

Evaluación de cultivares de caña de azúcar de madurez temprana, para el inicio de la zafra azucarera en suelos sialitizados no cálcicos

Evaluation of sugarcane cultivars early maturing, for the start of the sugar harvest, non-calcium soils sialitizados

Irenaldo Delgado Mora¹, Dunia Nuñez Jaramillo¹, Héctor Jorge Suarez², Sergio Guillén Sosa², Félix R. Díaz Mujica¹, José Ramón Gómez Pérez¹, Oscar Suárez Sanchez¹, Jorge L. Montes de Oca Suarez¹

¹Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA, Villa Clara) Autopista Nacional Km. 246, Ranchuelo, Villa Clara. CP 53100.

²Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera al CAI Martínez Prieto Km 11/2, Boyeros, La Habana, Cuba. CP 19390.

E-mail: irenaldo@inicavc.azcuba.cu

RESUMEN. El cultivar ideal de caña de azúcar es el que presenta alta productividad cuando se cultiva bajo diversas condiciones ambientales. 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. Por ello, el objetivo del trabajo es evaluar cultivares de caña de azúcar, de madurez temprana que tienen un alto rendimiento azucarero y son estables en varios ambientes, para el inicio de la zafra azucarera en suelos Sialitizados no cálcicos, utilizando plantaciones de frío. La fase experimental de este trabajo se realizó en el bloque experimental de Espartaco, perteneciente a la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara, en cepa caña planta y primer retoño. Se obtuvo como resultado por los altos rendimientos azucareros y bajos valores de los azúcares reductores, utilizar durante el mes de diciembre los cultivares C86-156, C90-469, C89-148, C90-501, C92-203 y C89-161, en enero C87-252, C89-148, C89-161, C89-250, C90-501 y C92-203, para febrero C87-252, C90-469 y C92-203. Los cultivares C87-252, C89-148, C89-161, C90-501 y C92-203, se destacan por su estabilidad en las variables estudiadas al inicio de la contienda azucarera. Económicamente no se recomienda utilizar a C89-246 por presentar 3,27 % de pol menos que el promedio de los cultivares más destacadas, además, sus valores de azúcares reductores son de 0,38 por encima, lo que puede provocar grandes afectaciones en el proceso fabril.

Palabras clave: cosecha, maduración temprana, productividad, *Saccharum*, variedades.

ABSTRACT. The cultivar of sugarcane is the one with high productivity when grown under different environmental conditions. The most critical periods in terms of manufacturing performance, occurs in the first stage of harvest (November-January), which has been a concern of producers and a challenge for breeders. Therefore, the objective of the work is to evaluate the cultivars cane early maturing sugar high sugar and stable performance in various environments, for the start of the sugar harvest in Sialitizados non-calcium soils, using cold plantations. The experimental phase of this work was done in the experimental block Spartacus, belonging to the Territorial Research Station Sugar Cane Villa Clara, strain cane plant and first sucker. By high sugar yields and low levels of reducing sugars was obtained as a result, be used for the month of December, C86-156, C90-469, C89-148, C90-501, C92-203 and C89-161, varieties for January C87-252, C89-148, C89-161, C89-250, C90-501 and C92-203, for February cultivars C87-252, C90-469 and C92-203. The cultivars C87-252, C89-148, C89-161, C90-501 and C92-203, are noted for their stability in the variables studied at the beginning of the sugar war. Economically, it is not recommended to use C89-246 to present pol 3.27 % less than the average of the leading cultivar and reducing sugar values are above 0.38 can cause big damages in the manufacturing process.

Keywords: harvesting, early maturity, productivity, *Saccharum*, varieties.

INTRODUCCIÓN

Al recomendar nuevos cultivares en el programa de mejora, se tienen en cuenta variables de rendimiento agrícola, industrial, calidad de los jugos y resistencia a plagas y enfermedades, sin embargo, faltan otros indicadores como los azúcares reductores, el fósforo inorgánico en el jugo y las cenizas que garantizan el buen desarrollo del proceso de fabricación de azúcar (Pérez y Reyes, 1999). Para muchos la calidad del jugo de la caña de azúcar depende solamente de que tenga un alto contenido de sacarosa y un bajo contenido de azúcares reductores; sin dudas, una de las condiciones fundamentales para considerar un jugo de calidad, situación que se manifiesta más favorablemente en el momento óptimo de maduración.

Por esas razones y por el periodo de madurez de los cultivares de caña de azúcar, las labores de cosecha se planifican y ejecutan en periodos secos que en las condiciones de Cuba ocurren regularmente desde noviembre hasta abril. Los periodos más críticos en cuanto al rendimiento fabril, ocurren en la primera etapa de zafra (noviembre-enero) motivo que ha preocupado a los productores y ha sido un reto para los mejoradores. Gracias al trabajo de mejoramiento genético, hoy se cuenta con cultivares que en ese periodo crítico, muestran elevados rendimientos, aunque siempre sus máximos potenciales están en el periodo óptimo de madurez de febrero y marzo. Esos cultivares se han ordenado para su cosecha, lo que se ha denominado ciclos largos de primavera, con plantaciones en mayo y junio y primera cosecha entre noviembre y enero (Jorge *et al.*, 2011).

Existen las plantaciones de julio a septiembre que son también de ciclos largos, pero de frío, y su cosecha se planifica para la etapa intermedia y final de la zafra. En los suelos Sialitizados no cálcicos no es posible utilizar variedades de madurez temprana, dado sus características reseccantes, por lo que un objetivo fundamental para el Grupo Azucarero AZCUBA es obtener cultivares que se adapten bien a estas condiciones y logren altos rendimientos azucareros para iniciar zafra.

Al considerar los aspectos abordados anteriormente se realizó el presente trabajo con el objetivo de evaluar los cultivares de caña de azúcar, de madurez temprana que tienen un alto rendimiento azucarero y son estables en varios

ambientes, para el inicio de la zafra azucarera en suelos Sialitizados no cálcicos, utilizando plantaciones de frío.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental de este trabajo se realizó en el bloque experimental de Espartaco, provincia de Cienfuegos, perteneciente a la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara, a partir de 2008 durante los ciclos de frío (septiembre-noviembre) para el primer retoño, en condiciones de secano. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. El área de las parcelas fue de 48 m² (largo de 7,5 m, por un ancho de 1,60 m), con cuatro surcos de ancho. La cosecha se realizó desde el mes de diciembre hasta febrero. Los cultivares evaluados fueron cultivares de ciclo de madurez temprana, recomendados por el INICA a la producción (tabla 1), obtenidos y seleccionados en diferentes años y zonas. El cultivar C1051-73 se utilizó como control, dado que es el de madurez temprana que mayor rendimiento azucarero posee en el país.

Tabla 1. Cultivares en estudio

No.	Cultivares	No.	Cultivares
1	(C) C1051-73	6	C89-246
2	C86-156	7	C89-250
3	C87-252	8	C90-469
4	C89-148	9	C90-501
5	C89-161	10	C92-203

(C)- Control

El trabajo se desarrolló en áreas de suelos Sialitizados no cálcicos según Hernández *et al.* (1999). Las precipitaciones del periodo en que se desarrollaron las cosechas se ofrecen en la figura 1 y 2.

Determinación del rendimiento azucarero y evaluación de la calidad de los jugos

Para determinar el rendimiento azucarero de los cultivares se evaluó la variable porcentaje de pol en caña (PPC), y para evaluar la calidad de los jugos, los azúcares reductores, 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, 1996).

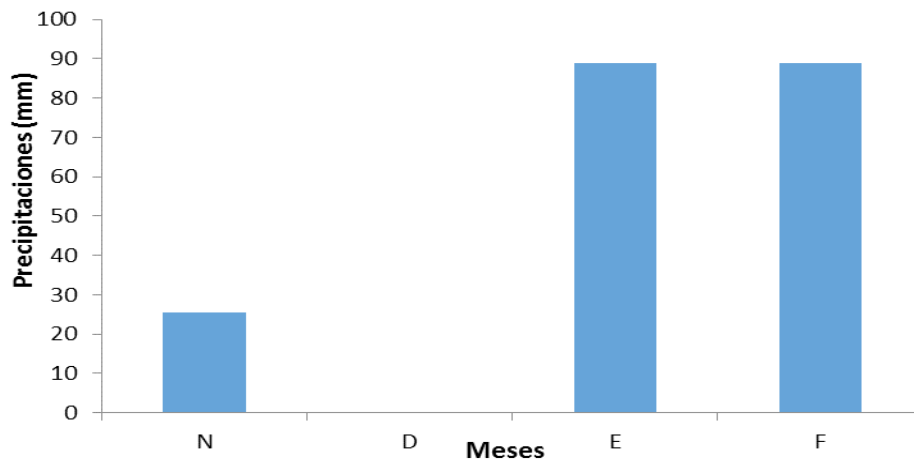


Figura 1. Precipitaciones durante el período de la cosecha en Caña Planta

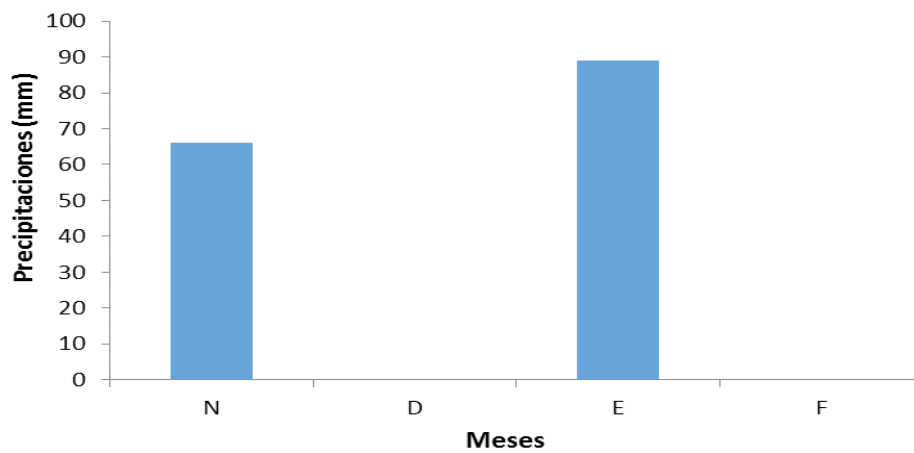


Figura 2. Precipitaciones durante el período de la cosecha en el Retoño

Evaluación de la estabilidad

Al evaluar la estabilidad de los cultivares estudiados se utilizó un análisis de interacción genotipo-ambiente y de estabilidad fenotípica para determinar la consistencia o estabilidad de los resultados en el primer retoño. Después, con los datos de las variables evaluadas se usó el modelo de efectos principales aditivos e interacciones multiplicativas (AMMI) (Gauch, 2007).

Procesamiento de los resultados

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. Al ilustrar los resultados del modelo AMMI se elaboraron gráficos bidimensionales (*biplot*) con los efectos principales de genotipos, cepas y la media general (eje de las abscisas) y el primer componente del modelo AMMI (eje de las ordenas). El paquete estadístico fue utilizado STATISTICA 6.0. sobre Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados son los de la cepa retoño, por la importancia que revierten los mismos.

Resultados obtenidos durante el mes de diciembre

El análisis de varianza del porcentaje de pol en caña (PPC) muestra que en el mes de diciembre, no existen diferencias significativas entre los cultivares evaluados (tabla 2). Sin embargo,

presentan una media de 18,43 %, siendo aceptable para estas condiciones de suelo y mes de cosecha, lo que demuestra además como la composición en edades de tallos para esta cepa es más homogénea que para caña planta, coincidiendo con las recomendaciones de Jorge *et al.* (2010).

Al analizar los Azúcares Reductores (tabla 3), se muestran las diferencias significativas entre los cultivares. Así mismo, todos los cultivares tienen valores inferiores al control C1051-73, excepto C89-250 que es superior (figura 3). No obstante, se destacan positivamente C86-156, C87-252, C90-469, C89-148, C89-161, C90-501 y C92-203, lo que sugiere la utilización de estos ya que sus valores no producen efectos negativos en la polarización de los jugos.

Resultados obtenidos durante el mes de enero

El análisis de varianza realizado al porcentaje de pol en caña (PPC) en el mes de enero (tabla

4) muestra que existen diferencias significativas entre los cultivares C87-252, C89-148, C89-161, C89-250, C90-501 y C92-203 presentan valores similares al control (figura 4), pero este valor en C86-156, C89-246 y C90-469 es inferior.

Los valores obtenidos de Azúcares Reductores en este mes (tabla 5) difieren significativamente entre los cultivares. Sin embargo, a pesar de ser bajos, todos los cultivares ofrecen resultados similares o inferiores al control (figura 5).

Resultados obtenidos durante el mes de febrero

En el análisis de varianza realizado al porcentaje de pol en caña (tabla 6) se aprecia que existen diferencias significativas entre los cultivares. Todos los cultivares presentan valores similares o superiores al control (figura 6), lo que reafirma los resultados obtenidos en las etapas anteriores del trabajo realizado sobre estos suelos.

Tabla 2. Análisis de varianza del porcentaje de pol en caña (PPC) durante diciembre

Causas de Variación	MS	F	p	Mean	Std.Dev.
Cultivares	0,8200	2,2192	0,0661	18,43	0,71
Error	0,3695				

Tabla 3. Análisis de varianza de los Azúcares Reductores

Causas de Variación	MS	F	p
Cultivares	0,0476	4,2820	0,0033
Error	0,0111		

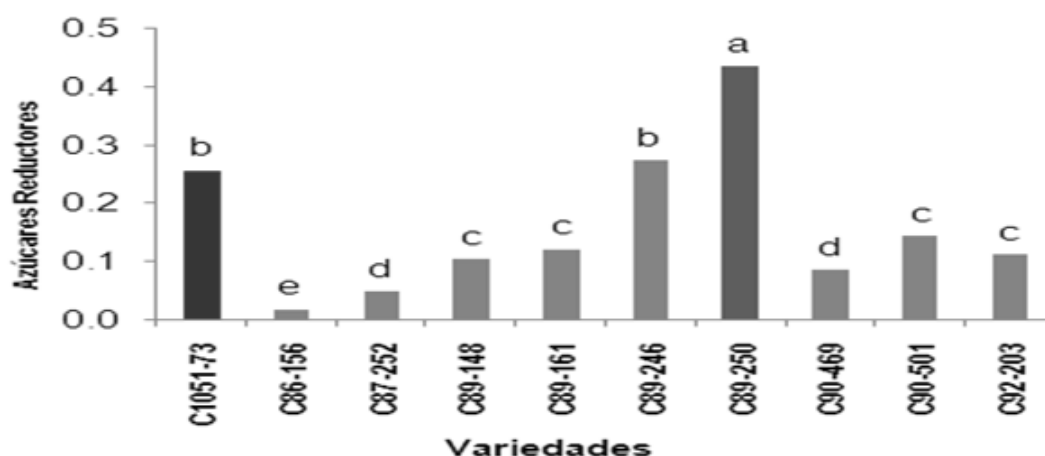


Figura 3. Análisis de los Azúcares Reductores

Tabla 4. Análisis de varianza del porcentaje de pol en caña (PPC)

Causas de Variación	MS	F	p
Cultivares	1,0013	4,2788	0,0033
Error	0,2340		

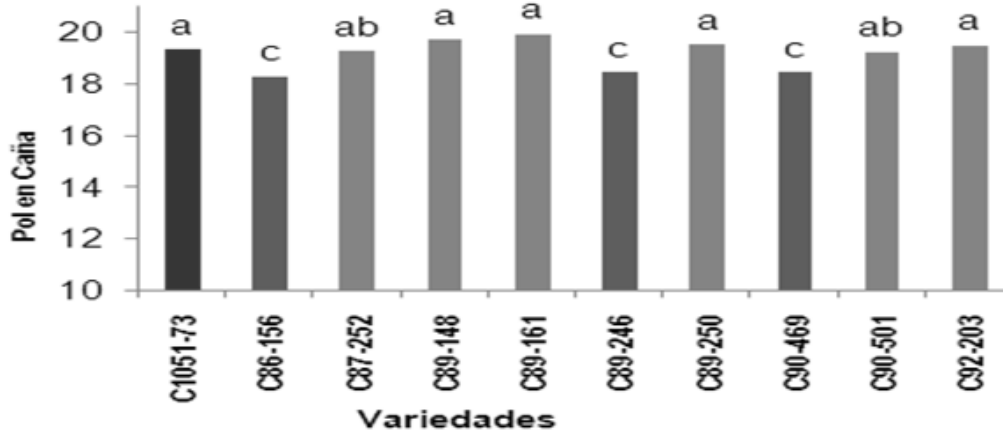


Figura 4. Análisis del porcentaje de pol en caña (PPC)

Tabla 5. Análisis de los Azúcares Reductores en el mes de enero

Causas de Variación	MS	F	p
Cultivares	0,0235	4,5662	0,0023
Error	0,0052		

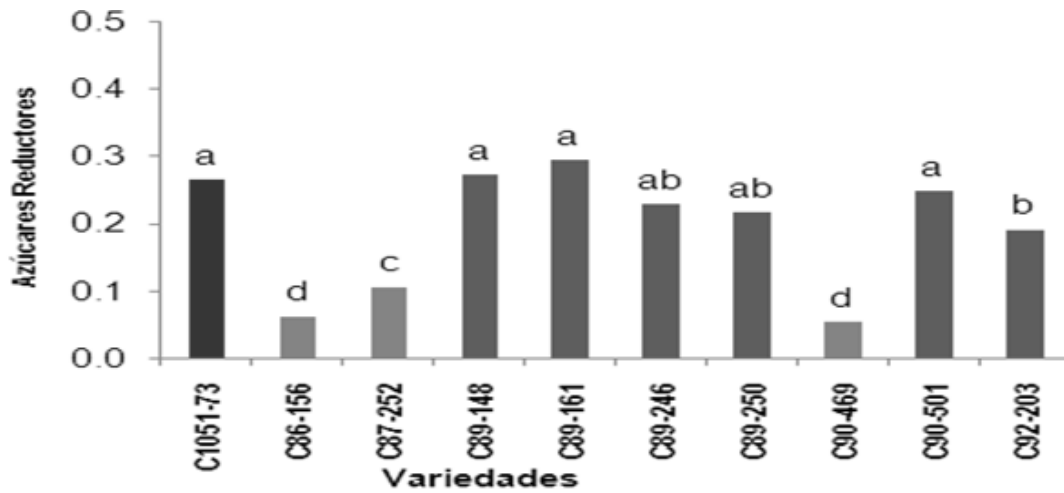


Figura 5. Análisis de los Azúcares Reductores mes enero

Tabla 6. Análisis del porcentaje de pol en caña (PPC)

Causas de Variación	MS	F	p
Cultivares	1,21	2,60	0,036112
Error	0,46		

Los Azúcares Reductores también muestran diferencias significativas en el mes de febrero (tabla 7). A pesar de presentar valores medios muy bajos, C87-252, C90-469 y C92-203 poseen valores inferiores al control (figura 7).

A modo de conclusión, en el mes de febrero se sugiere la cosecha de los cultivares C87-252, C90-469 y C92-203, por su alto rendimiento azucarero y bajos valores de los azúcares reductores en los jugos de la caña de azúcar.

Evaluación de la estabilidad de los cultivares

El modelo AMMI representado en la figura 8 extrae el 64 % de la varianza contenida en el efecto de los cultivares más la interacción genotipo-ambiente (IGA). Al conformar este tipo de *biplot* se observa que los ambientes de prueba quedaron agrupados en cinco zonas bien definidas. La variabilidad existente entre las zonas para la variable porcentaje de pol en caña muestra que: el mes de diciembre en retoño se

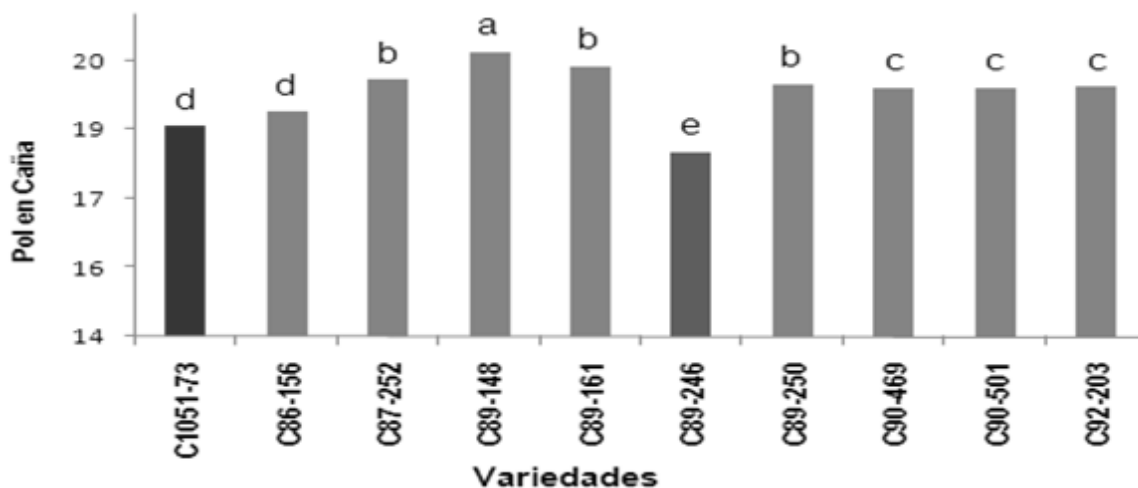


Figura 6. Análisis del porcentaje de pol en caña (PPC)

Tabla 7. Análisis de los Azúcares Reductores

Causas de Variación	MS	F	p
Cultivares	0,044224	7,3350	0,000110
Error	0,006029		

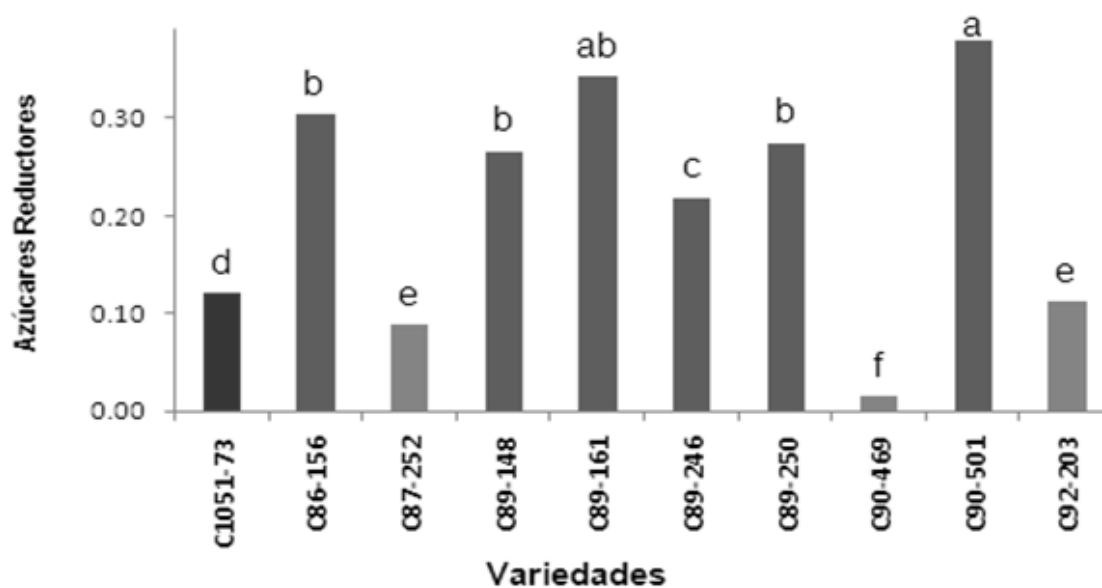


Figura 7. Análisis de los Azúcares Reductores

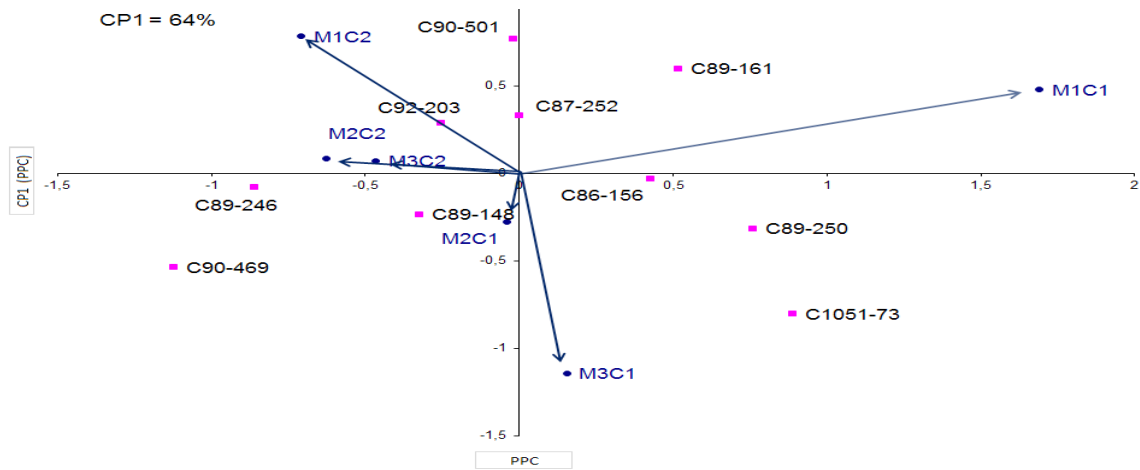


Figura 8. Biplot de los mejores cultivares en cada ambiente para PPC

caracteriza por C90-501 y enero por C92-203, aunque durante febrero (M3C2), se identifica C1051-73, resultado que reafirma cuales son los cultivares de mejor comportamiento para cada ambiente (Yan y Tinker, 2006), demostrando la adaptabilidad de los mismos en ambiente específicos, coincidiendo con estudios reportados por Rodríguez *et al.* (2012).

Cuando se analiza el comportamiento medio de los cultivares y su estabilidad (figura 9) (proyección de los genotipos sobre la línea discontinua perpendicular al eje), se obtiene que los genotipos C90-501, C87-252, C89-161 y C89-148 son de altos rendimientos azucareros, estables en los ambientes, aunque de ellos sobresalen los dos primeros. Así mismo se observa que C89-250 y C1051-73 también clasifican dentro de las de

mayor rendimiento agrícola, pero no son estables en los ambientes evaluados. Este resultado demuestra la especificidad de los cultivares a cada zona. Estrada y Martínez (2003), Yan *et al.* (2007) y Rodríguez (2012) señalan que los genotipos que más cerca se encuentran del eje de coordenadas son los más estables en el rendimiento.

Estudios realizados por Delgado *et al.* (2013) en cinco localidades de país, refieren que C89-161, C92-514, C86-156 y C86-12 son los más estables en esos ambientes al ser de alto rendimiento azucarero, así como C323-68, C91-367 y C90-530 que presentaron también rendimientos azucareros elevados; pero estos últimos mencionados no eran estables en los ambientes analizados, lo que demostraba la adaptabilidad de los cultivares a ambientes

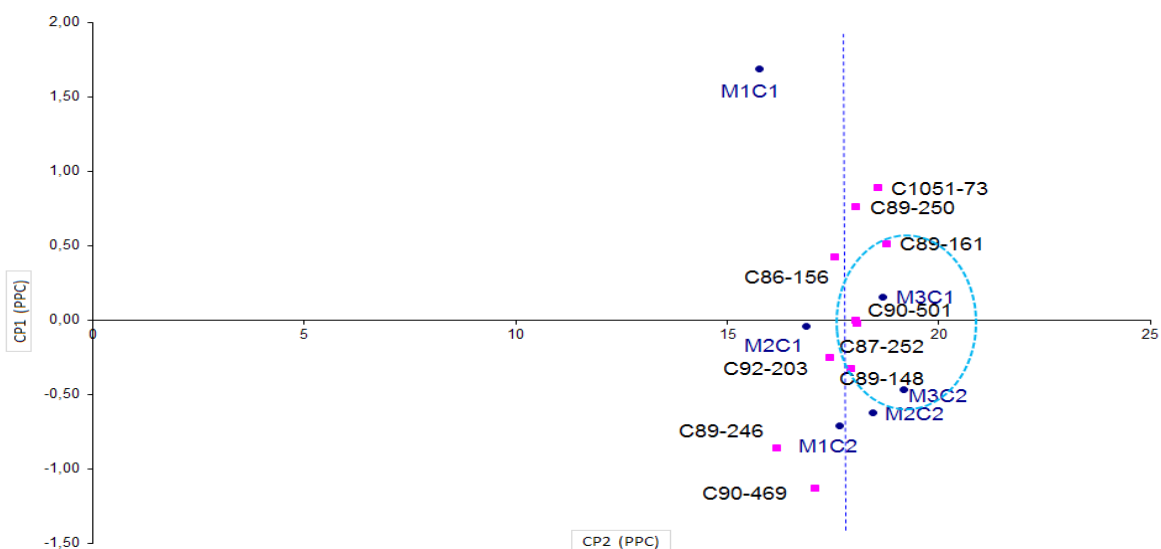


Figura 9. Estabilidad de los genotipos en los ambientes para PPC.

específicos, coincidiendo con resultados reportados por Rodríguez *et al.* (2012).

Evaluación de la estabilidad de los azúcares reductores

La figura 10 ilustra la variabilidad existente entre los ambientes, para la variable azúcares reductores. En la misma se puede apreciar la aproximación de C1051-73 a los ambientes de diciembre y enero en la cepa retoño, y C89-161 con el ambiente febrero en retoño.

Al ilustrar en figura 11 el comportamiento medio de los cultivares y su estabilidad (proyección de los genotipos sobre la línea

discontinua perpendicular al eje) para la variable azúcares reductores, se observa que C90-469, C86-156, C89-161 y C92-203 son estables en los ambientes y tienen los menores valores de este indicador. Así mismo, C90-501, C89-246, C89-148 y C1051-73 presentan valores superiores, pero no son estables, lo que demuestra la especificidad de los cultivares a cada zona.

CONCLUSIONES

1. Para el mes de diciembre se sugiere la utilización de los cultivares C86-156, C90-469, C89-148, C90-501, C92-203 y C89-161, mientras que en enero, los cultivares C87-252,

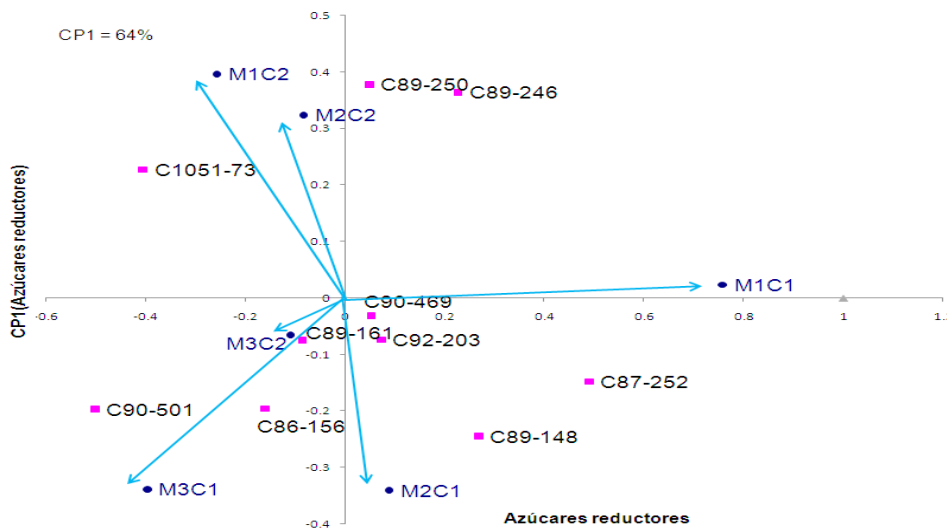


Figura 10. Biplot de los cultivares en cada ambiente según el contenido de Azúcares Reductores

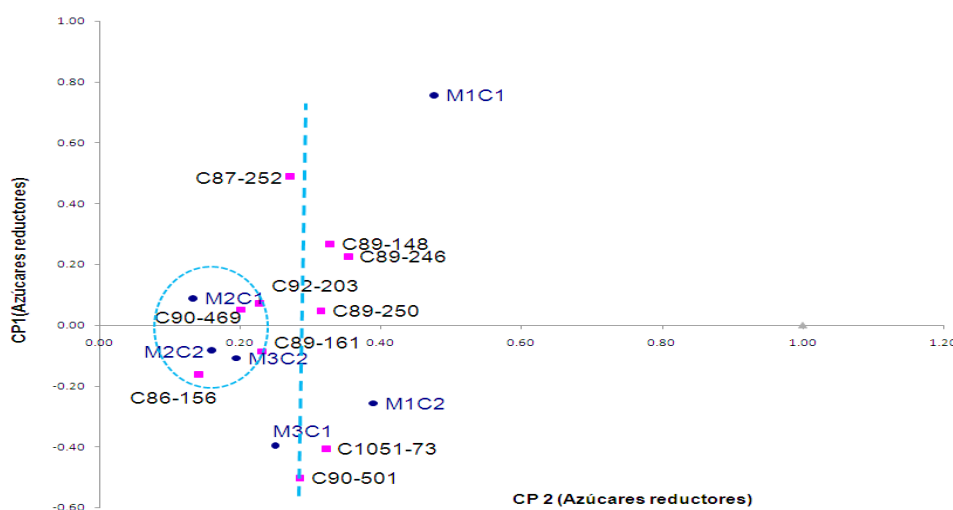


Figura 11. Estabilidad de los cultivares en los ambientes según el contenido de Azúcares Reductores

C89-148, C89-161, C89-250, C90-501 y C92-203, y en febrero C87-252, C90-469 y C92-203, por su alto rendimiento azucarero y bajos valores de azúcares reductores. En estos meses no se debe utilizar al cultivar C89-246 por no adaptarse a estas condiciones en la etapa evaluada.

2. Los cultivares C87-252, C89-148, C89-161, C90-501 y C92-203, se destacan por su estabilidad en el alto rendimiento azucarero y bajos valores de los azúcares reductores al inicio de la contienda azucarera (diciembre-enero).

3. Se recomienda desarrollar estudios similares sobre otros suelos, así como realizar investigaciones con otros cultivares.

BIBLIOGRAFÍA

1. Delgado I.; H.J. Suárez; A. Vera; H. García; F. R. Díaz; A. Céspedes; J. R. Gómez; I. Torres; R. Cruz; Y. Vaillan; Y. Puchades; R. Rodríguez, J.C. Pérez, J.C. Santos y S. Guillén: Los momentos de cosecha en el cultivo de la caña de azúcar y la estabilidad de los cultivares en cada etapa de zafra en cinco localidades de Cuba. La Habana. Cuba. Cuba & Caña 1: 17-22, 2013. ISSN 1028-6527.
2. Estrada, C. B. y V. Martínez: Estabilidad del rendimiento de grano de híbridos de maíz usando mejores predictores lineales insesgados. *Agrociencia*, 37: 605-616, 2003.
3. Gauch, H.G.: MATMODEL Version 3.0: Open source software for AMMI and related analyses. 2007. Crop and Soil Sciences, Cornell University, Ithaca, NY 14853, USA. En sitio web: <http://www.css.cornell.edu/staff/gauch/matmodel.html>. Consultado el 21 de enero de 2015.
4. Hernández, A.; J.M. Pérez; D. Bosch; L. Rivero: Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGRINFOR, La Habana, Cuba. 1999, 64 p.
5. ICINAZ (INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES AZUCARERAS): Manual de Métodos Analíticos para el Control Unificado. Azúcar Crudo (Partes I y II), Ministerio del Azúcar, La Habana, Cuba. 1996.
6. Jorge, H.; Ibis Jorge; N. Bernal: Principios y conceptos básicos para el manejo de cultivares y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. Editorial PUBLINICA, La Habana, Cuba. 2010, 99 p.
7. Jorge, H.; R. González; M. Casas; I. Jorge: Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. Editorial PUBLINICA, La Habana, Cuba. 2011, 308 p.
8. Pérez, J.L.; C.F. Reyes: Influencia del deterioro post-corte de las variedades de caña de azúcar en plantaciones de frío en Villa Clara. Villa Clara, Cuba. 1999, 8 p.
9. Rodríguez, R.: Perfeccionamiento del programa de mejora genética de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para la obtención de nuevos genotipos tolerantes al estrés por déficit hídrico. Tesis presentada en opción al grado Científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. INICA, La Habana, Cuba. 2012, 100 p.
10. Rodríguez, R.; Y. Puchades; N. Bernal; H. Jorge y H. García: Métodos estadísticos multivariados en el estudio de la interacción genotipo ambiente en caña de azúcar. *Ciencia en su PC*, 1: 47-60, 2012.
11. Yan, W. and N.A. Tinker: Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *J. Plant Sci.*, 86:623-645, 2006.
12. Yan, W.; M.S. Kang; B. Ma; S. Woods and P.L. Cornelius: GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Sci.*, 47: 643-655, 2007.

Recibido el 23 de mayo de 2015 y aceptado el 1 de marzo de 2016