

# 19

## RESPUESTA VARIETAL EN LA ETAPA INICIAL DE ZAFRA EN LA EMPRESA AGROINDUSTRIAL AZUCARERA CIUDAD CARACAS

VARIETAL COMPOSITION IN THE INITIAL STAGE OF HARVEST IN THE AGROINDUSTRIAL SUGAR COMPANY CIUDAD CARACAS

Irenaldo Delgado Mora<sup>1</sup>

Email: [ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu](mailto:ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0626-8625>

Gerardo Blas Martín Martínez<sup>2</sup>

Email: [gerardo.martin@gmail.com](mailto:gerardo.martin@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3419-0777>

Héctor Jorge Suárez<sup>3</sup>

Email: [hector.jorge@inicavc.azcuba.cu](mailto:hector.jorge@inicavc.azcuba.cu)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8170-555X>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (INICA VC). Villa Clara, Cuba

<sup>2</sup>Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas (EAA CC). Lajas, Cienfuegos, Cuba

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). La Habana, Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Delgado Mora, I., Martín Martínez, G.B., Jorge Suárez, H. (2023). Respuesta varietal en la etapa inicial de zafra en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(3), 150-156. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

### RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta varietal de caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas en la etapa inicial de la zafra azucarera. Las observaciones se tomaron de las cosechas comprendidas en los meses de diciembre de 2021 y enero de 2022, con cuatro replicas en la cepa planta y retoño. El rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), se determinaron según la metodología establecida por el INICA. Para la estimación de la estabilidad y la adaptabilidad fenotípica, se definieron como ambientes los dos meses de evaluación en las dos cepas estudiadas, y como genotipos los 10 cultivares. Finalmente se complementó la definición de los ambientes de prueba, con la determinación de su habilidad discriminadora y representatividad. Como resultado se obtuvo que los cultivares C1051-73 y CP52-43 presentaron altos rendimientos y estabilidad en la etapa evaluada; así como C323-68 y C86-56 inestabilidad. Los cultivares C323-68 y C86-56 ofrecieron integralmente valores inferiores de rendimiento en el mes de enero, reafirmando sus potencialidades de madurez tardía. Los mejores resultados entre ambas cepas los mostraron C1051-73, CP52-43, C86-156, C86-12 y C90-469 para el inicio de la zafra.

### Palabras clave:

Estabilidad, adaptabilidad, madurez temprana, habilidad discriminadora y representatividad.

### ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the varietal response of sugar cane in the Agroindustrial Sugar Company Ciudad Caracas in the initial stage of the sugar harvest. The observations were taken from the harvests between the months of December 2021 and January 2022, with four replicates in the plant strain and shoot. The sugar yield (percentage of pol in cane) was determined according to the methodology established by INICA. For the estimation of stability and phenotypic adaptability, the two months of evaluation in the two strains studied were defined as environments, and the 10 cultivars as genotypes. Finally, the definition of the test environments was complemented, with the determination of their discriminatory ability and representativeness. As a result, it was obtained that the cultivars C1051-73 and CP52-43 presented high yields and stability in the evaluated stage; as well as C323-68 and C86-56 instability. The cultivars C323-68 and C86-56 offered integrally lower yield values in the month of January, reaffirming their potential for late maturity. The best results between both strains were shown by C1051-73, CP52-43, C86-156, C86-12 and C90-469 for the beginning of the harvest.

### Keywords:

Stability, adaptability, early maturity, discriminatory ability and representativeness.

## INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum spp.*), es un cultivo comercial importante, la cual representa el 75 % de la producción mundial de azúcar (Durai et al., 2020). El cultivar ideal, es el que presenta alta productividad cuando es plantado bajo diferentes tipos de suelos (alta o baja hidromorfía, relieve y compactación) y condiciones climáticas (precipitaciones y temperatura) (Delgado, 2022).

El principal factor que dificulta el aumento de la producción de caña de azúcar es la interacción genotipo ambiente. La misma, se expresa en la heterogeneidad de los suelos, relieve accidentado y sobre todo en la irregularidad de las precipitaciones con largos períodos poco lluviosos (Delgado et al., 2023).

El cultivo de la caña de azúcar, está caracterizada genéticamente como un organismo poliploide complejo con un alto número de cromosomas. Su ciclo biológico, bien extendido, es superior a los 12 meses y tiene una base genética estrecha, la cual dificulta los trabajos de mejoramiento genético y selección de nuevos cultivares (González et al., 2019; Delgado, 2022).

Uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento genético del cultivo, es obtener variedades con altos rendimientos, mediante el incremento del contenido azucarero o de sacarosa y/o del rendimiento agrícola o de caña. El mejoramiento del contenido de azúcar es altamente atractivo, porque permite incrementar los ingresos con un aumento marginal en los costos de producción, cosecha, transporte y molienda (González et al., 2019).

La contribución del mejoramiento genético al incremento de los rendimientos en los cultivos, de manera general, es de alrededor del 50%. En caña de azúcar, se atribuye entre un 50 y 75% al uso de los cultivares, ellos son el verdadero almacén de azúcar en el campo y la fábrica no hace más que extraerla (Delgado et al., 2023).

Un problema actual en el incremento de la producción azucarera mundial, está en que el rendimiento de sacarosa del cultivo al inicio de la cosecha (noviembre, diciembre y enero), presenta valores bajos, por lo que resulta conveniente disponer de cultivares con alto contenido y acumulación temprana de sacarosa para esta etapa (Delgado et al., 2016; Jorge et al., 2017). La evaluación de genotipos a través de distintos ambientes, es una de las prácticas más usuales en la recomendación de nuevos cultivares a los productores (Gordon et al., 2006).

A menudo, la ocurrencia de la interacción genotipo-ambiente en ensayos multiambientales exige la realización de estudios adicionales, con el propósito de precisar la selección de individuos con adaptabilidad general y específica (Delgado, 2022). La literatura científica en Cuba, sobre la respuesta de los cultivares en diferentes períodos de cosecha (inicio, medio y final) son limitadas en número y actualización (González, 2019). De ahí la importancia

de retomar las investigaciones bajo las condiciones actuales y poder recomendar cultivares para las etapas iniciales de zafra en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas.

Por estas razones y por el periodo de madurez de los cultivares de caña de azúcar, las labores de cosecha se planifican y ejecutan en períodos secos (noviembre hasta abril). Sin embargo, los períodos más críticos en cuanto al rendimiento fabril, ocurren en la primera etapa de zafra (noviembre-enero) lo que ha sido una preocupación de los productores y un reto para los mejoradores (Jorge et al., 2011). Por ello, el objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta varietal de caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas en la etapa inicial de la zafra azucarera.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas, en Lajas, provincia de Cienfuegos, perteneciente al Grupo Azucarero AZCUBA. Las observaciones se tomaron de las cosechas comprendidas en los meses de diciembre de 2021 y enero de 2022, con cuatro replicas en la cepa planta y retoño. Se evaluaron un total de 10 cultivares recomendados por el INICA a la producción, que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Cultivares en estudio y sus progenitores

No	Cultivares	Progenitor femenino	Progenitor masculino
1	B80250	Desconocido	
2	C1051-73		
3	C323-68	B4362	C87-51
4	C86-12	Desconocido	
5	C86-156	C16-56	C87-51
6	C86-56		
7	C87-51	Co281	POJ2878
8	C90-317		
9	C90-469	C87-51	Ja60-5
10	CP52-43	CP43-64	CP38-34

Fuente: Elaboración propia

### *Determinación de la estabilidad y adaptabilidad de los cultivares estudiados en la etapa inicial de la zafra azucarera*

Para la estimación de la estabilidad y la adaptabilidad fenotípica, se definieron como ambientes los dos meses de evaluación en las dos cepas estudiadas (Tabla 2), y como genotipos los 10 cultivares referidos en la tabla 1. Fueron evaluadas mediante el modelo de Regresión de Sitios (SREG) o GGE-Biplot por el programa Infogen (Balzarini y Di Rienzo, 2016) basado en el método de Gabriel (1971) y Yan y Tinker (2006).

**Tabla 2.** Ambientes que se definieron para la estimación de la adaptabilidad y estabilidad fenotípica

Ambientes	Definición
C1M1	Cepa planta en el mes diciembre
C1M2	Cepa planta en el mes enero
C2M1	Cepa retoño en el mes diciembre
C2M2	Cepa retoño en el mes enero

Fuente: Elaboración propia

Para visualizar los patrones de interacción con remoción de los efectos de ambiente (datos centrados por sitio), se denominó Modelo SREG de orden M a la expresión:

$$(1) E(y_{ij}) = \mu + \beta_j + \varphi + e_{ij}$$

$$(2) \varphi = y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum_{m=1}^M \lambda_m u_{mi} v_{mj}$$

Donde:  $y_{ij}$ : observación correspondiente a la combinación de niveles  $ij$ ;  $\mu$ : media general,  $\beta_j$ : efecto del ambiente  $j$ ;  $\varphi$ : efecto del cultivar más la interacción del cultivar-ambiente;  $\lambda_m$  corresponde al valor singular de orden  $m$ ;  $u_{mi}$ : coordenada  $i$ -ésima del vector singular asociado a  $\lambda_m$ ;  $v_{mj}$ : coordenada  $j$ -ésima del vector singular asociado a  $\lambda_m$ ;  $e_{ij}$ : residuo.

Finalmente se complementó la definición de los ambientes de prueba, con la determinación de su habilidad discriminadora y representatividad.

*Determinación del rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), en cultivares de caña de azúcar de madurez temprana en la etapa inicial de la zafra azucarera*

El rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña (PPC)), se determinaron según la metodología establecida por el INICA (Jorge et al., 2011). Las técnicas analíticas utilizadas se desarrollaron según el Manual Azucarero de Control Unificado (MACU) (ICINAZ, 2006).

En la evaluación estadística se utilizó un ANOVA simple de efecto fijo para cada cosecha en las dos cepas evaluadas. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Múltiple Rango con dócima de Tukey ( $P < 0,05$ ). Los datos originales fueron comprobados para su ajuste a la normalidad mediante la prueba de Bartlett, con su correspondiente Chi cuadrado. El paquete estadístico utilizado fue: STATISTICA 12.0., sobre Windows e InfoGen versión 2016.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

*Determinación de la estabilidad y adaptabilidad de los cultivares estudiados en la etapa inicial de la zafra azucarera*

Al desarrollar el análisis de varianza trifactorial (Variedad\*Mes\*Cepa), el mismo mostró que las interacciones de primer y segundo orden, fueron significativas ( $p < 0,05$ ) (Tabla 3). Aspecto este, que conllevó a desarrollar un análisis similar por ambientes separados, dado el interés de conocer la respuesta de la interacción variedad\*cepa en cada mes.

**Tabla 3.** Análisis de varianza Trifactorial (Variedad\*Mes\*Cepa) de la variable en estudio

Causa de variación	PPC		
	CM	F	p
Variedad	3,06	5,38	0,0000
Mes	33,73	59,39	0,0000
Cepa	74,03	130,35	0,0000
Variedad*Mes	5,76	10,14	0,0000
Variedad*Cepa	4,58	8,07	0,0000
Mes*Cepa	10,79	19,00	0,0000
Variedad*Mes*Cepa	1,81	3,19	0,0017
Error	0,57		

Fuente: Elaboración propia

PPC: Porcentaje de pol en caña; CM: cuadrado medio; F: valor F; p: valor de significación

Los análisis por los modelos bifactoriales de efectos fijos, mostraron que las interacciones de primer orden fueron significativas ( $p < 0,05$ ) (Tabla 4). Por ello, se realizó la representación gráfica de la interacción de los genotipos en el ambiente conformado por la cepa y el mes, a través del modelo lineal-bilineal de Regresión de Sitios (SREG) o GGE-biplot.

**Tabla 4.** Análisis de varianza del modelo Bifactorial (Variedad\*Cepa) en cada mes

Causa de variación	MES DICIEMBRE			MES ENERO		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	4,01	6,57	0,0000	4,81	9,15	0,0000
Cepa	70,67	115,69	0,0000	14,15	26,94	0,0000
Variedad*-Cepa	4,58	7,50	0,0000	1,81	3,45	0,0017
Error	0,61			0,53		

Fuente: Elaboración propia

PPC: porcentaje de pol en caña; CM: cuadrado medio; F: valor F; p: valor de significación

## Evaluación de ambientes y adaptabilidad de los cultivos estudiados para el PPC

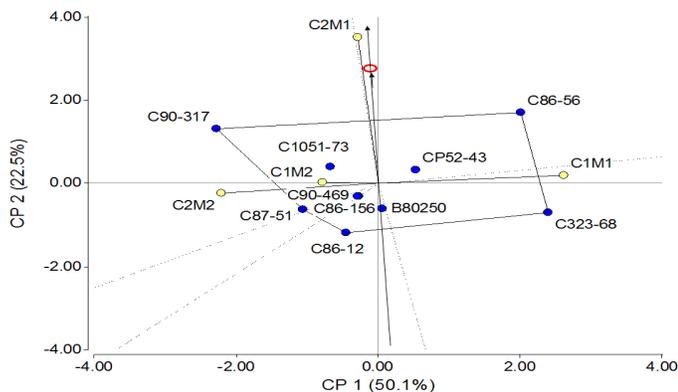
La Figura 1 mostró el gráfico del modelo biplot GGE para la variable PPC. En el plano de las dos primeras componentes (CP1 y CP2) se explican el 72.6% de la variación fenotípica total, donde los cultivares C86-12, C323-68, C86-56, C90-317 y C87-51 forman el vértice del polígono.

El cual quedó dividido en cuatro cuadrantes, los cuales contienen al cultivar en el extremo, que son los que rinden más en los ambientes que quedan encerrados cada cuadrante. Este análisis, es uno de los más utilizados en estudios de IGA en la actualidad (Santos et al., 2016; Delgado, 2022).

El cuadrante I, contiene al cultivar C86-12 como vértice, incluyendo a C86-156, B80250 y C90-469. Este cuadrante no contiene ningún ambiente incluido. El segundo cuadrante tiene a C323-68 como vértice y no presenta otro cultivar dentro del cuadrante; sin embargo contiene al ambiente C1M1.

El tercer cuadrante está representado por C86-56 como vértice, contienen además a CP52-43 y al ambiente C2M1. Mientras, el cuarto cuadrante está identificado por C90-317 y C87-51 como vértices y contiene a C1051-73; así como a los ambientes C1M2 y C2M2.

**Figura 1.** Habilidad discriminatoria y representatividad de los ambientes de prueba para el PPC, mediante los vectores ambientales resultantes del análisis GGE biplot



Varios investigadores han utilizado este modelo de Yan y Tinker (2006), así como el promedio ambiental y la comparación de cultivares con el ambiente ideal, Cherinet et al., (2016) en girasol. Delgado et al., (2016), indicaron que los cultivares tienden a responder de manera desigual en los diferentes sitios, como lo señalaron Rea et al., (2014). Asimismo, se refieren a Rodríguez et al., (2010), los cuales informaron resultados similares en la adaptabilidad de genotipos en ambiente específicos.

El ambiente C1M1 (cepa planta en diciembre) forma un ángulo obtuso con el resto de los ambientes, es decir, ofrece correlación negativa; cuando aumenta uno puede disminuir el otro o viceversa. Mientras que los ambientes

C1M2 (cepa planta en enero) y C2M2 (cepa retoño en enero) forman un ángulo agudo ( $<90^\circ$ ) entre sí, así como también, estos con C2M1 (cepa retoño en diciembre), teniendo una correlación positiva (Yan et al., 2000).

La mayoría de los ambientes evaluados presentaron largas longitudes de sus vectores, indicando que son ambientes informativos y discriminativos, útiles para seleccionar genotipos con adaptación específica e inestable. Sin embargo, C1M2 (cepa planta en enero) mostró corta la longitud de su vector. Yan y Tinker, (2006), señalaron que un ambiente de prueba que no discrimine ofrece poca información sobre los genotipos. Siendo una necesidad del mejoramiento genético y del sector azucarero del país, obtener genotipos con altos rendimientos para esta etapa de inicio de la zafra.

Arocha (2020) y Delgado et al., (2021), señalaron en un estudio de los ambientes noviembre y diciembre, las largas longitudes de los vectores que presentaron estos meses, así como la correlación positiva que presentan sus ángulos ( $<90^\circ$ ). Resultado este que coincidió también por lo informado por Delgado et al., (2019) en un estudio de ambientes de prueba conformados por cuatro localidades y dos cepas. Rodríguez (2018), también informó en un estudio de los cultivares en similares ambientes, como a través del Análisis de Componentes Principales, se obtuvo una explicación del 69.5% de la variación fenotípica total en el plano de las dos primeras componentes.

El ambiente C2M1 (cepa retoño en diciembre), fue el más representativo, formando un ángulo pequeño (agudo) con respecto al promedio ambiental (figura 9). Sin embargo, los restantes ambientes estuvieron más alejados, es decir, fueron menos representativos.

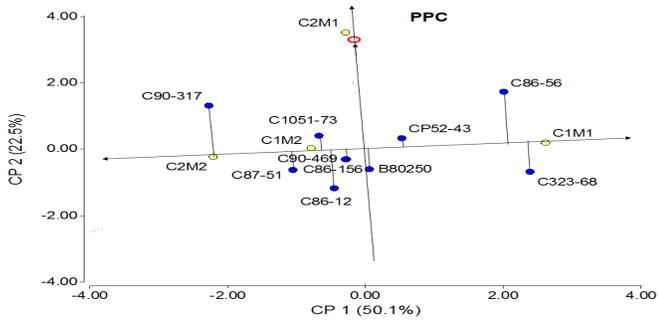
Yan y Tinker, (2006) definen que los puntos situados en el eje del promedio ambiental en dirección (positiva) más representativa cuya distancia del origen del biplot, es igual al vector mayor de todos los ambientes, es decir, el vector más informativo. Aquel ambiente que esté más cercano a dicho punto, es el más recomendable.

Camargo et al., (2011) identificaron ambientes representativos y discriminativos para seleccionar genotipos de arroz mediante el Biplot GGE, logrando separar las localidades más discriminativas y las más representativas, permitiendo priorizar la investigación en aquellas localidades más apropiadas para identificar genotipos superiores.

### Comportamiento medio y estabilidad de los genotipos

La Figura 2 ofreció el biplot GGE con el comportamiento y estabilidad de los genotipos basado en el eje promedio ambiental; la línea de una sola flecha representa el eje promedio ambiental, este punto tiene alto rendimiento medio ambiental y la línea de doble flecha del gráfico, tiene este punto gran variabilidad (estabilidad pobre) en una u otra dirección (Yan y Tinker, 2006).

**Figura 2.** Comportamiento y estabilidad de los genotipos basado en el eje de coordenadas del ambiente promedio para el PPC, mediante el análisis GGE biplot



Por ello, los cultivares C90-317 y C86-56 poseen el rendimiento más alto, sin embargo, fueron inestables. Aspecto este, que demostró lo variable del rendimiento en estos genotipos, el cual puede ser bajo en otros ambientes. De esta manera, C1051-73 y CP52-43 poseen valores altos de rendimiento medio, pero alta estabilidad. Mientras, C86-12 y C323-68 mostraron bajos rendimientos e inestables.

Delgado et al., (2023), en evaluaciones mensuales de un grupo de cultivares de caña de azúcar, determinaron la alta inestabilidad del rendimiento en el período de noviembre y diciembre; sin embargo, a partir del mes de enero había mayor similitud en su comportamiento. Sin embargo, también informaron que los cultivares CP52-43 y C1051-73 se pueden utilizar para la cosecha a inicios de zafra (noviembre-enero) y dejar C86-12 y C86-56 para los finales de ésta (marzo-abril). Resultados similares a estos fueron descritos por Delgado et al., (2016), al comparar el comportamiento industrial de un grupo de cultivares de caña de azúcar entre los meses de enero hasta abril.

En ese mismo sentido Jorge et al., (2021) detectaron diferencias en los rendimientos agrícola e industrial en los tres momentos de cosecha (inicio, medio, tardío). Sobre la base de las consideraciones anteriores, Jorge et al., (2018) señalaron que para la evaluación de cultivares de caña de azúcar se necesita contar con ambientes contrastantes para que los mismos muestren las potencialidades del rendimiento agroazucarero.

Determinación del rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), en cultivares de caña de azúcar de madurez temprana en la etapa inicial de la zafra azucarera

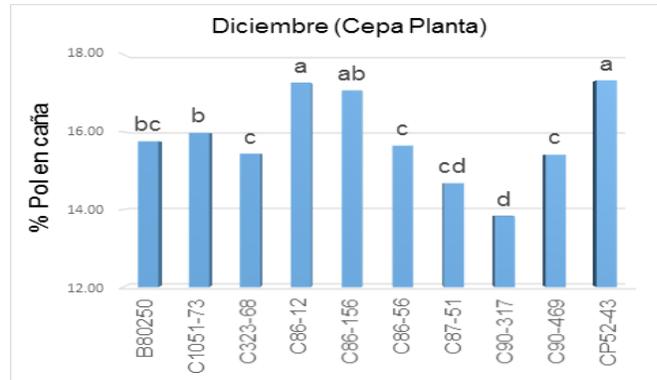
Al analizar la respuesta varietal por cepas separadas y en cada mes, se pudo observar como en el mes de diciembre existió diferencias estadísticas significativas en planta y retoño (Tabla 5). Sin embargo, al desarrollar la comparación de medias de las variedades en la cepa de planta, resultó a CP52-43, C86-12 y C86-156 con los resultados más destacados en el porcentaje de pol en caña. Resultados estos, que confirman las potencialidades de estos cultivares en su recomendación a extensión; así como C90-317 con los valores más bajos para esta etapa (Figura 3).

Tabla 5. Análisis de varianza de la variable PPC en cada cepa. Mes diciembre

Causa de variación	Planta			Retoño		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	5,15	6,21	0,0000	3,445	8,78	0,0000
Error	0,83			0,392		

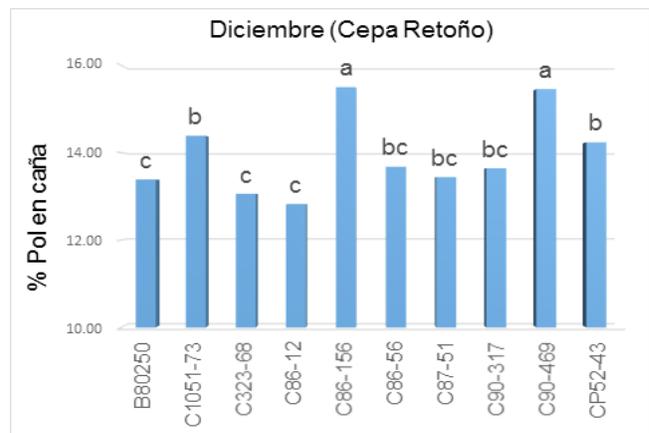
Fuente: Elaboración propia

**Figura 3.** Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de diciembre, cepa planta. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



En cuanto al retoño, en la variable porcentaje de pol en caña para el mes de diciembre, los mejores resultados los ofrecen C90-469 y C86-156. Este último cultivar, presentó similar respuesta a la alcanzada en la cepa de planta (Figura 4).

**Figura 4.** Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de diciembre, cepa retoño. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



El análisis de varianza en la variable porcentaje de pol en caña para el mes de enero, existieron diferencias estadísticas significativas en la respuesta varietal en ambas cepas (Tabla 6). Sin embargo, al desarrollar la comparación de medias de las variedades en la cepa de planta, resultó a C1051-73 y CP52-43 con los resultados más

destacados en el porcentaje de pol en caña; así como a B80250, C323-68 y C86-56 con los valores más bajos para esta etapa (Figura 5).

**Tabla 6.** Análisis de varianza de la variable PPC en cada cepa. Mes enero

Causa de variación	Planta			Retoño		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	2,94	5,95	0,0000	3,674	6,62	0,0000
Error	0,50			0,555		

Fuente: Elaboración propia

En la cepa de retoño para el mes de enero, la mayoría de los cultivares presentaron excelentes resultados en la variable porcentaje de pol en caña (Figura 6). Sin embargo, C323-68 y C86-56 ofrecieron los menores valores. Aspecto este, que coincide con los resultados mostrados en la cepa de planta. Estos resultados coincidieron con los señalados por Delgado et al., (2023), quienes informaron la alta productividad que tienen varios cultivares en esta etapa de zafra y que C323-68 reafirma las características para las cuales se recomendó, para las etapas finales por tener una madurez tardía.

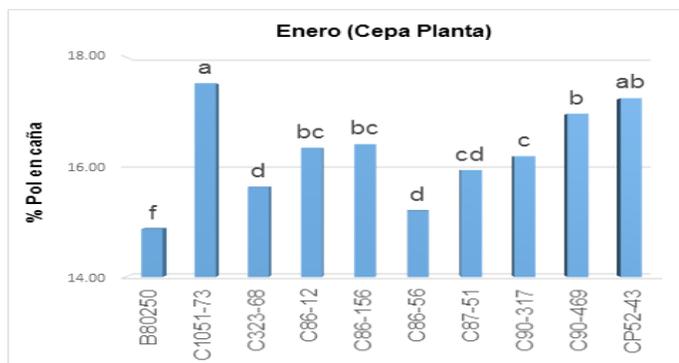
## CONCLUSIONES

Los cultivares C1051-73 y CP52-43 presentaron altos rendimientos y estabilidad en la etapa evaluada; así como C323-68 y C86-56 con los valores más bajos en el variable porcentaje de pol en caña.

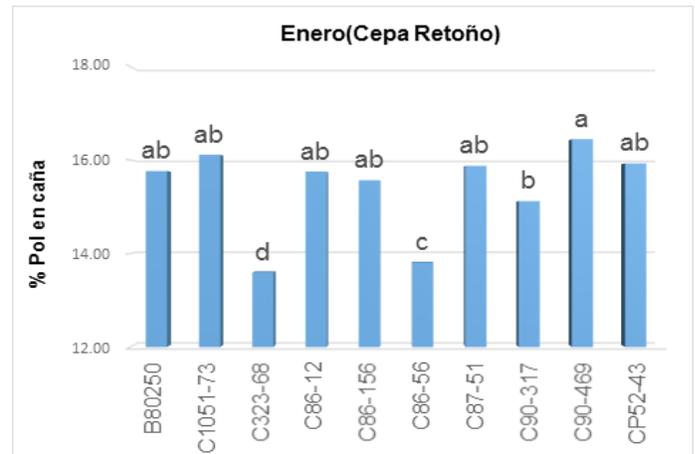
Los cultivares CP52-43, C323-68 y C90-317 poseen los más altos valores del porcentaje de Fibra; así como, C86-56 bajos valores y estables. (Fig. 5)

Los mejores resultados en la variable RPC los ofrecen los cultivares CP52-43 y C86-156.

**Figura 5.** Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de enero, cepa planta. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



**Figura 6.** Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de enero, cepa retoño. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- Balzarini, M., & Di Rienzo, J. A. (2016). InfoGen versión 2016. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.info-gen.com.ar>.
- Camargo, I., Quirós, E., & Gordón, R. (2011). Identificación de ambientes representativos y discriminatorios para seleccionar genotipos de arroz mediante el biplot GGE. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 245-255.
- Cherinet, AW., Mekonnen, M., Tazebachew, A., Fentie, D., Mihiretu, E., & Esmael, J. (2016). GGE Stability Analysis of Seed Yield in Sunflower Genotypes (*Helianthus annuus*. L.) in Western Amhara Region, Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. Int. J. Plant Breed. Genet., 10 (2), 104-109.
- Delgado, I., Núñez, D., Jorge, H., Guillén, S., Díaz, F. R., Gómez, J. R., Suárez, O., & Montes de Oca, J. L. (2016). Evaluación de cultivares de caña de azúcar de madurez temprana, para el inicio de la zafra azucarera en suelos sialitizados no cálcicos. *Revista Centro Agrícola*, 43(2), 5-13.
- Delgado, I. (2022). Perfeccionamiento de la recomendación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) del programa de mejoramiento genético, según el período y momento óptimo de maduración. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (Tesis Doctoral). 98p.

- Delgado, J., Ferrer, M., & Pardo, L. (2023). Comportamiento agroindustrial de la maduración en seis cultivares de caña de azúcar en Mayabeque, Cuba. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 27(79), 29 – 35.
- Delgado, I., Arocha, D., Gómez, J. R. & Jorge, H. (2021). Respuesta de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) para el rendimiento azucarero, en diferentes momentos evaluativos.
- Delgado, I., Jorge, H., Machado, I., & Cornide, M. T. (2019). Diferentes métodos para determinar el período óptimo de maduración de cultivares de la caña de azúcar. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 53(2), 3-15.
- Delgado, I., Jorge, H., Pérez, L., & 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.
- Delgado, I., Rodríguez, S., Gómez, J. R., & Jorge, H. (2022). Evaluación de la madurez de cultivares de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en Cienfuegos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 56(1), 3-10.
- Durai, A. A., Mahadevaiah, C., & Gopinath, K. (2020). Identification of early and mid-late maturing sugarcane varieties for western region of Tamil Nadu. *Journal of Sugarcane Research*, 10, 32-42.
- Gabriel, K. R. (1971). The Biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58, 453–467.
- González, A. N., Jorge, H., Menéndez, A., & Vera, A. (2019). Nuevos cultivares de caña de azúcar para iniciar zafra en el ingenio Ofelina de Panamá. *Bioteología Vegetal*, 19(3), 179-191.
- González, R. M. (2019). Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. *Cronología, legislación, metodologías y conceptos relacionados*. Editorial ICIDCA, La Habana, Cuba. Primera edición, 216p.
- Gordon, M. R, Camargo, B., Franco, B., & González, S. (2006). Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 17(2), 189-199.
- Cuba. 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, 9p. ICINAZ.
- Jorge, H., Delgado, I., González, A., Vera, A., Cornide, M. T., Cabrera, L., Díaz, F. R., Gómez, J. R., Suárez, O., Torres, I., Valladares, F., Cruz, R., Céspedes, A., & Puchades, Y. (2017). Potencial azucarero de un grupo de cultivares de caña de azúcar en Cuba. *Revista ICIDCA* 51(2), 59-66.
- Jorge, H., Menéndez, A., González, A., Delgado, I., Gómez, J. R. (2018). Evaluación de genotipos de caña de azúcar en diferentes ambientes en el ingenio Ofelina, República de Panamá. *Centro Agrícola*, 45(1), 24-33.
- Jorge, H., González, A. N., Delgado, I., Bodaños, R., Suárez, O., Céspedes, A., Gómez, J. R., Díaz, F. R., Puchades, Y., & Rodríguez, R. (2021). Interacción genotipo x ambiente en caña de azúcar en diferentes momentos de cosecha. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 55(1), 8-19.
- Jorge, H., González, R., Casas, M., & Jorge, I. (2011). Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, PUBLINICA. 308 p.
- Rea, R., de Sousa-Vieira, O., Díaz, A., Ramón, M., Briceno, R., George, J., & Niño, M. (2014). Genotype-environment interaction in sugarcane by AMMI and site regression models in Venezuela. *Revista Fac. Agron. (LUZ)*, (31), 362-376.
- Rodríguez, S. (2018). Respuesta de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en diferentes períodos de evaluación en la provincia de Cienfuegos. Universidad Fructuoso Rodríguez. Cienfuegos. Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniera Agrónoma.
- Rodríguez, R., Puchades, Y., Bernal, N., Jorge, H., & García, H. (2010). Métodos estadísticos multivariados en el estudio de la interacción genotipo ambiente en caña de azúcar. *ISSCT*.
- Santos, A., Ceccon, G., Teodoro, P. E., Correa, A. M., Rita de Cássia, F., da Silva, J. F., & Batista, V. (2016). Adaptability and stability of erect cowpea genotypes via REML/BLUP and GGE Biplot. *Bragantia*, Campinas, 75(3): 299-306.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., & Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci*, 40, 597-605.
- Yan, W., & Tinker N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 86, 623–645.