

Agrisost | Vol. 26, No. 3, septiembre-diciembre 2020: 1-10

ISSN-e: 1025-0247

Tres nuevos clones promisorios de caña de azúcar de alta productividad agrícola e industrial

Yoslen Fernández Gálvez¹, Isabel Torres Varela², Joaquín Montalván Delgado³, Yusvel Hermida Baños⁴, Douglas Montes Alvarez⁵, Alfredo L. Rivera Lafferte⁶ & Yoslen Fernández Caraballo⁷

¹ ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7824-9215>, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey, Florida, Provincia Camagüey, Cuba, ² ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6394-1383>, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey, Florida, Provincia Camagüey, Cuba, ³ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2679-4633>, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey, Florida, Provincia Camagüey, Cuba, ⁴ ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3479-7313>, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Boyeros, Provincia La Habana, Cuba, ⁵ ORCID <https://orcid.org/0000-0001-8297-3559>, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), Boyeros, Provincia La Habana, Cuba, ⁶ ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5955-1163>, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey, Florida, Provincia Camagüey, Cuba, ⁷ ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1656-8034>, Departamento de Investigación e Innovación Tecnológica, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental Camagüey, Florida, Provincia Camagüey, Cuba.

Citación: Fernández Gálvez, Y. F. G., Torres Varela, I., Montalván Delgado, J., Hermida Baños, Y., Montes Alvarez, D., Rivera Lafferte, A., & Fernández Caraballo, Y. (2020). Tres nuevos clones promisorios de caña de azúcar de alta productividad agrícola e industrial. *Agrisost*, 26(3), 1-10. Recuperado a partir de <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/agrisost/article/view/e3338>

Recibido: 7 septiembre 2019

Aceptado: 19 diciembre 2019

Publicado: 21 diciembre 2020

Financiamiento:

Conflictos de interés: se llena por la revista de acuerdo a la Declaración de autoría y conflictos de interés

Correo electrónico: yoslen@eticacm.azcuba.cu

Resumen

Contexto: En la actualidad es necesario contar con cultivares de caña de azúcar con alto potencial agrícola e industrial a inicios de zafra que permita sustituir aquellos que con muchos años de explotación han disminuido su productividad y resistencia a las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo.

Objetivo: Evaluar el potencial agroindustrial de tres nuevos clones promisorios de caña de azúcar en condiciones de secano.

Métodos: Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cinco tratamientos y tres réplicas. Los tratamientos fueron tres clones promisorios (C13-369, C13-370 y C13-383) y dos cultivares comerciales (C86-12 y C1051-73) utilizados como testigos. Se evaluaron características agrobotánicas y el rendimiento agrícola, así como indicadores de calidad de los jugos a inicios de zafra (diciembre) con 12 meses de edad el cultivo en la cepa de caña planta.

Resultados: Los clones C13-383 y C13-370 superaron a los testigos al alcanzar rendimientos agrícolas superiores a las 195 t ha⁻¹ de caña molible y 30 t Pol ha⁻¹. El clon C13-369 mostró valores de rendimiento agrícola (164,48 t caña ha⁻¹) e industrial (25,53 t Pol ha⁻¹) similares al cultivar C86-12 y superiores al C1051-73.

Conclusiones: Los tres clones promisorios poseen un alto potencial genético para la producción de azúcar y reafirma su posible utilización como cultivares de madurez temprana para ser cosechados a inicios de zafra.

Palabras clave: calidad de los jugos, características agrobotánicas, madurez temprana, rendimiento.

Three new sugarcane promissory clones of high agricultural and industrial productivity

Abstract

Context: At the present time it is necessary to have sugarcane cultivars with high agricultural and industrial potential to beginnings of harvest that allows to substitute those with many years of exploitation that have diminished their productivity and resistance to the main pest and diseases that affect to the sugarcane crop.

Objective: To evaluate the agricultural and industrial potential of three new promissory clones of sugarcane.

Methods: The experimental design was a random blocks with five treatments and three replications. The treatments were three promissory clones (C13-369, C13-370 and C13-383) and two commercial cultivars (C86-12 and C1051-73) used as control. Agrobotanic characteristics and the agricultural yield, as well as indicators of quality of the juices to harvest beginnings (December) at 12 months crop age in the plant cane crop were evaluated.

Results: The C13-383 and C13-370 clones overcame the control when reaching agricultural yields superiors to 195 t ha⁻¹ of millable cane and 30 t Pol ha⁻¹. The C13-369 clone showed values of agricultural (164.48 t cane ha⁻¹) and industrial (25.53 t Pol ha⁻¹) yield similar when C86-12 cultivar and superiors to the C1051-73.

Conclusions: The three promissory clones possess a high genetic potential for the sugar production and it reaffirms their possible use like cultivars of early maturity to be harvested to beginnings harvest period.

Key words: quality of the juices, agrobotanic characteristics, early maturity, yield.

Introducción

La caña de azúcar es un cultivo versátil y uno de los más eficiente convertidores de energía solar en materia seca. Mundialmente se cultiva en aproximadamente 24,5 millones de hectáreas, con una producción anual de 1 850 toneladas que equivalen a un rendimiento promedio de 75,5 t ha⁻¹. Este cultivo es muy demandado por varios otros usos como forraje, fibra, biocombustible y cogeneración de energía (Mishra, 2019).

La mayor producción de caña de azúcar a nivel mundial en toneladas y área cosechada en hectáreas se observa en África seguido de América del Sur y Asia. Aun cuando más de 100 países intervienen en la oferta mundial de azúcar, la producción se concentra en unos países principales productores de este cultivo, entre estos se encuentran como principal Brasil, seguido por La India (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAOSTAT], 2016).

El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) en Cuba tiene como principal misión la obtención y recomendación de nuevas variedades de caña de azúcar de alta productividad agrícola e industrial, que sean resistentes a las principales plagas, enfermedades e insectos plagas que afectan al cultivo y que además se adapten a las principales condiciones edafoclimáticas (suelo-clima) de las principales áreas cañeras del país. Para esto cuenta con una red de estaciones experimentales en las que se desarrollan las diferentes etapas del esquema de selección, en las mismas se realiza un proceso riguroso de evaluaciones a miles de genotipos obtenidos a partir de la hibridación (cruzamientos) y la continuación de cada individuo a la etapa posterior depende de que cumpla con los requisitos

establecidos para su futura liberación a escala comercial. Por lo que la obtención de nuevas variedades de caña, que mejoren y garanticen la producción de forma sostenible a largo plazo requiere varios años de evaluaciones. En Cuba y en la mayoría de países del mundo este período oscila entre los 10 y 12 años (INICA, 2019).

Con el objetivo de acelerar el proceso de selección y recomendación de cultivares de caña de azúcar el Departamento de Mejoramiento Genético de la ETICA Centro Oriental Camagüey a partir del año 2013 se dió a la tarea de seleccionar en la etapa inicial de lote de posturas aquellos individuos que por sus características fenotípicas sobresalían en comparación con el resto de la población. Estos genotipos se le denominaron clones élites, los cuales se reprodujeron de manera acelerada en la siguiente etapa del esquema de selección de la caña de azúcar en Cuba (Lote clonal I). Para esto se plantaron de cada clon élite entre cinco y 10 plantones. En el momento de realizar la selección en esta etapa de Lote clonal I se consideraron todos los criterios establecidos en las Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba (Jorge, González, Casas & Jorge, 2011). Los clones que después de ser evaluados mantenían sus características sobresalientes del resto de la población fueron plantados en un área que se denominó Banco de Semilla Original de clones élites.

En la serie correspondiente al año 2013 fueron establecidos un total de 26 clones en Banco de Semilla Original de clones élites, los cuales fueron evaluados a partir de los mismos criterios vigentes para las etapas finales del esquema de selección (Jorge et al., 2011). Después de una rigurosa evaluación se descartaron 22 clones y se continuó estudio con cuatro genotipos. Uno de estos para el

uso diversificado en la alimentación animal por su alta producción de biomasa y regular contenido azucarero. Los restantes tres clones mostraron un buen comportamiento agrícola e industrial al manifestar alto contenido azucarero a inicios de zafra. Por lo que este trabajo tiene como objetivo evaluar el potencial agroindustrial de estos tres nuevos clones promisorios de caña de azúcar en condiciones de secano.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en áreas de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro Oriental Camagüey, ubicada en el municipio Florida, en las coordenadas geográficas: 21° 30' de Latitud Norte y los 78° 15' de Longitud Oeste, situada a los 57,47 m.s.n.m. El experimento de campo se plantó en un suelo Pardo con carbonatos según Hernández, Pérez, Bosch & Castro (2015).

Las variables climáticas se registraron en la Estación Agrometeorológica de Florida, ubicada a 300 m del experimento de campo. La humedad relativa durante el estudio se comportó con una media de 75,91 %, la temperatura máxima, mínima y promedio con valores medios de 31,9; 22,0 y 26,4 °C respectivamente. El total de precipitaciones fue de 1 302,7 mm con 137 días lluvia.

El experimento se estableció en un diseño de bloques al azar con cinco tratamientos y 3 réplicas. Los tratamientos evaluados fueron tres clones élites (C13-369, C13-370 y C13-383) y los cultivares comerciales C86-12 y C1051-73, utilizados como testigos. En el caso de los clones C13-369 y C13-370 fueron progenies obtenidas del cruce biparental entre los cultivares C86-12 x Mex66-1235 y el C13-383 se obtuvo del cruce C97-446 x Mex66-1235.

Cada unidad experimental estuvo conformada por 4 surcos a una distancia de plantación de 1,50 x 0,60 m respectivamente y 7,5 m de longitud, para un área de 45 m² por parcela. El estudio se plantó el 21 de diciembre de 2018 en condiciones de secano. Las labores agrotécnicas se realizaron según las normas establecidas para el cultivo (Santana et al., 2014).

Las evaluaciones se realizaron en la segunda quincena del mes de diciembre de 2019 a los 12 meses de edad de plantación. Las variables evaluadas fueron el número de tallos por metro lineal, longitud de los tallos, diámetro de los tallos, rendimiento agrícola expresado en toneladas de caña por hectárea (TCH) y los indicadores °Brix, Pol en jugo, pureza, fibra en caña, Pol en caña y toneladas de Pol por hectárea (TPH).

Los cálculos y mediciones fueron realizados de acuerdo con el método descrito por Martins & Landell (1995):

- ✓ Número de tallos por metro lineal: fueron estimados por el conteo de los dos surcos centrales de la parcela, contando solamente los tallos molibles.
- ✓ Longitud de los tallos: fueron medidos cinco tallos molibles por parcela, desde la base del tallo hasta el último *dewlap* visible. Para las mediciones se utilizó una cinta métrica de 5 m de longitud.
- ✓ Diámetro de los tallos: fueron medidos con la ayuda de un pie de rey en el tercio inferior de cinco tallos molibles.

A partir de estos datos fue posible estimar el rendimiento agrícola expresado en toneladas de caña por hectárea (TCH), utilizando la siguiente expresión matemática:

$$TCH = D^2 \times C \times H \times (0,007854/E)$$

Dónde:

D= Diámetro medio de tallos (cm); **C**= Número de tallos por metro lineal; **H**= Longitud media de tallos (cm); **E**= Distancia entre surcos (m), siendo 1,5 m el presente estudio.

El contenido de fibra en caña se determinó por el método de la prensa hidráulica y los restantes indicadores de calidad de los jugos evaluados se determinaron según las normas establecidas por la International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis [ICUMSA] (2011).

El procesamiento estadístico se realizó con el uso del paquete STATGRAPHICS Centurion para Windows, Version 15.1. (2006). Se realizaron análisis de varianza de clasificación simple donde se compararon las medias de las variables evaluadas mediante la prueba F. En los casos donde se observaron diferencias estadísticamente significativas se procedió a la realización de la prueba de Tukey ($p < 0.05$) para establecer las diferencias entre medias.

Resultados y discusión

Las características morfológicas pueden variar ampliamente entre cultivares de la misma especie (Casler, Vogel, Taliaferro & Wynia, 2004), por lo que se torna importante la comprensión de los componentes de crecimiento y productividad para la selección de cultivares existentes (Nyadanu & Dikera, 2014). Las plantas en condiciones adecuadas para su desarrollo, con humedad y temperatura ideal,

consiguen expresar todo su potencial genético, pudiendo diferir entre cultivares (Almeida et al., 2008; Silva, Jifon, Silva, Dos Santos & Sharma, 2014; Santos, Oliveira, Sousa, Silva & Sarmiento, 2014). Por tanto, criterios morfológicos y productivos pueden facilitar bastante a los mejoradores, en la selección y recomendación de cultivares promisorios (Maia Júnior et al., 2018).

En Cuba por su condición insular las precipitaciones y las temperaturas son las variables que mayor influencia tienen en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar (Ramírez-González, Rodríguez-Moreira, Ramírez-González & Barcia-Sardiñas, 2019). El comportamiento de estas variables climáticas es de gran importancia para poder interpretar los resultados obtenidos por los genotipos evaluados durante el desarrollo de este estudio. En la Fig. 1 se puede apreciar la temperatura mensual en todas sus variantes y las precipitaciones durante el ciclo vegetativo.

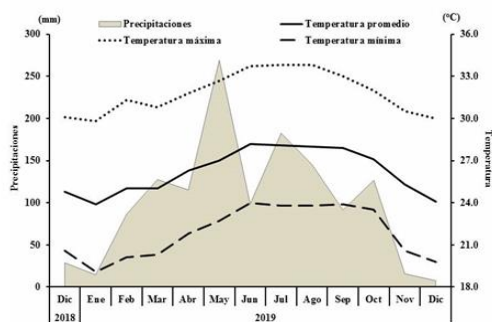


Fig. 1. Medias mensuales de temperatura y precipitaciones durante el estudio.

En los dos primeros meses que coinciden con la etapa de brotación (30-60 días), a pesar de no registrarse una elevada pluviometría para lograr una buena humedad del suelo, es preciso aclarar que las precipitaciones ocurrieron de manera bien distribuida, con ocho y seis días con lluvia, respectivamente. Por tanto, el suelo contenía la humedad mínima necesaria para que se produjera de manera satisfactoria el proceso. La temperatura promedio fue de 24,6 °C, esta se encuentra dentro del rango (20-32 °C) en el cual no se afecta la brotación del cultivo. En la etapa de ahijamiento (61-120 días) se produjo un registro de precipitaciones (242,9 mm) y días con lluvia (22), así como temperaturas medias entre 25 y 26,3 °C que propiciaron condiciones favorables a los genotipos para mostrar su potencial para esta importante característica agrobotánica. Posterior a esta fase vegetativa ocurrió el período de auge o máximo crecimiento del cultivo (121-270 días), donde las condiciones climáticas fueron muy favorables. En esta se produjeron un total de 787,4 mm de precipitaciones distribuidas en 76 días con lluvia y la temperatura promedio osciló entre 27 y 28,2 °C, con

una máxima promedio de 33,4 °C. En la fase de maduración del cultivo (271-360 días) se produjeron un total de 150,2 mm de precipitaciones con 21 días con lluvia, el 84,42 % de las mismas se produjo en el mes de octubre. Durante este período la temperatura promedio fue de 25,5 °C con una mínima promedio de 21,3 °C. El bajo régimen pluviométrico, principalmente en los dos últimos meses, y la disminución de las temperaturas propiciaron condiciones favorables en el proceso madurativo de los genotipos en estudio.

En la Tabla 1 se pueden apreciar los resultados obtenidos del análisis de varianza para los cultivares estudiados en la cepa de caña planta a los 12 meses de edad de plantación. Como se observa existen diferencias estadísticamente significativas entre cultivares para las cuatro variables evaluadas. Comportamiento que coincide con lo publicado por Santana et al. (2017) al señalar que estas características agrobotánicas son inherentes a cada genotipo en particular, siendo su expresión influenciada por el clima y por las prácticas culturales.

En la longitud del tallo se destaca el clon élite C13-383 y el cultivar comercial C86-12 al mostrar los mayores valores medios en el estudio, los cuales difieren estadísticamente de los restantes estudiados. El menor valor lo manifestó el cultivar testigo C1051-73. Los valores obtenidos en el estudio superan los 270 cm, con un crecimiento promedio por mes entre 22,61 y 29,08 cm. Valores que demuestran el buen desarrollo de los genotipos, los cuales fueron favorecidos por las condiciones climáticas que prevalecieron durante todas las fases vegetativas del cultivo (Fig. 1).

Tabla 1. Comportamiento de las características agrobotánicas evaluadas en el estudio.

Cultivares	LT (cm)	DT (cm)	Población (Tallos m ⁻¹)	TCH (t ha ⁻¹)
C13-369	295,00 ^{bc}	3,17 ^a	10,61 ^c	164,48 ^{bc}
C13-370	297,33 ^b	3,23 ^a	12,11 ^b	196,62 ^{ab}
C13-383	349,00 ^a	2,98 ^{ab}	14,52 ^a	235,46 ^a
C86-12	324,67 ^a	2,95 ^{ab}	11,37 ^{bc}	168,38 ^b
C1051-73	271,33 ^c	2,69 ^b	11,97 ^{bc}	123,48 ^c
Sig.	***	**	***	***
X̄	307,47	3,00	12,11	177,69
E.E	7,45	0,05	0,05	10,57

LT: Longitud del tallo. DT: Diámetro del tallo. TCH: Toneladas de Caña por hectárea.

Nota: Medias con letras diferentes en una misma columna difieren significativamente, según: (ANOVA, Tukey, significativo *** $p < 0.001$, ** $p < 0.01$).

Resultados similares fueron obtenidos en Ecuador por Ramón (2011) al evaluar tres cultivares de caña de azúcar obtenidos en Cuba en comparación con la variedad Cristalina. Este autor alcanzó valores de longitud del tallo entre 279 y 360 cm. También Santana et al. (2017) alcanzaron valores entre 220,1 y 327,6 cm en un estudio de seis cultivares de caña de azúcar en Brasil. En ambos estudios, realizados por los autores anteriormente citados, el cultivo se estableció en condiciones de riego.

Resultados inferiores a los obtenidos en este estudio fueron publicados por Arreola-Enríquez et al. (2019) al evaluar 12 cultivares de caña de azúcar en México y alcanzar valores entre 212,6 y 284,3 cm y por Tesche, Raghianti, de Pauli & Marques (2014) en Brasil, donde los cultivares de caña de azúcar alcanzaron valores entre 190,33 y 241,67 cm.

Los resultados alcanzados por los clones promisorios son de gran importancia si se considera lo publicado por Zhou, Singels & Savage (2003) y Capone, Lui, Silva, Dias, & Melo (2011) que este carácter es fundamental para el desarrollo del cultivo, que ocurre, principalmente, en función de las características genéticas del material, y puede servir como base en la caracterización y selección de cultivares promisorios.

Barbosa, Prado, Vale, Avalhães & Fonseca (2012) señalaron que existe correlación positiva entre la longitud del tallo y la productividad, o sea, cultivares con mayor altura tendrían una tendencia de mayor masa por tallo, consecuentemente, mayor productividad. También dos Reis et al. (2019) obtuvieron correlaciones positivas con el rendimiento de biomasa verde ($r=0,80$) y seca ($r=0,78$), lo cual evidencia la gran importancia de esta característica morfológica en los aspectos productivos de los cultivares.

Con relación al diámetro del tallo los clones élites C13-369 y C13-370 mostraron los mayores valores medios, los cuales superan los 3 cm de grosor. Estos resultados no difieren estadísticamente con respecto al clon C13-383 y cultivar comercial C86-12, pero sí con respecto al C1051-73 que alcanzó los menores valores del estudio.

Resultados similares fueron obtenidos por Ramón (2011) y Arreola-Enríquez et al. (2019) al obtener valores medios que oscilaron entre 2,8 y 3,6 cm. Por el contrario Tesche et al. (2014) y Santana et al. (2017) alcanzaron valores medios entre 2,31 y 2,68 cm, inferiores a los de este estudio.

De Souza et al. (2011) y Tesche et al. (2014) publicaron que las diferencias en este importante carácter se deben principalmente a los factores genéticos intrínsecos que tiene cada cultivar. Además señalan su importancia por las correlaciones positivas que tiene con el peso de los tallos. Lo que sugiere que este pueda ser un buen parámetro en el mejoramiento del cultivo.

El clon C13-383 mostró el mayor número de tallos por metro lineal en el estudio. Resultado que difiere estadísticamente con respecto a los restantes genotipos. El clon C13-369 manifestó el menor valor de esta variable, aunque es preciso señalar que en el cultivo de la caña de azúcar existe una tendencia a que los genotipos de mayor diámetro del tallo son los de menor ahijamiento. Al respecto, de Oliveira et al. (2007) y Maia Júnior et al. (2018) obtuvieron correlaciones negativas significativas entre el número de tallos y el diámetro. En el caso de este clon, coincide con lo señalado anteriormente, al alcanzar un grosor superior a los 3 cm, valor definido como grueso.

Los valores medios obtenidos en el estudio son similares a los publicados por Ramón (2011); Tesche et al. (2014); Santana et al. (2017) y Arreola-Enríquez et al. (2019) que obtuvieron un número de tallos que osciló entre 9 y 14 por m lineal.

De forma particular los tres clones promisorios manifestaron un valor medio de 12,41 tallos por m lineal, resultados de gran importancia práctica si se considera que esta característica agrobotánica es uno de los componentes con mayor influencia en el rendimiento de este cultivo (Rincón, 2005; Baracat-Neto, Scarpate, Arađjo & Scarpate-Filho, 2017).

El clon C13-383 alcanzó el mayor valor medio de rendimiento agrícola en el estudio. Resultado que difiere estadísticamente de los restantes genotipos evaluados, con la excepción del clon C13-370. El cultivar C1051-73 alcanzó la menor productividad agrícola. Es preciso aclarar que la productividad promedio alcanzada en el estudio ($177,69 \text{ t ha}^{-1}$) fue elevada, la cual se puede atribuir en gran medida al buen manejo del cultivo desde la preparación de suelo hasta la cosecha, donde las condiciones climáticas favorecieron a los genotipos para expresar su potencial genético. Estos resultados superan los rendimientos agrícolas medios del cultivo en Cuba (40 t ha^{-1}) y en el mundo ($75,50 \text{ t ha}^{-1}$).

De manera particular los tres clones promisorios manifestaron una alta productividad agrícola con un valor medio de $198,85 \text{ t ha}^{-1}$, donde se destaca el C13-383 por su excelente brotación, gran ahijamiento y buen desarrollo en cada una de las fases vegetativas. Estos resultados corroboran lo publicado por Rincón (2005); Milanés et al. (2013) y Baracat-

Neto et al. (2017) que entre los factores que definen el rendimiento agrícola de la caña de azúcar se encuentran el cultivar, edad, tipo de cepa, condiciones edafoclimáticas y manejo de la plantación.

Resultados inferiores a los obtenidos en este estudio fueron publicados por de Castro, Andrade, Botrel & Evangelista (2009); Ramón (2011); Benett et al. (2013); Tesche et al. (2014); Pereira et al. (2017); Santana et al. (2017); Arreola-Enríquez et al. (2019) y Cervantes-Preciado, Milanés-Ramos & Castillo (2019) al obtener valores medios de rendimiento agrícola en sus respectivos estudios entre 95,70 y 141,07 t ha⁻¹. Una productividad superior fue publicada por Camus et al. (2019) en Perú donde alcanzaron un valor medio de rendimiento agrícola de 189,94 t ha⁻¹ en 12 cultivares de caña de azúcar, pero cosechados a una mayor edad (18,5 meses) que la de este estudio.

Con relación a los indicadores de calidad de los jugos se puede apreciar en la Tabla 2 que existen diferencias estadísticamente significativas entre cultivares.

Tabla 2. Comportamiento de los indicadores de calidad de los jugos evaluados en el estudio.

Cultivar	°Brix	PJ	Purez a (%)	Fibra (%)	PC (%)	TPH (t ha ⁻¹)
C13-369	20,53 ^b	17,78 ^b	86,57 ^c	12,72 ^b	15,51 ^b	25,53 ^{bc}
C13-370	20,67 ^{ab}	18,77 ^a	90,84 ^a	14,18 ^a	16,11 ^a	31,67 ^{ab}
C13-383	20,53 ^b	18,51 ^a	90,16 ^a	12,36 ^b	16,23 ^a	38,18 ^a
C86-12	20,90 ^a	18,71 ^a	89,52 ^b	12,70 ^b	16,24 ^a	27,50 ^b
C1051-73	20,80 ^{ab}	18,81 ^a	90,42 ^a	13,66 ^a	16,33 ^a	20,05 ^c
Sig.	*	***	***	***	**	***
X̄	20,69	18,52	89,50	13,13	16,08	28,59
E.E	0,04	0,10	0,41	0,19	0,08	1,72

PJ: Pol en jugo. **PC:** Pol en caña. **TPH:** Toneladas de Pol por hectárea.

Nota: Medias con letras diferentes en una misma columna difieren significativamente, según: (ANOVA, Tukey, significativo *** p <0.001, ** p <0.01, * p <0.05).

El cultivar comercial C1051-73 alcanzó el mayor valor medio de Brix, resultado que con la excepción del C86-12 y clon C13-370 difiere estadísticamente de los dos restantes genotipos en estudio. Los clones promisorios entre ellos no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

Los valores de °Brix obtenidos en el estudio se encuentran dentro de los rangos publicados por Ramírez, Insuasty & Viveros (2014), los que indicaron que los grados Brix de los jugos normalmente deben fluctuar entre 16 y 24. También Cobeña & Loor (2016) informaron que la concentración de los sólidos solubles en el jugo de la planta madura de caña de azúcar que ingresa a fábrica puede variar en épocas secas de 19-22 °Brix. De acuerdo con Rodrigues & Santos (2011), cuando la caña de azúcar comienza a madurar, existe una estrecha relación entre el porcentaje de sólidos solubles y el contenido de sacarosa aparente en la solución, y esta es considerada madura con un Brix mínimo de 18°, entre otros factores. Por tanto, se evidencia que los tres clones promisorios manifiestan madurez a inicios de zafra, característica de gran importancia en el país por la necesidad de contar con genotipos de alta productividad y contenido azucarero que permitan ser utilizados en la programación de cosechas para iniciar zafra.

Inferiores resultados a los obtenidos en este estudio fueron publicados por Ramón (2011) con tres cultivares de caña de azúcar de origen cubano y la variedad Cristalina. Este autor obtuvo valores entre 16,15 y 18,74 °Brix. También Vera-Espinosa et al. (2016) publicaron valores entre 15,94 y 19,51, inferiores a los de esta investigación. Cobeña & Loor (2016) informaron 18,66 y 21,9 °Brix en 12 cultivares, valores similares a los obtenidos en esta investigación.

El clon C13-369 mostró el menor valor medio de Pol en jugo, resultado que difiere estadísticamente de los restantes genotipos en estudio. Según Checa (2010) los valores obtenidos en el estudio se clasifican según los parámetros para determinación de la calidad de la caña como de excelente, con la excepción del clon C13-369 que obtiene la categoría de buena al no superar la cifra de 18 g/100g de caña.

En la pureza el clon C13-370 mostró los mayores valores medios, resultado que no difiere estadísticamente con relación al C13-383 y C1051-73, pero sí con los restantes genotipos en estudio. El clon C13-369 alcanzó el menor valor medio de pureza. Según Rein (2012) en una caña de buena calidad, limpia y fresca, la pureza del jugo se encuentra alrededor de 90 %. Fernández, Trigo & Fernández (2015) señalan que el porcentaje de pureza ayuda en la determinación de la época de madurez de la caña de azúcar y se encuentra apto en el rango por encima de 75 %. Por tanto, se puede afirmar que los clones promisorios C13-370 y C13-383 se clasifican como genotipos de madurez temprana, al mostrar valores muy similares al cultivar C1051-73. En el caso del clon C13-369 se podría categorizar como genotipo de madurez temprana a media, similar al C86-12, el cual mediante la hibridación fue el progenitor femenino utilizado en el cruce (C86-12 x

Mex66-1235) que le dió origen a este genotipo y al clon C13-370.

El clon C13-370 y el cultivar comercial C1051-73 mostraron los mayores valores medios de porcentaje de fibra en caña. Resultados que difieren estadísticamente de los tres restantes genotipos en estudio. El clon C13-383 resultó ser el de menor contenido de fibra. Los valores obtenidos en el estudio se encuentran dentro del rango de referencia de 11 a 18 % para cañas limpias publicado por Rein (2012). Larrahondo (1995) indica que el 12 % de fibra es un contenido ideal para el trabajo de los ingenios, internacionalmente se acepta el valor de 12,5 % en el tallo molible. También Santana et al. (2017) señalan que el contenido de fibra en la caña depende del cultivar, el clima (precipitaciones y temperatura), el suelo (humedad y fertilidad), la edad y ciclo de cosecha. Por su parte Dias, Corsato, Santos & Santos (2012) comentaron que la fluctuación en el contenido de fibra entre cultivares es una característica genética y que los genotipos con alto contenido azucarero, son los de menores contenido de fibra.

Valores similares a los obtenidos en el estudio fueron publicados por Abreu, Silva, Teodoro, Holanda & Sampaio (2013) y Silva, Arantes, Rhein, Gava & Kolln (2014). Por su parte Fernández et al. (2015) informó un valor medio superior a los 14,5 % de contenido de fibra, el cual supera la media obtenida en esta investigación.

El porcentaje de sacarosa en caña (Pol) es sin duda la variable de mayor importancia e interés puesto que, cuanto mayor es su valor al momento de la cosecha, aunado al rendimiento de campo y eficiencia de fábrica, mayor es la cantidad de azúcar obtenida (Cervantes-Preciado et al., 2019). El clon C13-369 alcanzó el menor valor medio de este indicador en el estudio. Resultado que difiere estadísticamente de los restantes genotipos. Sin embargo, al considerar los parámetros para la determinación de la calidad de la caña (Checa, 2010) este valor (>15 %) se puede clasificar de excelente.

Resultados similares a los obtenidos en este estudio fueron publicados por Vizcaíno & Flores (2007); Carrillo-Ávila, Vera-Espinosa, Alamilla-Magaña, Obrador-Olán & Aceves-Navarro (2008) y Cervantes-Preciado et al. (2019) con valores entre 14 y 17 % de Pol en caña. Por otra parte, Ramón (2011); Arreola-Enríquez et al. (2019) y Camus et al. (2019) alcanzaron valores promedios entre 11,66 y 15,79 % de Pol en caña, los cuales son inferiores a los obtenidos en esta investigación.

El clon C13-383 alcanzó el mayor valor medio de TPH (sacarosa por hectárea), el cual no difiere estadísticamente del clon C13-370, pero sí con

respecto a los restantes genotipos en estudio. El cultivar comercial C1051-73, a pesar de alcanzar los mayores valores de porcentaje de Pol en caña mostró el menor valor de este indicador. Resultado que evidencia la importancia del rendimiento agrícola en el cultivo. Al respecto Camus (2019) señaló que se le debe conferir mayor importancia a la productividad en caña de azúcar que al contenido de sacarosa, por la relación directa que tiene con el total de azúcar a obtener por unidad de superficie.

Resultados inferiores a los obtenidos en esta investigación fueron publicados por Ramón (2011); Arreola-Enríquez et al. (2019) y Camus et al. (2019) al obtener valores medios que oscilaron entre 9,86 y 23,67 t Pol ha⁻¹. Lo que demuestra el alto potencial agroindustrial de los nuevos clones promisorios y de los cultivares utilizados como testigos en el estudio.

Conclusiones

Los tres clones promisorios de caña de azúcar se caracterizaron por alcanzar una elevada productividad agrícola y un alto contenido azucarero similar e incluso superior a los testigos C86-12 y C1051-73. Resultados que demuestran su alto potencial genético para la producción de azúcar y reafirma su posible utilización como cultivares de madurez temprana para ser cosechados a inicios de zafra.

Contribución de los autores

Yoslen Fernández Gálvez: planeación de la investigación, montaje en la plantilla, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Isabel Torres Varela: planeación de la investigación, montaje y evaluación del experimento, análisis de resultados, revisión final.

Joaquín Montalván Delgado: montaje y evaluación del experimento, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Yusvel Hermida Baños: montaje y evaluación del experimento, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Héctor García Pérez: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

José M. Mesa López: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Conflictos de interés

No existe ningún conflicto de interés declarado por los autores.

Referencias

- Abreu, M. L., Silva, M. A., Teodoro, I., Holanda, L. A. & Sampaio Neto, G. D. (2013). Growth and productivity of sugarcane varieties as affected by water availability in the Coastal Tablelands of the Alagoas State, Brazil. *Bragantia*, 72(3), 262-270, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2013.028>
- Almeida, A. C. dos S., Souza, J. L., Teodoro, I., Barbosa, G. V. S., Filho, G. M., & Ferreira Júnior, R. A. (2008). Desenvolvimento vegetativo e produção de variedades de cana-de-açúcar em relação à disponibilidade hídrica e unidades térmicas. *Ciênc. agrotec., Lavras*, 32 (5), 1441-1448, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000500013>
- Arreola-Enríquez, J., Saucedo-Novelo, E. C., Carrillo-Ávila, E., Obrador-Olan, J. J., Valdez-Balero, A., Leyva-Trinidad, D. A. (2019). Evaluación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) introducidas al estado de Quintana Roo, México. *Agroproductividad*, 12 (7), doi: <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1473>
- Baracat-Neto, J., Scarpore, F. V., & Araôjo, R. B., & Scarpore-Filho, J. A. (2017). Initial development and yield in sugarcane from different propagules. *Pesqui. Agropecu. Trop.*, 47(3), 273-278. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-40632016v47i44472>
- Barbosa, M. P., Prado, R. M., Vale, D. W., Avalhães, C. C., & Fonseca, I. M. (2012). *Avaliação no crescimento da soqueira de cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada*. – Brazil: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal – Agronomia.
- Benett, C. G. S., Buzetti, S., Silva, K. S., Teixeira Filho, M. C. M., Costa, N. R., Maeda, A. S., & Andreotti, M. (2013). Acúmulo de nutrientes no colmo de cana-de-açúcar em função de fontes e doses de manganês *Semina. Ciências Agrárias*, 34 (3), 1077-1088, doi: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n3p1077>
- Camus, D. O. (2019). *Evaluación de doce variedades de caña de azúcar en la zona alta del Valle Chicama por tres cortes consecutivos planta, soca uno y soca dos, 2018*. (Tesis de maestría publicada), Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú. Recuperado el 20 de abril de 2020, de: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14352/Camus%20Davila%20Odar.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Capone, A., Lui, J. J., Silva, T. R., Dias, M. A. R., & Melo, A. V. (2011). Avaliação do comportamento de quinze cultivares de cana-de-açúcar na Região Sul do Tocantins. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2 (3), 72-80, doi: <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v2n3.capone>
- Carrillo-Ávila, E., Vera-Espinosa, J., Alamilla-Magaña, J.C., Obrador-Olán, J. J., & Aceves-Navarro, E. (2008). *Cómo aumentar el rendimiento de la caña de azúcar en Campeche*. [Folleto técnico]. México: Colegio de Postgraduados Campus Campeche. Fondo mixto CANACYT-Gobierno de estado de Campeche.
- Casler, M. D., Vogel, K. P., Taliaferro, C. M., & Wynia, R. L. (2004). Latitudinal adaptation of switch grass populations. *Crop Science*, 44 (1), 293-303. Recuperado el 15 de enero de 2019, de: <https://naldc.nal.usda.gov/download/13063/PDF>
- Cervantes-Preciado, J. F., Milanés-Ramos, N. & Castillo, M. A. (2019). Evaluación de 11 híbridos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en la región central de Veracruz, México. *Agroproductividad*, 12 (3), 69-73, doi: <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1085>
- Checa Ramírez, A. E. (2010). *Validación del método de la prensa hidráulica para determinar la calidad de la caña que ingresa al Ingenio Azucarero del Norte*. (Tesis de Ingeniería Química publicada), Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Recuperado el 18 de febrero de 2020, de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2223/1/CD-3011.pdf>
- Cobeña, J. J., & Loor, I. F. (2016). *Caracterización físico-química del jugo de cinco variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum) en la hacienda El Jardín*. (Tesis de Ingeniería Agroindustrial), Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Manabí, Ecuador. Recuperado el 18 de febrero de 2020, de: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/264/1/TAI105.pdf>
- De Castro, H. S., Andrade, L. A., Botrel, E. P & Evangelista, A. R. (2009). Rendimentos agrícolas e forrageiros de três cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) em diferentes épocas de corte. *Ciência e Agrotecnologia*, 33 (5), 1336, doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000500020>
- De Oliveira, R. A., Daros, E., Zambon, J. L. C., Weber, H., Ido, O. T., Bessalhoc-Filho, J. C.,... da Silva, D. K. T. (2007). Área foliar em três cultivares de cana-de-açúcar e sua correlação com a produção de biomassa. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 37 (2), 71-76. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de:

- <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/1672/1644>
- De Souza, A. E. R., de Oliveira, F. J., Filho, C. J. de A., Melo Filho, P. A., de Melo, J. L. O. T., & Tabosa, J. N. (2011). Selección de familias RB visando à alta produtividade e precocidade na maturação em cana-de-açúcar. *Revista Bragantia*, 70 (4), 788-795. <https://www.scielo.br/pdf/brag/2011nahead/aop2311.pdf>
- Dias, C. M. de O., Corsato, C. E., dos Santos, V. M. & Santos, A. F. S. (2012). Indicadores fitotécnicos, de produção e agroindustriais em cana de açúcar cultivada sob dois regimes hídricos. *Revista Caatinga*, 25, 58-65. Recuperado el 18 de febrero de 2020, de: <https://www.redalyc.org/pdf/2371/237123862010.pdf>
- Dos Reis, R. H. P., de Abreu J. G., de Almeida, R. G., Cabral, L. da S., Barros, L. V., Cabral, C. E. A.,... Farias, J. de M. (2019). Agronomic Characteristics, Chemical Composition and In vitro Gas Production of Sugarcane Cultivars (*Saccharum* spp.) for Feeding Ruminants. *Journal of Experimental Agriculture International*, 35 (1), 1-8, doi: <https://doi.org/10.9734/jeai/2019/v35i130194>
- Fernández, T. L., Trigo, R. R., & Fernández, Ch. C. (2015). Rendimiento a secano de cuatro clones de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el municipio de San Buenaventura. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2 (1), 91-97. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de: http://www.scielo.org.bo/pdf/riiarn/v2n1/v2n1_a12.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). *Food and agriculture data*. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
- Hernández, A., Pérez, J. M., Bosch, D., & Castro, N. (2015). *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de: http://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf
- INICA. (2019). *Catálogo de variedades. Caña de azúcar*. Cuba: Centro Oriente.
- International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. (2011). *Libro de Métodos ICUMSA – Suplemento 2011*. Berlin, Germany: Bartens.
- Jorge, H., González, R., Casas, M. A., & Jorge, I. (2011). Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. *Revista Cuba & Caña, Publicica*, 32, 115-146.
- Larrahondo, J. E. (1995). Calidad de la caña de azúcar. En C. Cassalet, J. Torres, & C. Isaacs (Ed.), *El Cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia*, (pp. 337 – 354). Cali: CENICAÑA. Recuperado el 12 de septiembre de 2019, de: https://www.cenicana.org/pdf_privado/documentos_no_seriados/libro_el_cultivo_cana/libro_p3-394.pdf
- Maia Júnior, S. de O., Silva, J. A. C., Santos, P. K.O., de Andrade, R. J., Silva, V. J., & Endres, L. (2018). Caracterización morfológica e produtiva e suas correlações em cultivares de cana de-açúcar. *Ciência Agrícola, Rio Largo*, 16 (1), 31-42, doi: <https://doi.org/10.28998/rca.v16i1.4060>
- Martins, A. L. M., & Landell, M. G. A. (1995). *Conceitos e critérios para avaliação experimental em cana-de-açúcar utilizados no programa Cana IAC*. Brasil, Pindorama: Instituto Agrônomico.
- Mishra, K. (2019). Evaluation of bud chip method for enhancing yield and economics of sugarcane. *International Journal of Chemical Studies*, 7 (3), 1726-1729. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de: <https://www.chemijournal.com/archives/2019/vol7issue3/PartAC/7-2-447-876.pdf>
- Nyadanu, D., & Dikera, E. (2014). Exploring variation, relationships and heritability of traits among selected accessions of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) in the upper east region of Ghana. *Journal of Plant Breeding and Genetics*, 2 (3), 101-107. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de: <https://esciencepress.net/journals/index.php/J.PBG/article/download/487/513>
- Pereira, L. F. M., Ferreira, V. M., de Oliveira, N. G., Sarmiento, P. L.V. S., Endres, L., & Teodoro, I. (2017). Sugars levels of four sugarcane genotypes in different stem portions during the maturation phase. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89 (2), 1231-1242, doi: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160594>
- Ramírez, J., Insuasty, O., & Viveros, C. A. (2014). Comportamiento agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar para producción de panela en Santander, Colombia. Cali.CO. *Revista Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu*, 15, 183-195, doi: https://doi.org/10.21930/rcta.vol15_num2_art:358
- Ramírez-González, M., Rodríguez-Moreira, D., Ramírez-González, F., & Barcia-Sardiñas, S. (2019). Variables meteorológicas y desarrollo fenológico de la caña de azúcar en Aguada de Pasajeros. *Revista Cubana de Meteorología*, 25, 354-366. Recuperado el 12 de marzo de 2020, de: <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/download/482/745>

- Ramón, B. A. (2011). *Evaluación del rendimiento agroproductivo e industrial de 3 variedades certificadas de caña de azúcar (Saccharum officinarum) de origen cubano (C1051-73, C87-51, C132-81), frente al testigo variedad cristalina, en la etapa de cosecha, en el Cantón Huamboya, provincia de Morona Santiago*. (Tesis de Ingeniería Agropecuaria Industrial), Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Recuperado el 12 de marzo de 2020, de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1094/13/UPS-CT002112.pdf>
- Rein, P. (2012). *Ingeniería de la caña de azúcar*. Berlín: Verlag Dr. Albert Bartens Kt
- Rincón, C. A. (2005). Evaluación agronómica y nutricional de variedades de caña de azúcar con potencial forrajero en el Piedemonte Llanero. *Revista Corpoica*, 6 (2), 60-68. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945019007.pdf>
- Rodrigues, D. C. G. A. & Santos, T. T. (2011). *Manual de práticas de processos bioquímicos*. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Editora UERJ.
- Santana, I., Santos, J., Guillén, S., Sánchez, M., Velarde, E., Jorge, H. et al. (2014). *Instructivo Técnico para la Producción y Cultivo de la Caña de Azúcar*. La Habana, Cuba: Pueblo y Educación.
- Santana, P. B., Aspiazú, I., da Costa, É. L., Pinheiro, D. T., Teixeira, M. F. F., da Silva, J. B. R. & dos Santos Junior, H. C. (2017). Agronomical Performance of Sugarcane Varieties in Function of Different Irrigation Depths in Semi-arid Conditions. *Journal of Experimental Agriculture International*, 17 (3), 1-10, doi: <https://doi.org/10.9734/JEAI/2017/35775>
- Santos, J. R., Oliveira Junior, L. F. G., Sousa, J. P. S., Silva Junior, C. D., & Sarmento, C. R. (2014). Desempenho de genótipos promissores de cana-de-açúcar utilizando ferramentas fisiológicas e biométricas. *Bioscience Journal*, 30 (3), 380-389. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/18219/14550>
- Silva, M. A., Arantes, M. T., Rhein, A. F. L., Gava, G. J. C., & Kolln, O. T. (2014). Yield potential of sugarcane under drip irrigation in function of varieties and crop cycles. *Rev Bras Eng Agríc Ambient*, 18: 241-249.
- Silva, M. de A., Jifon, J. L., Silva, J. A. G., Dos Santos, C. M., & Sharma, V. (2014). Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. *Journal of Agricultural Science*, 151 (1), 104-118, doi: <http://dx.doi.org/10.1017/S0021859612000834>
- STATGRAPHICS Centurion/PC para Windows Paquete estadístico. Versión. 15.1. [Programa de computación]. (2006). [s.l.]: [s.n.].
- Tesche, L. Z., Raghianti, K. C., de Pauli, F. A., & Marques, M. O. (2014). *Comparação biométrica em cana-de-açúcar, safra 2012/2013*. Trabajo presentado en el VIII Workshop Agroenergía Materias Primas. Brasil.
- Vera-Espinosa, J. J., Carrillo-Ávila, E., Flores-Cáceres, S., Arreola-Enríquez, J., Osnaya-González, M., & Castillo-Aguilar, C. D. C. (2016). Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agroproductividad*, 9 (3), 21-26. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/730/597>
- Vizcaíno, M. C., & Flores, S. (2007). Rendimiento agroindustrial de variedades de caña de azúcar nacionales y extranjeras bajo temporal en Colima. En *XII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas*. Zacatecas, Zac. México: INIFAP.
- Zhou, M., Singels, A., & Savage, M. J. (2003). Physiological parameters for modeling differences in canopy development between sugarcane cultivars. In Proceedings of the 77th Annual Congress of the South African Sugar Technologists' Association. (No.77, pp. 610-621). Kwa-Shukela, Mount Edgecombe, South Africa.