

Evaluación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en indicadores agroindustriales y de calidad de los jugos, en tres momentos de cosecha

Irenaldo Delgado-Mora^{1*}, Yosvany Pérez-Rodríguez², Maura M. Marrero-León³, Edel Toledo-Rodríguez¹, Héctor Jorge-Suárez⁴

1. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA-VC). Autopista Nacional, Km 246. Ranchuelo. Villa Clara, Cuba
2. Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas (EAA CC). Lajas. Cienfuegos, Cuba
3. Centro Universitario Municipal (CUM). Lajas. Cienfuegos, Cuba
4. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE, Km. 1½, Boyeros. La Habana, Cuba

*ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu

RESUMEN

Introducción. Al caracterizar variedades de caña de azúcar que se van a recomendar a la producción no se tienen en cuenta indicadores de la calidad del jugo en la producción fabril.

Objetivo. Evaluar la respuesta de cultivares de caña de azúcar en indicadores de la calidad del jugo, en tres momentos de cosecha.

Materiales y Métodos. Cada unidad experimental se plantó en campo, según un diseño de bloques al azar, con tres réplicas. Las evaluaciones se agruparon en tres momentos de cosecha: de noviembre a enero; de febrero a marzo y de abril a mayo. Se realizó un análisis de varianza simple de efecto fijo para cada variable evaluada.

Resultados y Discusión. C89-176 alcanzó excelentes resultados en los tres momentos evaluados en el porcentaje de Pol en caña, así como C89-250 los menores valores en las etapas media y final de la zafra. En t de caña /ha⁻¹; C86-165 y C86-156 alcanzaron los mayores valores en los momentos iniciales, mientras que C89-250 los menores valores en los tres momentos evaluados. No hubo afectación en los indicadores de calidad del jugo en la mayoría de los cultivares; sin embargo, C90-469 y C89-250 mostraron los mayores valores de ceniza en los tres momentos evaluados.

Conclusiones. Los cultivares evaluados no mostraron afectación de los indicadores de calidad del jugo en los momentos de cosecha analizados y el cultivar C89-250 mostró bajos valores en las variables estudiadas y en los tres momentos de cosecha.

Palabras clave. Etapas de cosecha, azúcares reductores, Pol en caña, t de caña /ha⁻¹.

ABSTRACT

Introduction. To characterize the sugarcane varieties to be recommended for the production, indicators of juice quality are not taken into account in factory production.

Objective. To evaluate the response of sugarcane cultivars on juice quality indicators at three harvest times at three harvesting moments.

Materials and Methods. Each experimental unit was planted in a randomized block design with three replicates randomized block design with three replications. The evaluations were grouped in three harvest times: November to January; February to March; and April to May. A simple analysis of variance fixed effect analysis of variance was performed for each variable evaluated.

Results and Discussion. C89-176 achieved excellent results in the three moments evaluated in the percentage of Pol in cane, while C89-250 had the lowest values in the middle and final stages of the harvest. In tons of cane per hectare, C86-165 and C86-156 reached the highest values in the initial stages, while C89-250 reached the lowest values in the three stages evaluated. There was no effect on juice quality indicators in most cultivars; however, C90-469 and C89-250 showed the highest ash values in the three moments evaluated.

Conclusions. The cultivars evaluated did not show affectation of juice quality indicators at the harvest times analyzed. The cultivar C89-250 showed low values in the variables studied and at the three harvesting moments.

Keywords. Harvest stages, reducing sugars, cane Pol, tons of cane per hectare.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.), importante en la economía mundial para la producción de azúcar, alcohol y otros derivados, posee un mecanismo fotosintético tipo C4 (1) que la hace, en la actualidad, el cultivo agroalimentario más productivo del mundo, debido a la naturaleza química y bioquímica de la materia prima que produce (2).

Los cultivares obtenidos por los métodos de mejoramiento genético tradicional han contribuido, sustancialmente, al aumento del rendimiento entre 50 y 75 %, en los principales cultivos (3). La caña de azúcar constituye una de las principales fuentes de materia prima de la industria azucarera en el mundo, está compuesta básicamente: por fibra vegetal (bagazo) y por jugo; además, como resultado de sus procesos fisiológicos, contiene una gran variedad de compuestos, entre los que se encuentra la sacarosa, que ha sido fundamental en el desarrollo de la humanidad (4).

La caña de azúcar no tiene características constantes en su composición, esta puede variar por diferentes factores, como: variedad, edad, época del año, tipo de suelo, influencia de las materias extrañas, eficiencia y disciplina del proceso industrial, entre otros (5).

La producción azucarera cubana cuenta con variedades que deben enmarcarse en un período definido de zafra; sin embargo, existen otras que pueden ser manejadas en las tres épocas, de ahí que sea posible buscar un adecuado balance que cubra todo el período de cosecha.

La transformación varietal constituye una necesidad comprendida, en la actualidad, por la mayor parte de los productores cañeros, pues incrementar los índices de eficiencia cobra cada vez más importancia (6), así como también el empleo de nuevas variedades con mayor potencial agroproductivo azucarero y de alto grado de adaptabilidad a las condiciones del medio.

Al caracterizar variedades de caña de azúcar que se recomiendan para la producción se ofrecen diversos resultados sobre el comportamiento agroindustrial; sin embargo, no se tiene en cuenta la calidad de sus jugos, aspecto de vital importancia en la producción fabril según Delgado *et al.* (7), quienes señalan, además, que una variedad de caña posee una buena calidad si cumple con un conjunto de atributos y no sólo el contenido de azúcar. De ahí, la necesidad de conocer, junto con los niveles de sacarosa, las concentraciones de azúcares reductores (fructuosa y glucosa), fósforo inorgánico, nitrógeno, ácidos, oligo y polisacáridos, como plantea Pulido (8); esta autora refiere, además, que otras sustancias pueden provocar afectaciones en el proceso de fabricación de azúcar, independientemente de las condiciones tecnológicas.

El incremento en la productividad de azúcar requiere de la disponibilidad de cultivares de alta capacidad productiva, con elevados contenidos de azúcar. Este objetivo exige la utilización de distintas estrategias de manejo, que permitan la expresión del potencial azucarero de las variedades difundidas. Gaikwad *et al.* (9), plantearon que cuando los cultivares presentan una respuesta diferencial a las diversas condiciones edafoclimáticas, es necesario disponer de genotipos con altos rendimientos y estables.

González (10) plantea que son limitadas las investigaciones, en el territorio, sobre evaluación de indicadores que inciden en la calidad de los jugos de cultivares de la caña de azúcar; sin embargo, este autor evaluó la respuesta de cultivares de caña de azúcar en indicadores de eficiencia agroindustrial en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas, durante toda la zafra, y no por momentos de cosecha. El objetivo del trabajo es evaluar la respuesta de cultivares de caña de azúcar en indicadores de la calidad de los jugos, en tres momentos de cosecha, del Bloque Experimental de Espartaco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y croquis del experimento

El experimento se desarrolló en el Bloque Experimental de Espartaco, en Palmira, provincia de Cienfuegos, perteneciente al Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), en 2021, en el período de frío (septiembre-noviembre), en la cepa de planta. Cada unidad experimental se plantó en campo, según un diseño de bloques al azar, con tres réplicas, parcelas unitarias de 48 m² (figura 1), a una distancia de 7.5 m x 1.6 m de ancho, con cuatro surcos, de acuerdo con las Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba, del INICA (11), en condiciones de cultivo de secano.



Figura 1. Croquis del diseño experimental de la tesis.

Material vegetal

Los genotipos evaluados fueron recomendados para la producción por el INICA, fueron obtenidos y seleccionados en diferentes años y zonas (tabla 1). El tipo de suelo estudiado fue el Pardo sialítico, según Hernández (12).

Tabla 1. Cultivares en estudio y sus progenitores

Nº	Cultivares	Progenitor femenino	Progenitor masculino
1	C86-12 (T)	Desconocido	
2	C86-156	C16-56	C87-51
3	C86-165	B42231	C227-59
4	C89-176	NCo310	C187-68
5	C89-250	Eros	Ja64-11
6	C90-469	C87-51	Ja60-5

(T)- Testigo (C86-12).

Momentos de cosecha

La cosecha del experimento se realizó desde noviembre de 2021 hasta mayo de 2022, en la cepa de planta. Las evaluaciones se agruparon en tres momentos de cosecha: Momento 1, se correspondió con las evaluaciones realizadas de noviembre a enero (inicio de zafra); Momento 2, con las evaluaciones de febrero a marzo (período medio de zafra); y, Momento 3, con la información de abril a mayo (período final de zafra), según la metodología de Jorge *et al.* (13) y Jorge *et al.* (14).

Análisis de la respuesta de cultivares de caña de azúcar en las variables agroindustriales porcentaje de Pol en caña y toneladas de caña por hectárea, en tres momentos de cosecha

1. Pol en caña (PPC): (cantidad de sacarosa aparente por cada 100 partes en peso en solución). Es como estimador del potencial azucarero de los tallos, depende del contenido de fibra (f) y del porcentaje de Pol en el jugo extraído y se definió de la forma siguiente: Porcentaje de Pol en caña = $f * \text{Pol en jugo}$.
2. Toneladas de caña por hectárea (T/ha^{-1}): medida por pesaje directo en el campo.
3. Estas variables se analizarán según las normas establecidas por el INICA (11).

Análisis de la respuesta de cultivares de caña de azúcar en indicadores de calidad de los jugos, en tres momentos de cosecha

1. Ceniza (CZ): las cenizas están compuestas por sodio, potasio, cloruros y sulfatos, esta composición se debe, fundamentalmente, al suelo, la fertilización y la variedad, son conocidos también por no azúcares inorgánicos.
2. Fósforo inorgánico en jugo (P): el fósforo, en forma de pentóxido de difósforo (P_2O_5), influye notablemente en la clarificación de los jugos en el proceso de fabricación de azúcar ya que estos, en un pH entre 6.8 y 7.8, quedan en forma de fosfatos libres, que precipitan en forma de fosfato de calcio y de magnesio ($(PO_4) Ca_2$ y $(PO_4)_3 Mg_2$) y arrastran en su floculado todas las impurezas del jugo y contribuyen a la obtención de óptimos jugos clarificados para el proceso fabril.
3. Azúcares reductores (AR): (son aquellos que no cristalizan, que están dentro de los jugos, es muy importante no destruir los AR porque influyen en el agotamiento de la miel final). Tienen importancia porque intervienen en las reacciones de calor, su descomposición en ácidos orgánicos hace que disminuya el pH y se produzcan efectos negativos en la polarización de los jugos, los que provocan afectaciones en la pureza, que es el patrón vital de control en el ingenio azucarero.

Los diferentes indicadores de calidad de los jugos se realizaron de acuerdo con las técnicas analíticas, según el Manual de métodos analíticos para el control unificado. Azúcar crudo y azúcar refino (MACU) (15).

Método empleado en el procesamiento de los resultados

La evaluación estadística de los resultados se realizó a través de un análisis de varianza (ANOVA) simple, de efecto fijo, para cada variable evaluada. La comparación de medias se realizó mediante prueba de múltiple rango con dócima de Tukey ($P < 0.05$). Los datos originales se comprobaron, para su ajuste a la normalidad, mediante *Bartlett-test*, con su correspondiente Chi cuadrado. El paquete estadístico utilizado fue STATISTICA 12.0. sobre Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza para las variables analizadas, en los tres Momentos de cosecha, se muestra en la tabla 2. El análisis de varianza para el Momento 1, ofreció resultados altamente significa-

tivos en todas las variables estudiadas, lo que demostró la alta variabilidad de los cultivares en la etapa inicial de la zafra, excepto para los azúcares reductores, que resultó no significativo.

Tabla 2. Análisis de varianza para las variables analizadas en los tres Momentos de cosecha

Momento 1									
Causas Variación	% de pol en caña			TC/HA			P		
	CM	F	p	CM	F	p	CM	F	p
Variedades	6.92	2.88	0.0235	1670.86	8.56	<0.0001	20226.28	4.31	0.0026
Error	2.40			195.28			4696.90		
Causas Variación	AR			CZ					
	CM	F	p	CM	F	p			
Variedades	0.03	0.34	0.8842	0.33	4.44	0.0021			
Error	0.10			0.07					
Momento 2									
Causas Variación	% de pol en caña			TC/HA			P		
	CM	F	p	CM	F	p	CM	F	p
Variedades	1.04	6.59	0.0003	736.59	3.92	0.0075	6389.78	1.59	0.1925
Error	0.16			187.87			4012.73		
Causas Variación	AR			CZ					
	CM	F	p	CM	F	p			
Variedades	0.01	1.10	0.3795	0.12	2.90	0.0296			
Error	0.01			0.04					
Momento 3									
Causas Variación	% de pol en caña			TC/HA			P		
	CM	F	p	CM	F	p	CM	F	p
Variedades	1.74	27.52	<0.0001	2041.76	28.66	<0.0001	43450.88	94.27	<0.0001
Error	0.06			71.24			460.92		
Causas Variación	AR			CZ					
	CM	F	p	CM	F	p			
Variedades	0.23	2.37	0.0635	0.49	94.21	<0.0001			
Error	0.10			0.01					

% de pol en caña: porcentaje de pol en caña; TC/HA: toneladas de caña por hectáreas; P: fósforo inorgánico en jugo; AR: azúcares reductores; CZ: cenizas; CM: cuadrado medio; F: valor F; p: valor de significación.

El análisis de varianza para el Momento 2 (etapa intermedia), mostró resultados altamente significativos en todas las variables estudiadas; excepto para el fósforo inorgánico en jugo y los azúcares reductores, que resultaron no significativos, éste último ratificó el mismo resultado que en la etapa anterior. Sin embargo, el análisis de varianza para el Momento 3 (final), ofreció resultados altamente significativos en todas las variables estudiadas.

Pulido (8), en un estudio de variedades con perspectiva para nueva introducción, obtuvo similares respuestas; pues evaluó las variables Brix, porcentaje de Pol en jugo, sacarosa real, pureza, porcentaje de Pol en caña, toneladas de caña por hectárea y toneladas de Pol por hectárea; además, esta autora mostró en los análisis de varianza bifactoriales resultados altamente significativos en las interacciones variedad x momento de cosecha.

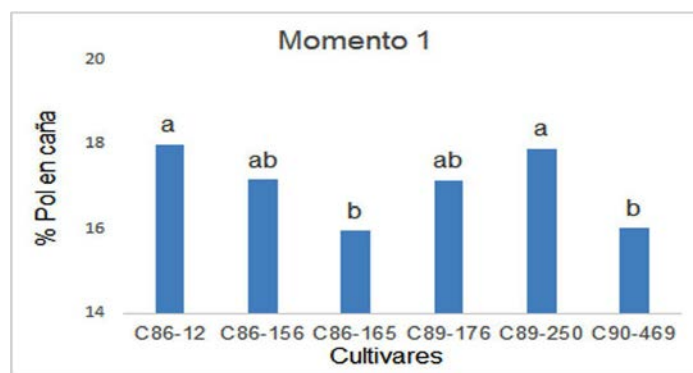
Monzón (16) señaló que, en estudios realizados en plantaciones de frío, en cuatro variedades de caña de azúcar no existían diferencias significativas en el análisis de varianza desarrollado para la

interacción variedad por mes de cosecha; en el indicador azúcares reductores todos los cultivares presentaron bajos valores en los meses cosechados; aspectos muy importantes, dado que este indicador interviene en las reacciones de calor y su descomposición en ácidos orgánicos hace que disminuya el pH y se produzcan afectaciones en la pureza, que es el patrón vital de control en el ingenio azucarero.

Respuesta de cultivares de caña de azúcar en la variable porcentaje de Pol en caña, en tres momentos de cosecha

En la comparación de medias de los cultivares para la variable porcentaje de Pol en caña en el Momento 1 (figura 2), se muestra el cultivar C89-250 con resultados similares al testigo C86-12, así como con C86-156 y C89-176. Sin embargo, C86-165 y C90-469 presentan los peores resultados en esta etapa.

Estos resultados coinciden con los presentados por Arocha (17), quien señaló que en el mes de noviembre, el cultivar C89-250 alcanzó los resultados más destacados, junto al testigo de madurez temprana C86-12; también destacó que, para el mes de diciembre, los cultivares C86-251 y C89-176 mostraron los resultados más destacados junto al testigo de madurez temprana C86-12, lo que demostró las potencialidades de estos cultivares para el inicio de la zafra.



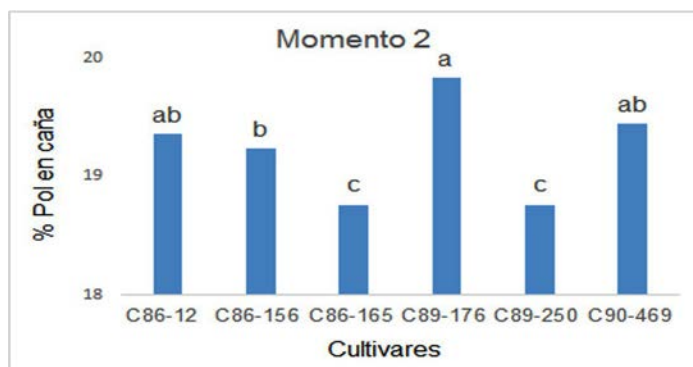
Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 2. Comparación de los cultivares en el Momento 1, para la variable porcentaje de pol en caña.

Arocha (17) añadió, además, que en el mes de enero, la mayoría de los cultivares alcanzaron valores similares o superiores al testigo C86-12, lo que ofreció buena oportunidad en este período, con varios cultivares con grandes potencialidades productivas y mayor variabilidad, los más destacados fueron C89-250 y C86-251 y, sin embargo, los otros testigos C323-68 y C86-165 mostraron los más bajos valores.

Al respecto, Rodríguez (18) señaló que el análisis de varianza sobre el comportamiento de cultivares de caña de azúcar, en la etapa de noviembre-diciembre-enero (NDE), mostró diferencias estadísticas significativas, pues C1051-73 alcanzó los mayores valores de Pol en caña, lo que demostró sus características de alto contenido azucarero y madurez temprana; e indicó, además, las potencialidades para el inicio de la contienda azucarera; así como destacó a C323-68 con los más bajos valores, lo que reafirma que es un cultivar de madurez tardía.

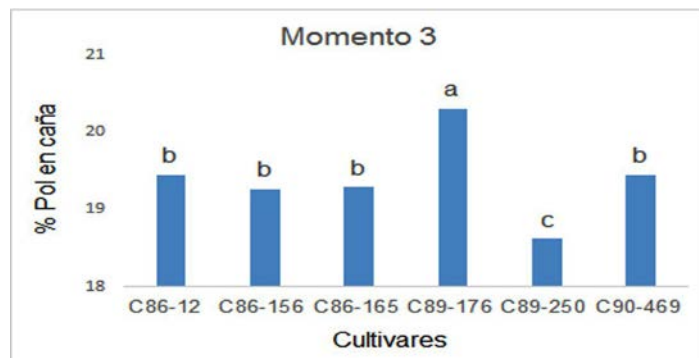
En la figura 3 se muestran las respuestas de los cultivares en el Momento 2; en el que C89-176 y C90-469 alcanzaron resultados similares al testigo C86-12. Sin embargo, C86-165 y C89-250 presentaron los menores valores. Mientras que, en el Momento 3, continuó C89-176 con los mayores valores entre los cultivares evaluados y C89-250 con los inferiores rendimientos (figura 4).



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 3. Comparación de los cultivares en el Momento 2, para la variable porcentaje de pol en caña.

Arocha (17) indicó que, en el mes de febrero, existe una similitud del rendimiento de los cultivares en estudio, ya que la mayoría alcanzó valores similares a los dos testigos; no obstante, el cultivar C86-251 logró los mejores resultados, seguido por C89-148 y C89-176; con respecto a este particular, Núñez (19) logró valores de rendimiento muy parejos en esta misma etapa, en un grupo de cultivares estudiados en ambas cepas.



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

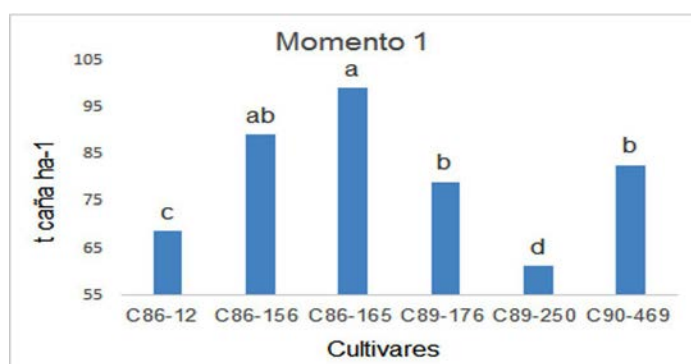
Figura 4. Comparación de los cultivares en el Momento 3, para la variable porcentaje de pol en caña.

Arocha (17) indicó que, en el mes de marzo, el cultivar C89-176 ofreció valores similares a los dos testigos; y, estos últimos, a su vez, a cuatros genotipos más. Sin embargo, los cultivares C86-165, C86-251 y C89-250 presentaron los resultados más negativos de ese mes, aspectos que coinciden con los resultados obtenidos en esta etapa.

Respuesta de cultivares de caña de azúcar en la variable toneladas de caña por hectárea, en tres momentos de cosecha

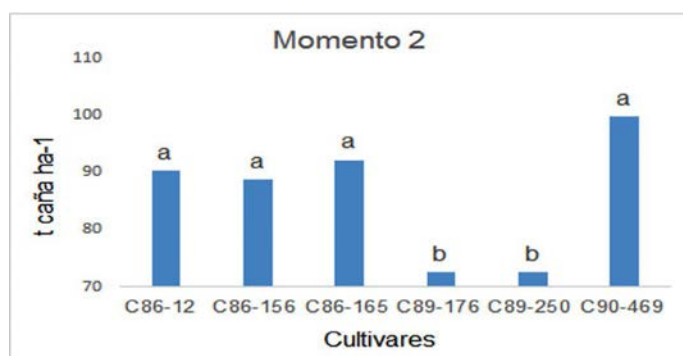
En la figura 5, se observa que el cultivar C86-165, en el Momento 1, ofreció los mayores valores en toneladas de caña por hectáreas, sin diferencias significativas con C86-156. Estos resultados confirman que estas variedades poseen alto rendimiento agrícola, expresado en la cantidad de tallos por plantón. Sin embargo, los más bajos valores los expresó C89-250, por debajo del testigo C86-12.

En la figura 6, se muestran los resultados en el Momento 2, para la variable t caña ha⁻¹; en la que los cultivares C90-469, C86-165 y C86-156 fueron los más destacados en esta etapa, sin diferencias estadísticas con el testigo C86-12; sin embargo, los más bajos resultados los alcanzaron C89-176 y C89-250.



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

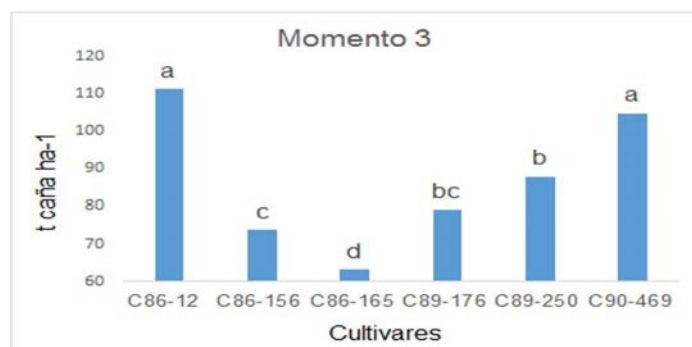
Figura 5. Comparación de los cultivares en el Momento 1, para la variable toneladas de caña por hectárea.



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 6. Comparación de los cultivares en el Momento 2, para la variable toneladas de caña por hectárea.

La figura 7 muestra los resultados en el Momento 3, para la variable toneladas de caña por hectárea; presenta los cultivares C86-12 y C90-469 con los mayores valores; así como C86-165 con los valores mínimos para esta etapa.



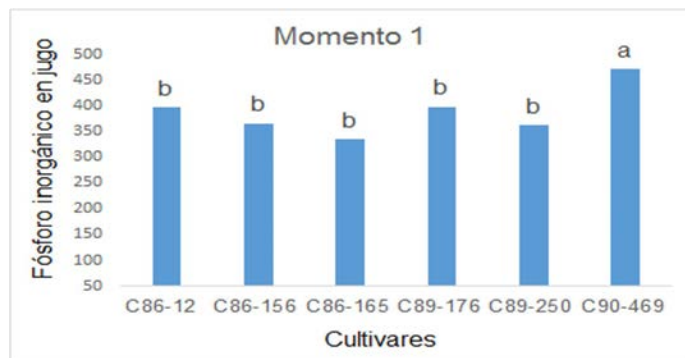
Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 7. Comparación de los cultivares en el Momento 3, para la variable toneladas de caña por hectárea.

Respuesta de cultivares de caña de azúcar en indicadores de calidad de los jugos, en tres momentos de cosecha

El análisis del fósforo inorgánico en jugo, en el Momento 1, (figura 5) mostró que, a pesar de que todos los cultivares presentan valores entre los establecidos, C90-469 se destacó con los mejores resultados, al respecto Honing (20) planteó que, para que exista una buena clarificación, el fósforo

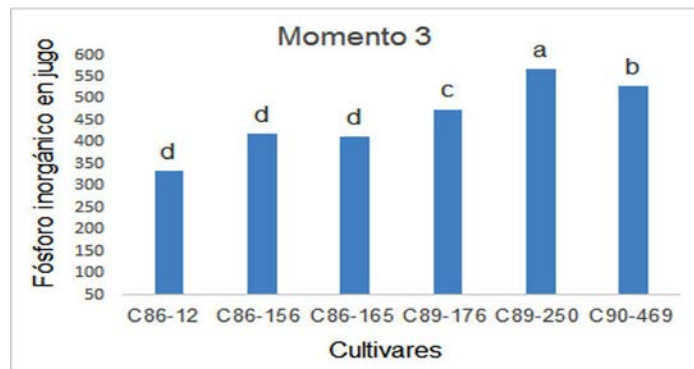
en jugo se debe encontrar entre 300–600 ppm; también Larrahondo (21) señaló que el fósforo, además de ser necesario en el crecimiento y desarrollo del cultivo, es importante en el jugo en concentraciones de 300 a 600 ppm de P_2O_5 , para una buena floculación y clarificación.



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 8. Comparación de los cultivares en el Momento 1, para la variable fósforo inorgánico en jugos.

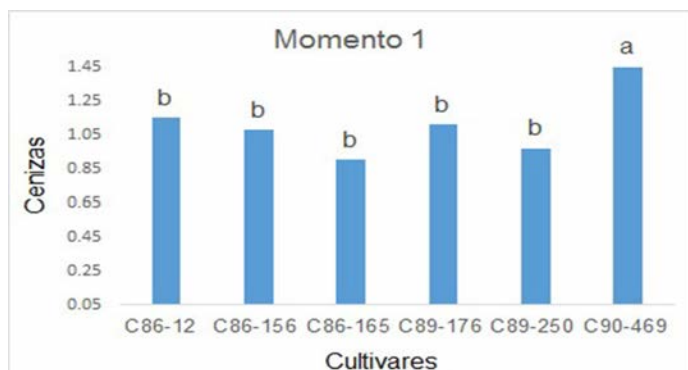
En el Momento 2, el análisis del fósforo inorgánico en jugo no fue significativo; sin embargo, en el Momento 3, a pesar de mantener buenos resultados todos los cultivares, C89-250 fue el más destacado (figura 9), mientras C86-156 y C86-165 mostraron los más bajos valores, junto con el testigo C86-12.



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

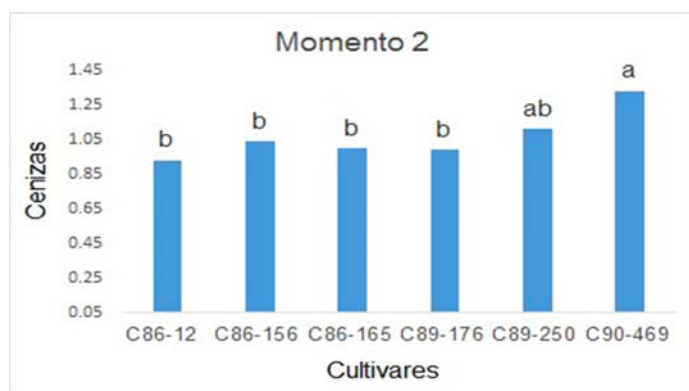
Figura 9. Comparación de los cultivares en el Momento 3, para la variable fósforo inorgánico en jugos.

La respuesta de los cultivares para la variable ceniza en los Momentos 1 y 2 fue muy similar (figuras 10 y 11), aunque C90-469 ofreció los valores más altos, seguido de C89-250 en el segundo momento.



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

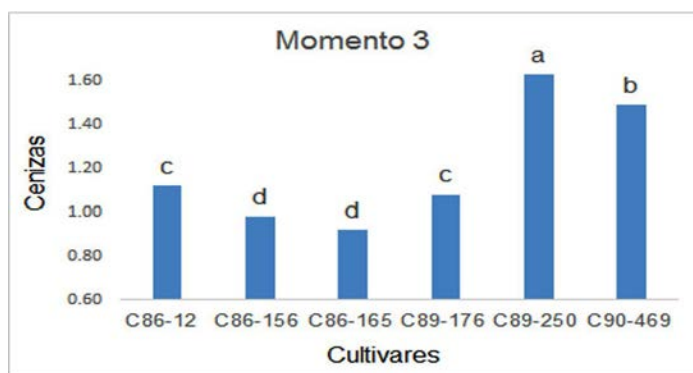
Figura 10. Comparación de los cultivares en el Momento 1, para la variable cenizas.



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 11. Comparación de los cultivares en el Momento 2, para la variable cenizas.

En el Momento 3, la respuesta de los cultivares para la variable ceniza resultó diferente a los momentos anteriores (figura 12). El mayor valor se alcanzó con C89-250, seguido de C90-469. Sin embargo, fue más variable el resultado con el resto de los cultivares.



Medias con una letra común
no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Figura 12. Comparación de los cultivares en el Momento 3, para la variable cenizas.

En cuanto a la variable azúcares reductores, a pesar de no existir diferencias significativas en los cultivares evaluados, presentaron valores de 0.26 para el Momento 1, de 0.13 para el Momento 2 y de 0.38 para el Momento 3, valores por debajo del indicador permisible para esta variable (0.50), lo que confirmó su alto contenido de Pol y eficiencia en el proceso fabril.

Aucatoma *et al.* (22) señalaron que la calidad del jugo se define en función de un alto contenido de sacarosa y un bajo contenido de azúcares reductores y otros compuestos, tales como enzimas, hemicelulosas, sustancias pépticas, proteínas, aminoácidos, almidón, dextranas, ácidos orgánicos, lípidos, ceras, fenoles y componentes inorgánicos.

CONCLUSIONES

1. Para la variable porcentaje de Pol en caña, el cultivar C89-176 alcanzó excelentes resultados en los tres momentos evaluados, así como C89-250 los menores valores en las etapas media y final de la zafra.
2. En los Momentos 1 y 2, los cultivares C86-165 y C86-156 alcanzaron los mayores valores en la variable toneladas de caña por hectárea, así como C90-469 en los Momentos 2 y 3; sin embargo, C89-250 mostró los menores valores en los tres momentos evaluados.

3. Los cultivares evaluados, a pesar de mostrar diferencias significativas en la variable fósforo inorgánico en jugo, no presentaron valores que afectan la calidad del jugo en ninguno de los tres momentos analizados, similar a la respuesta en la variable azúcares reductores. Sin embargo, los cultivares C90-469 y C89-250 mostraron los mayores valores de ceniza en los tres momentos evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pereira FM, Ferreira VM, de Oliveira NG, Sarmento PLV, Endres L y 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.
2. Delgado-Mora. I. Rodríguez-Fleites. S Gómez-Pérez. J.R y Jorge-Suárez. J. 2022. Evaluación de la madurez de cultivares de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Cienfuegos. *Revista ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*. 56(1): 3-10.
3. Mesa JM, García H, Jorge I, Santana I y Cornide MT. 2018. Mejoramiento genético de la caña de azúcar. En: *Genética, Genómica y Fitomejoramiento*, M.T Cornide (ed). Editorial UH, La Habana, Cuba. Obra completa Tomo II, pp. 367-428.
4. Martínez CM y De León JB. 2012. Influencia de la calidad de la materia prima en el proceso tecnológico, calidad del producto final, y el rendimiento industrial en una fábrica de azúcar. *Rev. Centro Azúcar* 39(3): 28-34.
5. Navarro H y Rostgaard L. 2014. Impacto de la materia extraña en la calidad de los jugos de caña y en los indicadores de eficiencia de un central azucarero. *Rev. Centro Azúcar* 41(1): 44-54.
6. Reyes Y. 2015. Estudio de la influencia de las variedades de caña sobre los indicadores de eficiencia industrial en el Central "14 de Julio". Trabajo de Diploma. Universidad Carlos Rafael Rodríguez. Cienfuegos. 12 p.
7. Delgado, I., Jorge, H., Pérez, L. Y Cornide, M.T. (2019). Análisis de la interacción genotipo ambiente en diferentes condiciones edafoclimáticas en Cuba mediante el GGE biplots. *Revista ICIDCA*. 53(1): 3-12.
8. Pulido Y. 2011. Caracterización de genotipos de caña de azúcar resistentes a condiciones adversas por déficit hídrico, atendiendo a indicadores de la calidad de los jugos. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agropecuario.
9. Gaikwad, D. D., Rathod, B. G. and Gosavi, S. R. 2014. Genotype x environment interaction and adaptability for productive traits in sugarcane. *International Journal of Current Research* Vol. 6, Issue, 02, pp.5220-5224, February, 2014.
10. González Fernández, J. 2022. Evaluación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en indicadores de eficiencia agroindustriales en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas. Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo. Universidad Carlos Rafael Rodríguez de Cienfuegos, 41 p.
11. Jorge, H.; González, R.; Casas, M. y Jorge, I. 2011. Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, PUBLINICA. 308 p.
12. Hernández, A; Pérez, J.M; Bosch, D. y Rivero, L. 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. La Habana. AGRINFOR, 64 p.
13. Jorge H, Delgado I, Vera A, Gómez JR, Díaz FR, Céspedes A, Pérez JC, Santos JC y Guillén S. 2014. Caracterización de las familias de variedades acorde con los momentos de cosecha en dos localidades de la región central de Cuba. *Centro Agrícola*, 41(2): 71-77.

14. Jorge H, González AN, Delgado I, Bodaños R, Suárez O, Céspedes A, Gómez JR, Díaz FR, Puchades Y., Rodríguez R. 2021. Interacción genotipo x ambiente en caña de azúcar, en diferentes momentos de cosecha. Revista ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar. 55(1): 8-19.
15. ICINAZ (Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras). 2006. Manual de métodos analíticos para el control unificado. Azúcar crudo y Azúcar refino, Sala Nacional de Control y Análisis, Ministerio del azúcar, 9 p.
16. Monzón, M. 2012. Respuesta de tres variedades de caña de azúcar de nueva introducción en la unidad empresarial de base atención al productor agropecuario ciudad caracas. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Cienfuegos, 26 p.
17. Arocha D. 2020. Respuesta del rendimiento azucarero de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum Spp.*) en diferentes momentos evaluativos en suelos sialitizados no cálcicos. Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo. Universidad de Cienfuegos, 100 p.
18. Rodríguez S. 2018. Respuesta de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en diferentes períodos de evaluación en la provincia de Cienfuegos. Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniera Agrónoma. Universidad Fructuoso Rodríguez. Cienfuegos, 54 p.
19. Núñez D. 2014. Caracterización de cultivares de caña de azúcar de madurez temprana, para el inicio de la zafra azucarera en suelos Sialitizados no cálcicos. Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 33 p.
20. Honing, P. 1969. Principio de la tecnología azucarera, Continental, S.A., México.
21. Larrahondo J. 2011. Some factors affecting juice quality components of sugar cane in Colombia. ISSCT Cong. Vol. 2. Plant physiology.
22. Aucatoma BG, Castillo RO, Mendoza J, Garcés F. 2015. Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar. Carta Informativa CINCAE No. 1. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador–CINCAE.