

## Evaluación agroproductiva de variedades de caña de azúcar, resistentes a condiciones adversas por déficit hídrico y su estabilidad en varios ambientes

### Agro-productive evaluation of varieties of sugarcane, resistant to adverse conditions for water deficit and their stability in several ecosystem

Irenaldo Delgado<sup>1</sup>, José L. Pérez<sup>1</sup>, Héctor Jorge<sup>2</sup>, Héctor García<sup>1</sup>, Félix R. Díaz<sup>1</sup>, Aydiloide Bernal<sup>1</sup>, Harol González<sup>1</sup>, José Ramón Gómez<sup>1</sup>, Osmany Aday<sup>1</sup>, Jorge L. Montes de Oca<sup>1</sup>, Susana Reyes<sup>1</sup>, Aylín Gallardo<sup>1</sup>, Javier Barroso<sup>1</sup>, Luis F. Machado<sup>1</sup>, y Dunia Nuñez<sup>1</sup>

1- Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA Centro VC). ETICA Villa Clara. Autopista Nacional Km. 246, Ranchuelo, Villa Clara, C.P. 53100. Teléfonos: (53-42) 451520 Fax: (53-42) 451520.

2- Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). La Habana, Cuba.

E-mail: [fitomejoramiento@epica.vc.azcuba.cu](mailto:fitomejoramiento@epica.vc.azcuba.cu)

**RESUMEN.** Los principales programas de fitomejoramiento del mundo cañero han prestado atención a la clasificación de los ambientes de prueba, por lo que la evaluación de genotipos a través de distintos ambientes es una de las prácticas más usuales para la recomendación de nuevos cultivares a los productores, así como su estabilidad. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar agroproductivamente variedades de caña de azúcar en parcelas experimentales de plantaciones de frío, resistentes a condiciones adversas por déficit hídrico, así como su estabilidad en varios ambientes. Bajo estas nuevas premisas se desarrolló este estudio en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara en el ciclo de frío, en bloques completamente al azar, las variables evaluadas fueron porcentaje de pol en caña, toneladas de caña por hectárea y toneladas de pol por hectárea. Se obtuvo como resultado que el genotipo C86-156 es de alto rendimiento agrícola y estable en todos los ambientes, así como de alto contenido azucarero, por lo que su cosecha debe ser en la etapa inicial de zafra (diciembre-enero), no así como C89-147 que es el de mayor rendimiento, pero no es estable en los ambientes. Se definen cinco ambientes de prueba con los genotipos específicos, donde noviembre está caracterizado por C90-530 y C89-147, diciembre por C86-56, enero por C89-148, febrero por C86-156 y marzo por C85-102.

**Palabras clave:** caña de azúcar, estabilidad de genotipos, resistencia a la sequía.

**ABSTRACT.** The main breeding programs in the world have heeded sugarcane classification of test environments, so that the evaluation of genotypes across different environments is one of the most common practices for the recommendation of new cultivars to producers and as its stability. This study aimed to evaluate agroproductivamente varieties of sugar cane plantation plots cold, resistant to adverse conditions of water deficit and its stability in various environments. Under these new assumptions developed in this study Territorial Research Station of Sugarcane Villa Clara in the cold cycle, in a randomized complete block, the variables were percentage of pol in cane, tons of cane per hectare pol tons per hectare. The result was that the genotype C86-156 high agricultural yields and stable in all environments and high sugar content, so their harvest should be in the initial stage of harvest (December-January), and C89-147 which is the highest performance, but not stable environments. Identifies five test environments with specific genotypes, where November is characterized by C90-530 and C89-147, December by C86-56 January for C89-148, C86-156 by February and March by C85-102.

**Key words:** sugarcane, stability of genotypes, drought resistance.

## INTRODUCCIÓN

En las investigaciones para la obtención de nuevas variedades de caña de azúcar, el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, ha realizado innumerables estudios basados principalmente en el

rendimiento agrícola, resistencia ante plagas y enfermedades y contenido azucarero entre otros.

En estudios realizados para caracterizar variedades de caña de azúcar que se van a recomendar a la

producción se han ofrecido infinidad de resultados sobre la calidad de los jugos de las mismas, no así ante variedades resistentes a condiciones de secano que por sus características requieren adaptabilidad a condiciones climáticas específicas y por tanto, no han representado un porcentaje importante en la provincia y el país.

En trabajos realizados por Pérez y Reyes (1999), refieren que por consecuencia de la sequía se produce un fenómeno físico de evaporación en los tallos, que provoca en los mismos un incremento, por desecación, de los sólidos solubles en el jugo (brix), con el consiguiente aumento del pol en jugo. Posteriormente se produce un fenómeno químico de desdoblamiento de la sacarosa con una brusca

caída del pol en jugo e incremento de azúcares reductores, entre otros, lo que ocasiona cuantiosas pérdidas del crudo, y que todas las variedades no poseen igual respuesta, constituyendo una evidente razón para el estudio de la calidad de los jugos en diferentes variedades en condiciones de secano en diferentes localidades.

Considerando los diferentes aspectos abordados y con el propósito de caracterizar variedades de caña de azúcar en plantaciones de frío, resistentes a déficit hídrico, se realizó un estudio con el objetivo de evaluar agroproductivamente variedades de caña de azúcar en parcelas experimentales de plantaciones de frío, resistentes a condiciones adversas por déficit hídrico, así como su estabilidad en varios ambientes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La fase experimental de este trabajo se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara, a partir de 2008 en el ciclo de frío (septiembre- noviembre) primer retoño, en condiciones de cultivo de secano, en bloques completamente al azar con tres repeticiones.

Las variables evaluadas fueron porcentaje de pol (ppc), toneladas de caña por hectárea (t caña/ha) y toneladas de pol por hectárea (t pol/ha), según la metodología establecida por el INICA. (Jorge *et al.*, 2002)

El área de las parcelas es de 48 m<sup>2</sup>, con un largo de 7,5 m, por un ancho de 1,60 m, con cuatro surcos de ancho. (Pérez y Milanés, 1979)

Los genotipos evaluados fueron variedades recomendadas por INICA a la producción (tabla 1), obtenidas y seleccionadas en diferentes años y zonas, poseer las características de resistencia a la

sequía y encontrarse en estos momentos formando parte de la cadena de semilla en sus diferentes categorías. Los datos se analizaron desde el mes de noviembre hasta marzo.

Los suelos fueron Orden Inceptisol según la correlación realizada por Hernández *et al.*, (2005). Se anotaron los acumulados de las precipitaciones medias mensuales durante el período en el que se desarrolló el experimento en primer retoño, su promedio y la histórica. (figura 1)

La evaluación estadística de los resultados se realizó utilizando un ANOVA, con arreglo matemático bifactorial para cada cosecha en la cepa evaluada, considerando como causa de variación las variedades, momentos de cosechas y la interacción entre estos dos factores, utilizando la probabilidad de (P<0.05 y 0.01) de no cometer error.

Se realizó la comparación de medias mediante prueba de Múltiple Rango con dócima de Tukey (P<0.01). Los datos originales fueron comprobados para su ajuste a la normalidad mediante Bartlett-test, con su correspondiente Chi cuadrado.

Con los efectos de la IGA se realizaron los análisis estadísticos multivariados de IGA y estabilidad fenotípica los que son descriptos a continuación: Los modelos AMMI combinan los análisis de varianza para los efectos principales aditivos y la

**Tabla 1. Variedades estudiadas**

No.	Variedades
1	C85-102
2	C86-56
3	C86-156
4	C89-147
5	C89-148
6	C90-530

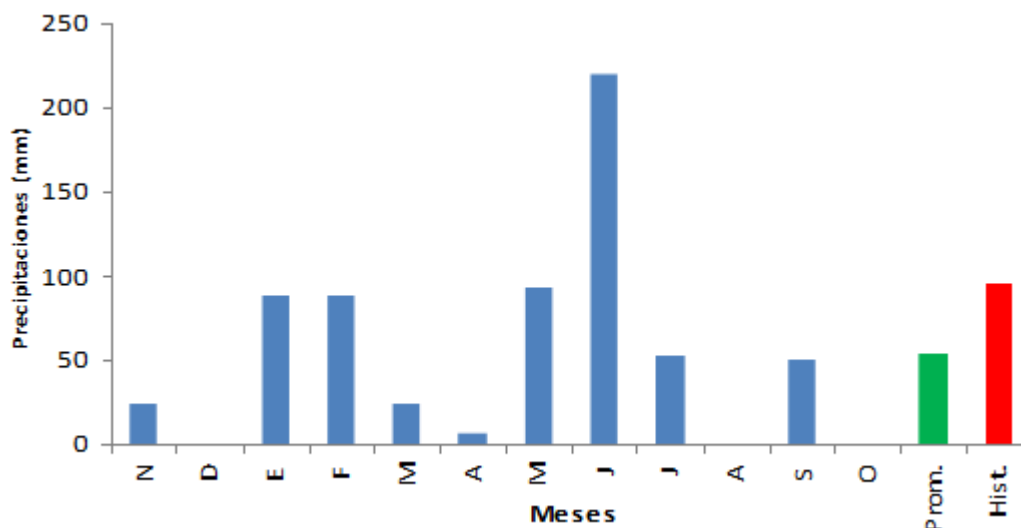


Figura 1. Precipitaciones presentadas durante el período de retoño

descomposición en valores y vectores singulares (DVS), para los parámetros multiplicativos. En este

contexto se considera la IGA un diseño bifactorial de genotipos y ambientes. (Gauch, 2006) Se llamará modelo AMMI a la expresión:

$$AMMI_M : E(y_{ij}) = \mu + \alpha_i + \beta_j + \sum_{m=1}^M \lambda_m u_{m_i} v_{m_j} + e_{ij}$$

Donde:

- $Y_{ij}$  : observación correspondiente a la combinación de niveles ij;
- $\mu$  : ?media general
- $\alpha_i$ : efecto del de genotipo i
- $\beta_j$ : efecto del ambiente j
- $\hat{\alpha}_i, \hat{\alpha}_j$  : efectos principales de para genotipos y ambientes respectivamente
- $\hat{e}_m$  : corresponde al valor singular de orden m
- $u_{m_i}$ : coordenada i-ésima del vector singular asociado a  $\hat{e}_m$
- $v_{m_j}$ : coordenada j-ésima del vector singular asociado a  $\hat{e}_m$
- $e_{ij}$ : residuo.

A partir de este modelo, se construyó el *biplot* AMMI1 en que se representa en el eje de las abscisas los efectos aditivos (media de genotipos y ambientes y la media general) y en el eje de las ordenas los valores de los “marcadores” de genotipos y ambientes de la componente 1 (CP1). Durante el procesamiento estadístico – matemático de toda la información se dispuso del paquete estadístico STATISTICA 6.0.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza bifactorial para el Pol en caña, presentó diferencias significativas en la interacción de ambos, tabla 2. En esta variable se observa los resultados alentadores de todas las variedades en el mes de febrero, además de C85-102 que se mantiene en enero y marzo, y C89-147 en este último mes, no obstante, este cultivar junto a C86-56 en el mes de noviembre resultó significativamente inferior (figuras 2), corroborando el criterio de madurez intermedia según Jorge *et al.*, (2010). Pérez *et al.*, (2000) reportaban como a

partir del mes de enero el pol en jugo, el brix y la sacarosa real de las variedades en estudio igualaban o superaban estadísticamente al control Ja60-5, alcanzando valores superiores a 20% de pol en el mes de enero.

Tabla 2. Análisis de varianza para el Pol en Caña

Causa Variación	CM	F	S
Variedad	2.23	22	**
Momento de cosecha	9.05	89.334	**
Variedad X Momento de cosecha	0.23	2.277	**
Error	0.1		

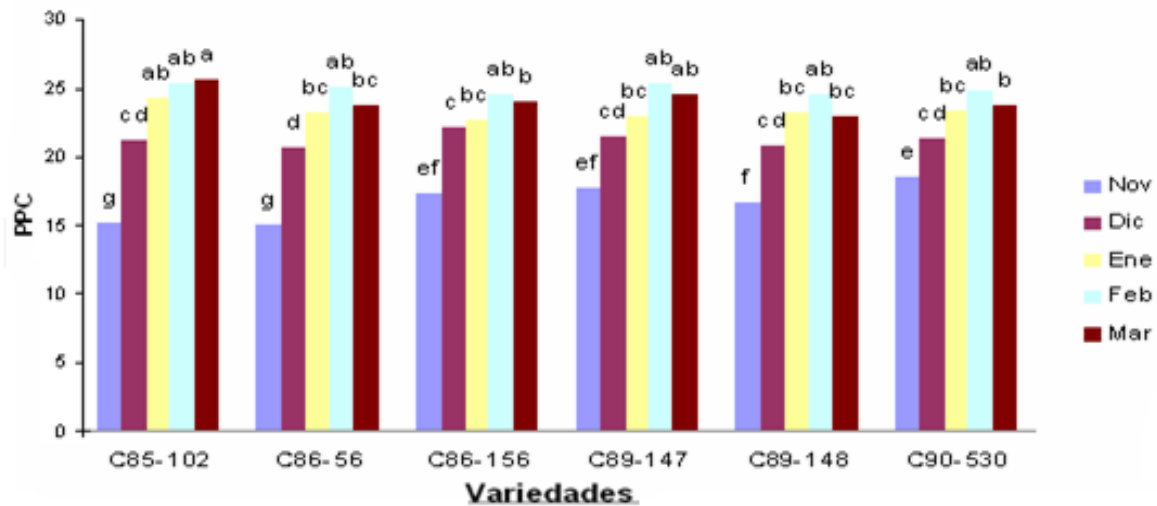


Figura 2. Interacción variedad-momento de cosecha en relación al Pol en Caña

El análisis de varianza bifactorial para las toneladas de caña/ha, ofreció diferencias significativas en la interacción de ambos factores (tabla 3), el genotipo

C85-102 ofrece en el mes de noviembre los peores resultados (figura 3).

Tabla 3. Análisis de varianza para toneladas de caña/ha

Causa Variación	CM	F	S
Variedad	317.44	15.499	**
Momento de cosecha	269.83	13.174	**
Variedad X Momento de cosecha	113.32	5.533	**
Error	20.48		

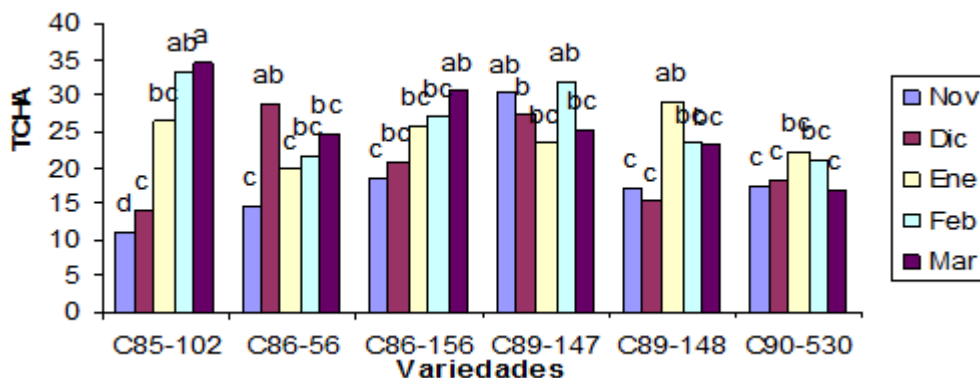


Figura 3. Interacción variedad-momento de cosecha en relación las toneladas de caña/ha

El modelo AMMI representado en la figura 4, extrae el 63.92 % de la varianza contenida en el efecto de los genotipos 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: noviembre caracterizado por los genotipos C90-530 y C89-147, diciembre por C86-56, enero por C89-148, febrero por C86-156 y marzo por C85-102, reafirmando que los genotipos de mejor respuesta en cada ambiente son aquellos que se encuentran más cercanos a la misma (Yan y Tinker, 2006), demostrando la adaptabilidad de los mismo en

ambiente específicos, coincidiendo con estudios reportados por Rodríguez *et al.*, (2010).

La respuesta media de los genotipos y su estabilidad (proyección de los genotipos sobre la línea discontinua perpendicular al eje), (Figura 5), se obtuvo que el genotipo C86-156 es el de mayor rendimiento agrícola y el más estable en todos los ambientes, ya que son los que más cerca se encuentran del eje de coordenadas (Estrada y Martínez, 2003; Yan *et al.*, 2007), no así como el genotipo C89-147 que es el de mayor rendimiento, pero no es estable en varios ambientes, demostrando la especificidad de los genotipos a cada zona.

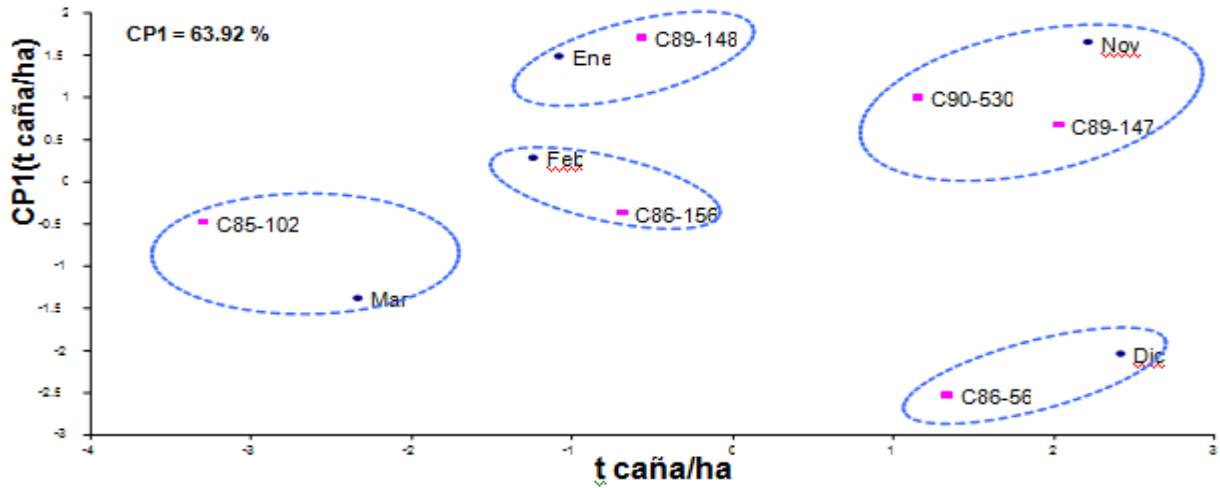


Figura 4. Biplot de la respuesta de los mejores genotipos en cada ambiente

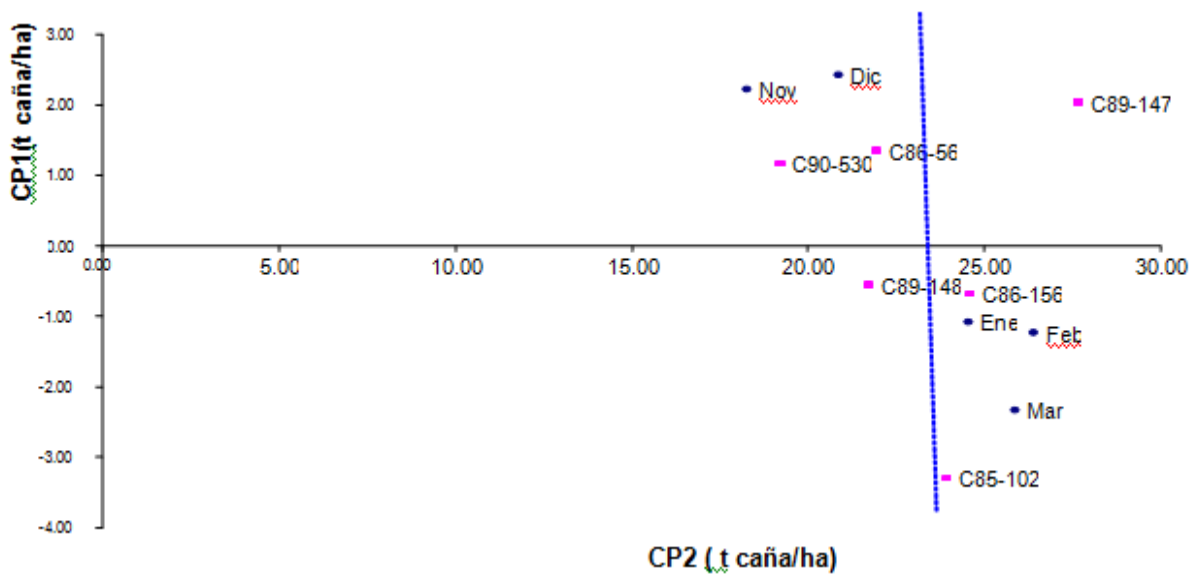


Figura 5. Estabilidad de los genotipos en los ambientes

El análisis de varianza bifactorial para las toneladas de pol/ha, ofreció diferencias significativas en variedades, momentos y la interacción de ambos (tabla 4) además, los cultivares C89-147 y C85-102 alcanzan magníficos resultados en el mes de febrero,

asi como este último cultivar y C86-156 en el mes de marzo, aunque C85-102 y C86-56 ofrecen en el mes de noviembre los peores resultados (figura 6, coincidiendo con resultados antes expuestos por Jorge *et al.*, (2010) y González (2010).

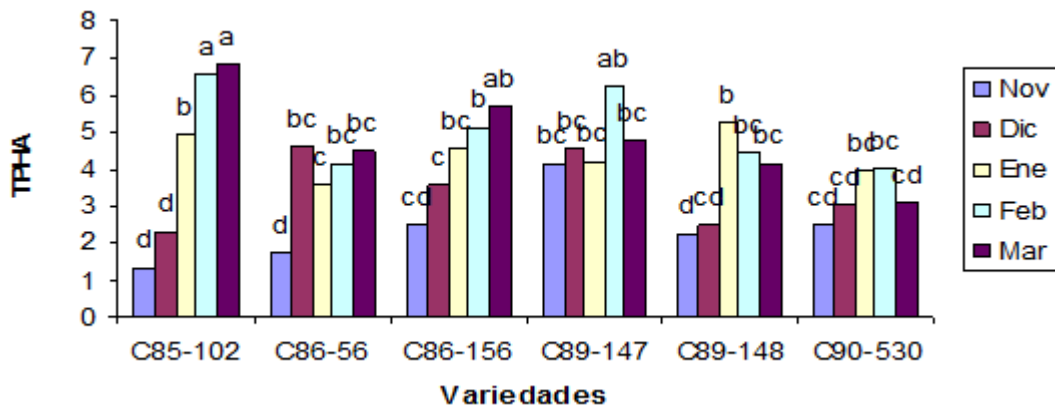


Figura 6. Interacción variedad-momento de cosecha en relación las TPHA

Tabla 4. Análisis de varianza para TPHA

Causa variación.	CM	F	S
Variedad	10.74	15.472	**
Momento de cosecha	12.87	18.538	**
Variedad X Momento de cosecha	3.98	5.74	**
Error	0.69		

## CONCLUSIONES

1. El genotipo C86-156 es de alto rendimiento agrícola y estable en todos los ambientes, así como de alto contenido azucarero, por lo que su cosecha debe ser en la etapa inicial de zafra (diciembre-enero), no así como C89-147 que es el de mayor rendimiento, pero no es estable en los ambientes.

2. Se definen cinco ambientes de prueba con los genotipos específicos, donde noviembre está caracterizado por C90-530 y C89-147, diciembre por C86-56, enero por C89-148, febrero por C86-156 y marzo por C85-102.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Estrada C. B y Martínez V. 2003. Estabilidad del rendimiento de grano de híbridos de maíz usando mejores predictores lineales insesgados. *Agrociencia* 37:605-616.

2. Gauch, H.G. 2006. Statistical Analysis of Yield Trials by AMMI and GGE. *Crop Sci.* 46:1488-1500.

3. González P. 2010. Recomendación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp.* híbrido) adaptadas a condiciones de estrés hídrico en la Unidad Básica de Producción "Santa Rita". Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrónomo. UCLV.

4. Hernández J. A., Ascanio M.O., Morales Marisol, Morell F. 2005. Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. LA Habana. Cuba.

5. Jorge, H. y col. 2010. Principios y conceptos básicos para el manejo de variedades y semilla de caña de azúcar en la agroindustria azucarera cubana. PUBLINICA. ISSN 1028-6527. La Habana. Cuba.

6. Jorge, H.; R. González, M. Casas e Ibis Jorge. 2002. Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. Boletín No. 1 Cuba&Caña. INICA. 308p.

7. Pérez, J. L., C. F. Reyes 1999. Influencia del deterioro post-corte de las variedades de caña de azúcar en plantaciones de frío en Villa Clara. Villa Clara (Inédito), Cuba, 8 pp.

8. Pérez, J. L.; Reyes, C.; Jorge, H. y Díaz, F.R. 2000. Evaluación de variedades de caña de azúcar atendiendo a la calidad de sus jugos. *Revista Centro Azúcar*, No 3.

9. Pérez, J.L. y N. Milanés 1979. *Revista Ciencias de la Agricultura*. No. 4.

10. Rodríguez, R.; Yaquelin Puchades; N. Bernal; H. Jorge y H. García. 2010. Métodos estadísticos multivariados en el estudio de la interacción genotipo ambiente en caña de azúcar. ISSCT.

11. Yan, W., and N.A. Tinker. 2006. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 86:623-645.

12. Yan, W., M.S. Kang, B. Ma, S. Woods, and P.L. Cornelius. 2007. GGE biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Sci.* 47:643-655.

Recibido: 18/12/2011

Aceptado: 22/10/2012