	24,0
2016	Septiembre	295,0	2017	Noviembre	67,0	2019	Enero	94,0
2016	Octubre	37,0	2017	Diciembre	14,5	2019	Febrero	22,0
2016	Noviembre	0	2018	Enero	0			

Tabla 2. Valores de evapotranspiración (Etp) promedio mensual para la caña de azúcar durante una serie histórica de 30 años.

Meses	Etp	Meses	Etp	Meses	Etp	Meses	Etp
Enero	93,0	Abril	132,0	Julio	155,0	Octubre	120,9
Febrero	92,4	Mayo	161,2	Agosto	142,6	Noviembre	114,0
Marzo	117,8	Junio	168,0	Septiembre	126,0	Diciembre	111,6

Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple y las comparaciones de las medias se efectuó mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) con el paquete estadístico STATISTICA versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de las precipitaciones fue irregular en los meses y años de estudio (Figura

1). En algunos meses los acumulados no rebasaron los valores de evapotranspiración del cultivo de la caña de azúcar, por lo que se produjo un desbalance hídrico, lo cual conllevó a la sustitución de genotipos poco adaptados a estas condiciones y la plantación de cultivares tolerantes a este factor ambiental que muestran altos y estables rendimientos agroindustriales.

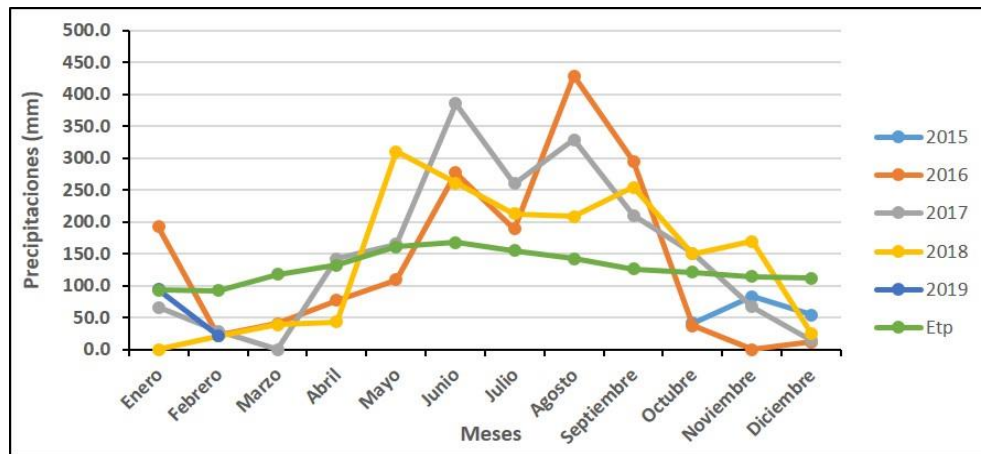


Figura 1. Comportamiento de las precipitaciones en el período estudiado y su relación con la evapotranspiración para la caña de azúcar.

Con referencia a lo anterior, Roque y Lamelas (2013) plantearon que en Cuba el comportamiento de la lluvia presenta variaciones según la época del año. El 32 % de las lluvias ocurre de noviembre a abril conocido como el período menos lluvioso o seco, mientras el 68 % ocurre de mayo a octubre.

Según Espinoza (2019), la precipitación promedio ideal para la caña de azúcar está entre

1200 a 1500 mm/año. Para producir 1 g de materia seca la planta utiliza entre 148 a 300 g de agua y su requerimiento varía según la etapa de desarrollo o ciclo vegetativo. En el periodo de crecimiento el cultivo requiere grandes cantidades de agua para producir mayor cantidad de biomasa, en el caso de existir deficiencia hídrica ocasiona disminución en el rendimiento; mientras que en la maduración

reduce su requerimiento hídrico, debido a que el almacenamiento de la sacarosa ocurre cuando detiene su crecimiento.

Existieron diferencias significativas entre los

cultivares en cuanto al promedio del rendimiento agrícola (Figura 2). Se destacan 'C86-12', 'C86-56', 'C90-501', 'C92-325' y 'C120-78' como las más productoras de caña.

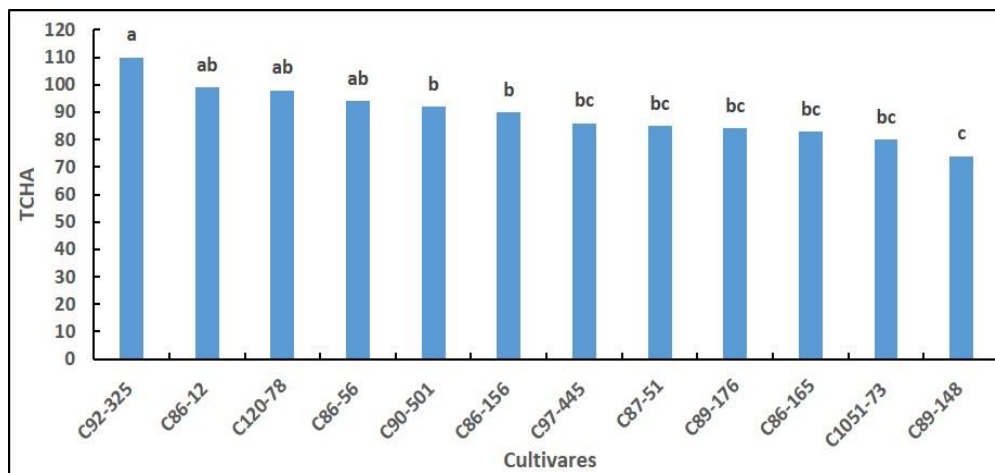


Figura 2. Rendimiento agrícola promedio de los cultivares evaluados. Letras desiguales difieren significativamente según prueba de Tukey ($p < 0,05$).

Cuando el suministro de agua no cubre las demandas de la caña de azúcar se produce un estrés hídrico que afecta el crecimiento del cultivo y por tanto su rendimiento agrícola. La respuesta de la planta depende del cultivar, magnitud del efecto y la época del año en que ocurre el déficit (Lamela *et al.*, 2019).

Según lo planteado por Mesa *et al.* (2011) y González (2019), los cultivares 'C86-12', 'C86-56', 'C86-165', 'C89-176', 'C89-148', 'C92-325' son tolerantes a la sequía; pero 'C89-148', 'C86-165' y 'C89-176', fueron los que mostraron menores rendimientos en este estudio.

Es de destacar que los cultivares 'C120-78' y 'C87-51' están recomendados para zonas con altos regímenes pluviométricos y para áreas con riego; sin embargo, en condiciones de secano se destacaron por su rendimiento agrícola.

En cuanto al rendimiento industrial los mejores resultados los presentan los cultivares 'C86-12' y 'C87-51' (Figura 3) y con un comportamiento

muy parecido a estos 'C86-156', 'C86-165', 'C89-148', 'C89-176', 'C90-501', 'C92-325' y 'C1051-73'. Por su parte, los cultivares 'C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C87-51', 'C90-501', 'C92-325' y 'C120-78' se destacaron en el rendimiento agroindustrial (Figura 4).

Los cultivares con mejores respuestas productivas fueron 'C86-12' y 'C92-325' al aportar las más altas producciones de caña y azúcar por unidad de superficie, como una alternativa para atenuar los efectos del cambio climático bajo estas condiciones. Se ratifica por estos resultados al cultivar 'C86-12', como el más expandido en Cuba y como muestra de la aceptación por los productores de caña (González, 2019).

Naidu *et al.* (2017) plantearon la necesidad de plantar los cultivares que produzcan más caña y posean mayor rendimiento de azúcar, de modo que se pueda practicar una programación varietal adecuada y efectiva para proporcionar

materia prima de calidad a las fábricas durante el período de zafra. Además, el estrés hídrico en la caña de azúcar produce alteraciones que afectan la expansión foliar y el desarrollo radicular, limitando la absorción de agua y nutrientes y la actividad

fotosintética; factores que restringen severamente el crecimiento. Por estos motivos, los cañaverales afectados por la sequía presentan mermas significativas en la producción de caña y azúcar por unidad de superficie (Digonzelli y Romero, 2017).

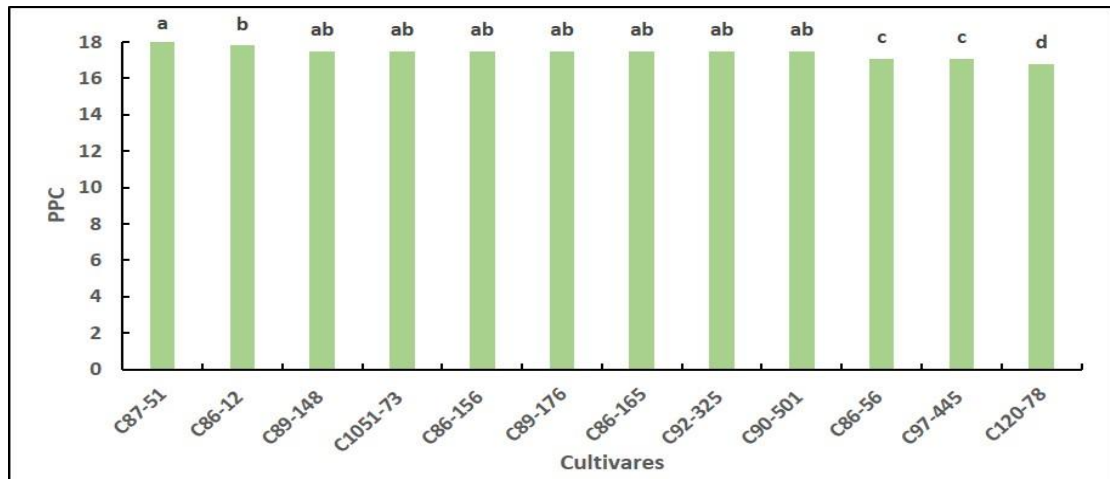


Figura 3. Rendimiento industrial promedio de los cultivares evaluados. Letras desiguales difieren significativamente según prueba de Tuckey ($p < 0,05$).

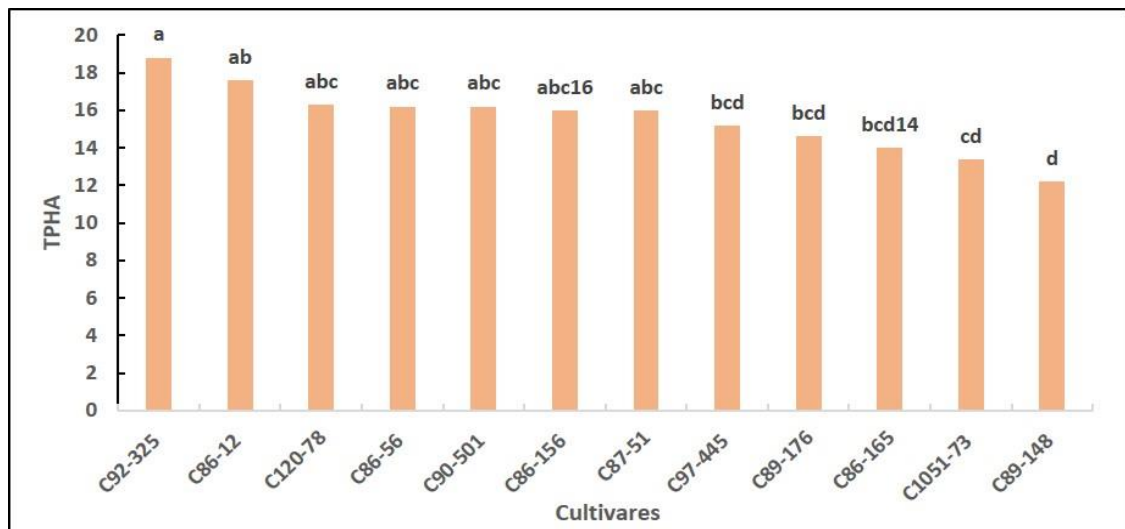


Figura 4. Rendimiento agroindustrial promedio de los cultivares evaluados. Letras desiguales difieren significativamente según prueba de Tuckey ($p < 0,05$).

En estudios realizados por Pozo y Suárez (2018) y Ramón (2021), los cultivares estudiados también se agruparon teniendo en cuenta los rendimientos agrícolas en condiciones de

secano. González *et al.* (2019) señalaron que los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar están condicionados por las interacciones

genotipo ambiente y los estados de estrés hídrico tienen gran influencia en este carácter.

CONCLUSIONES

Existen diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares en estudio en el rendimiento agrícola, se destacan 'C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C90-501', 'C92-325', 'C97-445' y 'C120-78'; mientras que en el rendimiento industrial 'C86-12', 'C86-156', 'C86-165', 'C87-51', 'C89-148', 'C89-176', 'C90-501', 'C92-325' y 'C1051-73'. Los de mejor comportamiento integralmente en las condiciones de sequía son 'C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C87-51', 'C90-501', 'C92-325' y 'C120-78'.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos (CMPCF). (2016). Informe de Fin de Campaña de la Estación Agrometeorológica de Aguada de Pasajeros. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos (CMPCF). (2017). Informe de Fin de Campaña de la Estación Agrometeorológica de Aguada de Pasajeros. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). (2017). Enfrentamiento al cambio climático en la República de Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Documento Rector. La Habana.
- Durán, I. (2017). Circulación atmosférica y días con lluvia durante eventos significativos de sequía en el occidente de Cuba. Revista Cubana de Meteorología, 23 (3): 349-362. ISSN: 2664- 0880.
- Digonzelli, P. y Romero, E. R. (2017). La caña de azúcar y la disponibilidad hídrica. Tucumán, EEAOC.
- Espinoza, F. (2019). Caña De Azúcar: Manual Técnico. Paraguay, Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria (IPTA).
- Food and Agriculture Organization (FAO). (1992). CropWat a computer program for irrigation planning a management. FAO Riego y Drenaje No. 46: 126.
- González, R. M. (2019). Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. Cronología, legislación, metodologías y conceptos relacionados. La Habana, ICIDCA.
- González, A. N.; Jorge, H.; Menéndez, A. y Vera, A. (2019). Nuevos cultivares de caña de azúcar para iniciar zafra en el ingenio Ofelina de Panamá. Biotecnología Vegetal, 19(3): 179 -191. ISSN: 1609- 1841.
- Hernández, A., Bosch, D.; Pérez J.M. y Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba (1^{ra} edición). La Habana, Cuba. INCA-IS. ISBN: 978- 959- 7023- 77- 7.
- Lamela, C.; García, S.; Fonseca, J.; González, R.M.; Pérez, J.R.; Vidal, M.L. y Álvarez, L. (2019). Variedades de caña de azúcar y el coeficiente de respuesta al agua. En: González, R.M. (ed.) Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. Cronología, legislación, metodologías y conceptos relacionados. La Habana, ICIDCA. 123- 131. ISBN: 978- 959- 7165- 58- 3.
- Mesa, J.M.; Santana, I. y Jorge. I.M. (2011). Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. PUBLINICA, La Habana.

- Milanés, N. (1978). Variabilidad de los criterios del rendimiento de la caña de azúcar. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de la Habana, La Habana.
- Naidu, P.; Khan, M. y Jokhan, A. (2017). Assessment of sugarcane varieties for their stability and yield potential in Fiji. *The South Pacific Journal of Natural and Applied Sciences*, 35(2): 20-32.
- Pérez, F. y Fernández, F. (2006). Métodos analíticos para azúcar crudo. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras, ICINAZ. MINAZ. Publicaciones azucareras. 37-81.
- Planos, E.; Rivero, R. y Guevara, V. (2013). Impacto del Cambio Climático y Medidas de Adaptación en Cuba. Instituto de Meteorología, Agencia de Medio Ambiente, CITMA: AMA.
- Pozo, V. y Suárez A. (2018). Comportamiento agronómico de ocho variedades de *Saccharum officinarum* L., caña soca años 1 y 2, en Río Verde, Provincia de Santa Elena. Trabajo de Diploma de Ingeniera Agropecuaria. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena.
- Ramón, P.K. (2021). Comportamiento agronómico de ocho variedades de (*Saccharum officinarum* L.), caña soca año 3, en Río Verde, provincia de Santa Elena. Trabajo de Diploma de Ingeniera Agropecuaria. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Santa Elena.
- Roque, R. y Lamelas, C.J. (2013). Riego y drenaje. En: Pérez, H.; Santana, I.; Rodríguez, I. (eds.). Manejo sostenible de tierras en la producción de caña de azúcar. La Habana, AZCUBA-INICA. ISBN: 978- 9942- 24- 031-6.

Fecha de recepción: 4 enero 2023

Fecha de aceptación: 28 marzo 2023

Agrotecnia de Cuba

ISSN impresa: 0568-3114

ISSN digital: 2414- 4673

<http://www.grupoagricoladecuba.gag.cu>

