

Evaluación de cultivares de caña de azúcar al Sur de la provincia Holguín, Cuba.

Evaluation of sugar cane cultivars to the South of Holguin province, Cuba.

Autores: Ing. Yulexi Mendoza-Batista¹, MSc. Yaquelin Puchades-Izaguirre², Dr. Rubisel Cruz- Sarmiento¹, Ing. Yoandris Vaillant-Cáceres¹, Ing. José Rodríguez-Zayas¹.

Organismo: Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA), Mayarí, Holguín.¹, Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Oriente Sur, Palma, Santiago de Cuba²

E-mail: yulexi.mendoza@inicahl.azcuba.cu, yaquelin.puchades@inicas.azcuba.cu, rubisel.cruz@inicahl.azcuba.cu, yoandris.vaillant@inicahl.azcuba.cu, jose.rodriguez@inicahl.azcuba.cu

Resumen.

El estudio se desarrolló en dos localidades de la provincia Holguín, con los objetivos de evaluar la respuesta de un grupo de cultivares de caña de azúcar en condiciones de estrés por sequía, y definir los de mejor comportamiento agroindustrial y fitopatológico para cada localidad. Para ello, se establecieron experimentos de campo, a los cuales se le efectuaron tres cosechas; se evaluó el comportamiento fitopatológico ante la roya y el carbón en condiciones naturales y las variables de cosecha: ton caña/há, % pol caña y ton pol/há; se realizaron análisis de varianza y comparación múltiple de medias cuando las diferencias fueron significativas, además se efectuaron análisis multivariados (modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI)). Por su comportamiento integral se recomienda incrementar en Urbano Noris los cultivares C86-156 y C90-317 y en Cristino Naranjo los cultivares C90-317 y B78505.

Palabras clave: Caña de azúcar; comportamiento agroindustrial; cultivares de caña.

Abstract.

The study was developed in two places of Holguin, with the objectives of to evaluate the answer of a group of sugar cane cultivars under conditions of drought stress, and to define those of better agronomic and phytopathologic behavior for each place in study. For it, field experiments were settled down, and they were made three crops; the phytopathologic behavior was evaluated before the rust and coal in natural conditions and the crop variables: ton cane/ha, % pol cane and ton pol/ha; were carried out variance analysis and multiple comparison of mean when the differences were significant, analysis multivariate was also made (AMMI). For their integral behavior it is recommended to increase in Urbano Noris the cultivars C86-156 and C90-317 and in Cristino Naranjo the cultivars C90-317 and B78505.

Keywords: Sugar cane; better agronomic; sugar cane cultivars.

Introducción.

Las variedades de caña de azúcar se comportan de manera diferente en distintas condiciones de suelo, clima y manejo agronómico. El efecto fisiológico de la sequía sobre las plantaciones involucra una serie de procesos metabólicos que en la mayoría de los casos se refleja en una disminución del rendimiento del cultivo, Miguelina Marcano y col, (2005).

Villegas y Benítez, (2003), señalan que como resultados del proceso de evaluación de tierras del Ministerio del Azúcar, los suelos aptos pueden en un 30.3% presentar estrés por sequía a causa de su excesivo drenaje.

Además, sólo el 3.7% del área agrícola dedicada a caña se encuentra bajo riego y los rendimientos agrícolas que se obtienen en áreas de secano no supera el 60% de su potencial, MINAZ, (2009).

Por otra parte, se ha reconocido que la reiterada significación de la Interacción Genotipo x Ambiente en cultivares de Caña de azúcar, apunta a la necesaria evaluación multiambiental de los mismos durante el programa de mejoramiento genético y posterior a su liberación en plantaciones comerciales, Gilbert y col., (2006). Sin embargo, las difíciles circunstancias enfrentadas por la agroindustria azucarera durante los últimos años, motivaron un reordenamiento de las investigaciones y los bloques experimentales, lo que provocó incoherencia entre los ambientes de selección genética y los ambientes de destino de los cultivares, García, (2007).

Durante los últimos años, el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar ha recomendado un grupo numeroso de cultivares, los cuales han tenido un comportamiento satisfactorio en los respectivos ambientes donde se han evaluado, no obstante, existen cultivares comerciales que se desconoce su comportamiento bajo las condiciones de sequía predominantes en otros ambientes, por lo que se realizó este estudio con el objetivo de evaluar el comportamiento agroindustrial y fitopatológico de 10 cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp. híbrido*) en condiciones de secano al sur de la provincia Holguín.

Desarrollo.

Materiales y Métodos

En junio del 2006 se plantaron dos experimentos en las localidades de Urbano Noris y Cristino Naranjo, al sur de la provincia Holguín, se emplearon 10 cultivares de Caña de Azúcar (Tabla I) replicados en ambas localidades. Los estudios se desarrollaron en el período comprendido entre junio 2006 y marzo 2010. Se utilizó el cultivar C86-12 como testigo tolerante al estrés por déficit hídrico, ya que es el más extendido en áreas comerciales de la provincia Holguín, con amplia adaptación a diferentes ambientes.

Tabla I: Cultivares de Caña de Azúcar empleados en el estudio.

C 86-503	C 88-380	B78505	C 90-317	C 90-469
C 86-156	C 89-176	C 89-161	C 90-647	C 86-12 (Testigo)

Las localidades y los tipos de suelos, Hernández y otros., (1999) se presentan en la Tabla II. Además, se utilizaron las informaciones existentes de las redes pluviométricas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y del Grupo Azucarero AZCUBA, sobre las precipitaciones en la década del 2000 en ambas localidades.

Tabla II: Localidades y tipos de suelos utilizados en el estudio.

No.	Localidad	Abreviatura	Tipo de suelo
1	Urbano Noris	UN	Vertisol Crómico
2	Cristino Naranjo	CN	Vertisol Pélico

Se utilizó un diseño experimental de Bloques al Azar con tres repeticiones, con parcelas de 48m². Las cosechas se realizaron por estimación (en febrero las de caña planta y en marzo las de retoño). Las variables de cosecha estudiadas fueron: t caña/ha, porcentaje de pol en caña y t pol/ha. También se evaluó el comportamiento fitopatológico ante la roya y el carbón en condiciones naturales, o sea, que los individuos no se encontraban sometidos a presiones de inóculo altas, estables y homogéneas. Las evaluaciones fitopatológicas se realizaron a los 4 y 8 meses posteriores a la plantación y cosecha. Todos los experimentos fueron conducidos y evaluados, según está estipulado en las Normas y Procedimientos para el Mejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba, Jorge, et al., (2002).

Se realizaron análisis de varianza de clasificación doble para conocer la influencia en la varianza genética de los factores ambientales y sus interacciones. Con la información proveniente de las variables de cosecha, obtenidas de las evaluaciones realizadas a todos los cultivares en cada localidad, se realizó un análisis de varianza factorial individual de efectos fijos, tomando como factores los cultivares y las cepas. Asimismo, se utilizaron las dójimas de Tukey ($p=0,05$) para la comparación múltiple de medias. Además se realizó un análisis de interacción genotipo-ambiente y de estabilidad fenotípica con el objetivo de determinar la consistencia o estabilidad de los resultados de los genotipos con los datos de las variables de cosecha a través del modelo AMMI. Para ilustrar los resultados del modelo AMMI fue elaborado un gráfico bidimensional (biplot) con los efectos principales de genotipos, localidades y cepas; y la media general (eje de las abscisas) y el primer componente del modelo AMMI (eje de las ordenadas).

Resultados y Discusión

Análisis conjunto de las localidades.

En la tabla III se presentan los resultados del análisis de varianza factorial, donde se incluyeron las fuentes de variación que abarcaron todos los ambientes estudiados (localidades y cepas), los cuales indicaron diferencias significativas en la interacción genotipo-ambiente ($p<0,05$) para todas las variables de cosecha evaluadas, es decir, para el porcentaje de pol en caña, caña ton/ha y pol ton/ha. En las tres variables, tanto el efecto de los factores simples (cultivares, localidades y cepas) como el de las interacciones de primer y segundo orden resultaron significativas (excepto las interacciones cultivares x cepas y localidades x cepas en la variable % pol caña); es comprensible que resulte de mayor interés la interacción cultivar x localidad x cepa; los resultados mencionados nos indican que el patrón de comportamiento de los cultivares difiere en las dos localidades y en las tres cepas

estudiadas. Las t caña / há presentaron un patrón similar a las t pol / há, coincidiendo con los resultados reportados por Abiche (2012).

Tabla III: Resultados del análisis de varianza factorial.

Fuentes de variación	GL	% Pol Caña				Caña ton/ha				Pol ton/ha			
		SC	CM	F	p	SC	CM	F	p	SC	CM	F	p
Cultivares	9	16.31	1.81	4.6	0.00	11519.9	1280.0	7.14	0.00	360.64	40.07	6.74	0.00
Localidades	1	30.97	30.97	78.7	0.00	11044.7	11044.7	61.62	0.00	227.52	227.52	38.28	0.00
Cepa	2	180.0	90.02	228.7	0.00	77180.9	38590.5	215.31	0.00	1679.11	839.55	141.2	0.00
Réplica	2	0.11	0.05	0.1	0.87	813.0	406.5	2.27	0.10	34.04	17.02	2.86	0.06
Cultivar * Loc	9	16.16	1.80	4.6	0.00	4739.1	526.6	2.94	0.00	164.83	18.31	3.08	0.00
Cultivar * Cepa	18	10.80	0.60	1.5	0.09	6806.3	378.1	2.11	0.00	254.73	14.15	2.38	0.00
Loc * Cepa	2	1.23	0.61	1.6	0.21	3752.8	1876.4	10.47	0.00	94.38	47.19	7.94	0.00
Cult * Loc * Cepa	18	12.10	0.67	1.7	0.04	9065.7	503.6	2.81	0.00	264.48	14.69	2.47	0.00
Error	118	46.44	0.39			21149.7	179.2			701.33	5.94		
C.V.			3,65				21.86				19.71		
p<0.05													

Leyenda: GL-Grados de Libertad SC-Suma de cuadrados CM-Cuadrados medio

La significación de las interacciones de primer y segundo orden de los genotipos con el ambiente pone de manifiesto la capacidad discriminadora de localidades y cepas. De esta forma los mayores avances en la selección podrían lograrse, cuando sea aprovechado eficientemente el efecto que produce la replicación de los trabajos de selección en tiempo y espacio, Rodríguez, (2012).

Los resultados antes expuestos justifican la búsqueda de variedades de adaptación específica para cada uno de los ambientes. En este sentido reviste gran importancia la replicación de los ensayos en más de una localidad y cosecha, como también lo indicaron González, (1995) y García, (2004), citados por Rodríguez, (2012).

Para determinar la estabilidad de los cultivares en cada variable analizada se aplicó el modelo AMMI. Los resultados en las tres cosechas y en las dos localidades se visualizaron en un gráfico bidimensional que precisa la consistencia de la respuesta agroproductiva de los cultivares en el tiempo, y ayuda en la toma de decisiones para la recomendación de un genotipo cuando es replicado en tiempo y espacio, Gauch, (2006). Se determinó la estabilidad de los cultivares en las tres cosechas en ambas localidades para el rendimiento agrícola (figura 1), se puede apreciar que los cultivares que resultaron estables para los dos ambientes, en las tres cepas y de alto rendimiento agrícola por encima de la media (65.50 t/ha) fueron C86-12, C90-317, C86-503 y B78505. Los cultivares C89-161 y C90-647 también resultaron estables pero con rendimiento agrícola inferior a la media, este último mostró resultados similares, según Mendoza y col., (2014); en un estudio realizado en la localidad Loynaz Hechavarria.

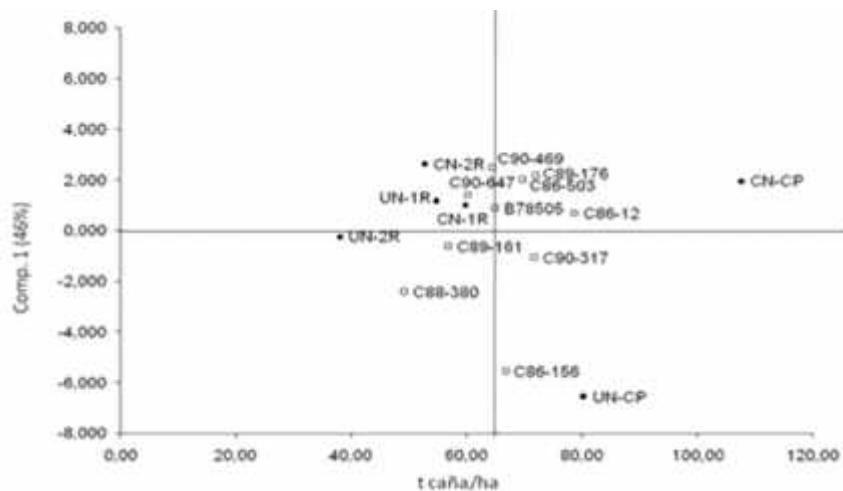


Figura 1: Representación bidimensional de los efectos principales y marcadores de genotipos, localidades y cepas del modelo AMMI₁ para t caña/ha.

En la figura 2 se muestra como se comportó la estabilidad de los fenotipos en ambos ambientes para el % pol en caña, los cultivares más estables para los dos ambientes y que tuvieron valores por encima de la media (18.35%Pol) fueron: C88-380, C86-12, C86-156 y B78505, el cultivar C89-176 también se mostró estable pero con valores inferiores a la media.

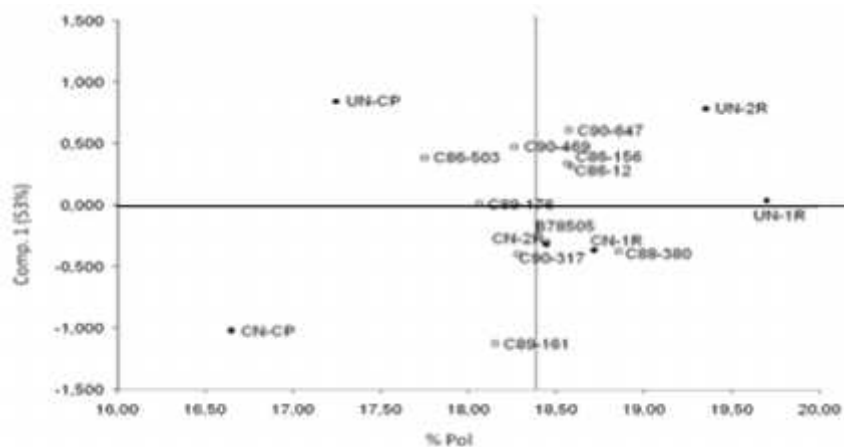


Figura 2: Representación bidimensional de los efectos principales y marcadores de genotipos, localidades y cepas del modelo AMMI₁ para % pol en caña.

El cuadro fitopatológico más desfavorable corresponde a los cultivares C86-503, C88-380 y C90-647, pues resultaron ser susceptibles al carbón en condiciones naturales, presentando 5%, 5.8% y 5.3% de tallos enfermos respectivamente, sin embargo ningún cultivar presentó síntomas de roya en condiciones naturales.

En la figura 3 se muestra el comportamiento de las precipitaciones en la década del 2000 en las localidades Urbano Noris y Cristino Naranjo, se puede observar que en ninguno de estos años las precipitaciones estuvieron por encima de los 1500 mm, cifra que señalan algunos autores Fonseca, (1984); Hernández ,(2007); como necesidad hídrica de la caña de azúcar.

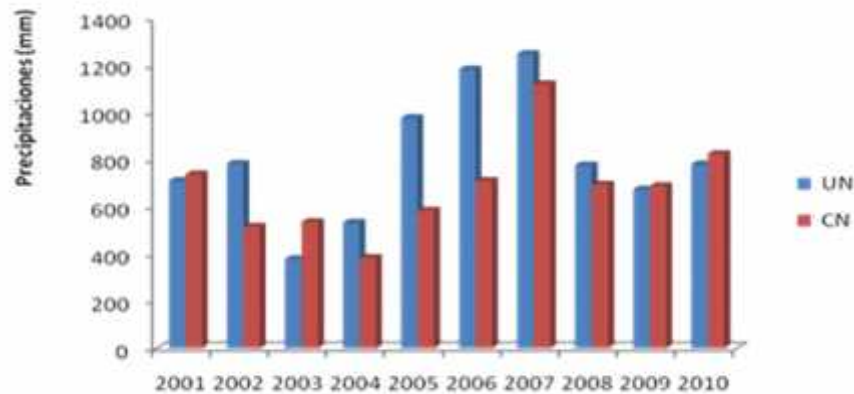


Figura 3: Comportamiento de las precipitaciones en ambas localidades en la década del 2000.

Análisis por localidades independientes.

En las tablas IV y V se muestran los resultados de los análisis de varianza (ANOVA) de las tres variables evaluadas, en las localidades “Urbano Noris” y “Cristino Naranjo”, respectivamente. Se observa que en las dos localidades, hubo diferencias significativas entre los cultivares respecto a las tres variables analizadas; así como entre cepas, no resultando así para el caso de la interacción cultivar * cepa que en el caso de Urbano Noris no mostró diferencias significativas para la variable % Pol en caña y en la localidad Cristino Naranjo dicha interacción solo fue significativa para la variable ton de caña/ha. No obstante, coincidiendo con lo planteado por Rodríguez, (2012), se puede decir que estos resultados reafirman la existencia de interacciones de los genotipos con el ambiente.

Tabla IV: Resultados del ANOVA para la localidad Urbano Noris.

Localidad: Urbano Noris										
Fuentes de Variación	GL	% Pol en Caña			Caña ton/ha			Pol ton/ha		
		SC	CM	p	SC	CM	p	SC	CM	p
Cultivares	9	16.30	1.81	***	7052.0	783.6	***	267.19	29.69	***
Cepa	2	105.47	52.74	***	27258.2	13629.1	***	637.57	318.78	***
Cult * Cepa	18	13.65	0.76	N.S	8845.6	491.4	***	319.55	17.75	***
Error	58	26.22	0.45		8969.3	154.6		317.58	5.48	

p<0.05

Tabla V: Resultados del ANOVA para la localidad Cristino Naranjo.

Localidad: Cristino Naranjo										
Fuentes de Variación	GL	% Pol en Caña			Caña ton/ha			Pol ton/ha		
		SC	CM	p	SC	CM	p	SC	CM	p
Cultivares	9	16.16	1.80	***	9207.0	1023.0	***	258.29	28.70	***
Cepa	2	75.79	37.89	***	53675.4	26837.7	***	1135.92	567.96	***
Cult * Cepa	18	9.25	0.51	N.S	7026.3	390.4	**	199.66	11.09	N.S
Error	58	20.04	0.35		12171.0	209.8		383.12	6.61	

p<0.05

Los resultados de la comparación múltiple de medias a la interacción cultivar * cepa para las ton caña/ha de la localidad Urbano Noris (Figura 4), indican que el mayor rendimiento agrícola lo alcanza el cultivar C86-156 en la cepa de Caña Planta sin diferencias

significativas con los cultivares C90-317, C 86-12 y C 88-380 todos en la cepa Planta y supera de forma significativa al resto de los cultivares, sin embargo el cultivar C88-380 en cepa 1er y 2do Retoño resultó ser el de menor rendimiento, coincidiendo con Rodríguez (2012), cuando plantea que el cultivar C88-380 presentó buenos resultados en la cepa de caña planta, no comportándose así en la siguiente cosecha.

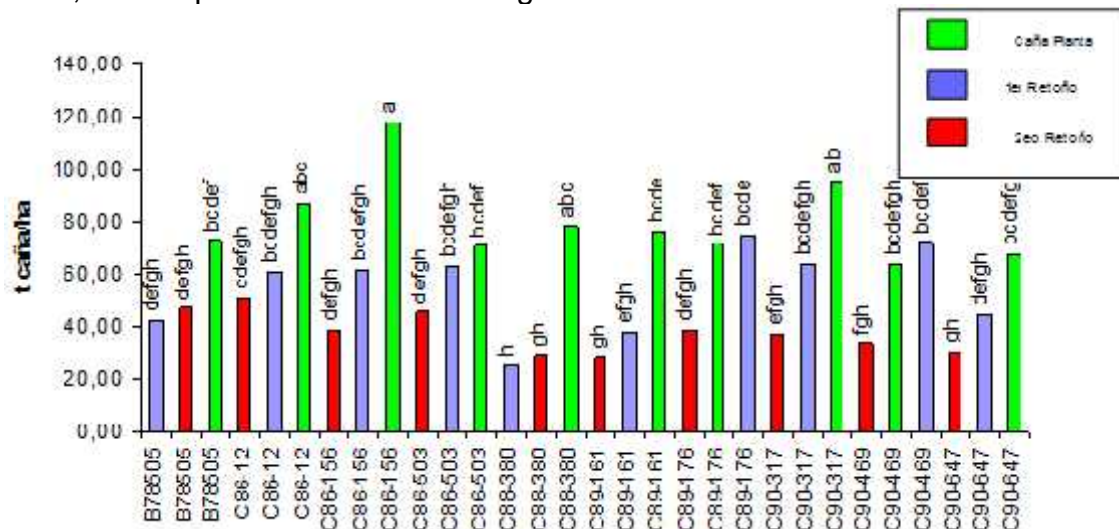


Figura 4: Comparación múltiple de medias de la interacción cultivar x cepa en la localidad Urbano Noris para la variable ton caña/ha.

Letras diferentes presentan diferencias significativas $p < 0.05$

La figura 5 muestra los resultados de la comparación múltiple de media de la interacción cultivar x cepa en la localidad Urbano Noris para ton pol/ha, los mejores resultados se alcanzaron con los cultivares C86-156 y C90-317 en la cepa de caña planta comportándose de manera similar al testigo C 86-12 en la cepa Planta, los cultivares C89-176 y C 90-469 en la cepa 1 Retoño tampoco mostraron diferencias significativas con el testigo, los resultados más bajos se alcanzaron con el cultivar C88-380 en la cepa 1 Retoño.

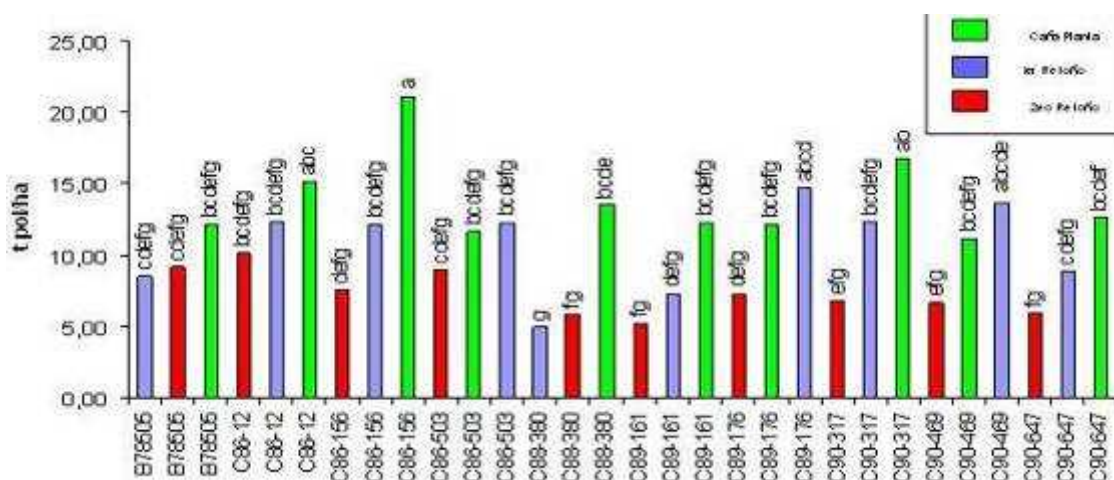


Figura 5: Comparación múltiple de medias de la interacción cultivar x cepa en la localidad Urbano Noris para la variable ton pol/ha.

Letras diferentes presentan diferencias significativas $p < 0.05$

por sequía. El cultivar C86-503 presentó el valor más bajo de porcentaje de pol en caña en esta localidad.

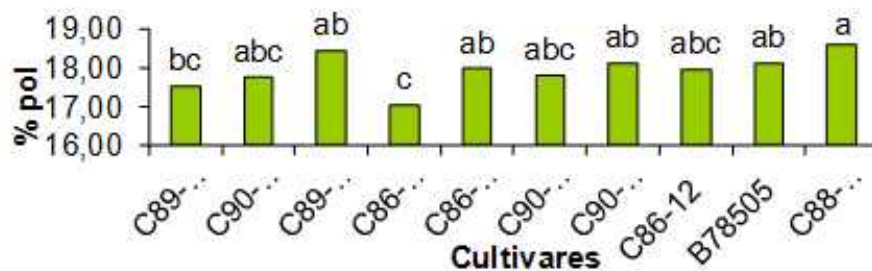


Figura 8: Comportamiento de los cultivares en % Pol en Caña en la localidad Cristino Naranjo.

En la figura 9 se muestran las medias de las ton pol/ha de los cultivares en la localidad Cristino Naranjo y los resultados de la comparación múltiple de medias, el mejor comportamiento lo obtuvieron los cultivares C90-317 y C89-176 los cuales no mostraron diferencias significativas con el testigo, y superando de manera significativa al cultivar C88-380.

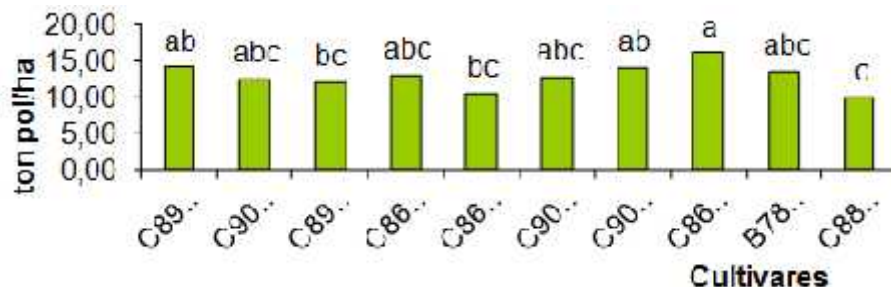


Figura 9: Comportamiento de los cultivares en ton pol/ha en la localidad Cristino Naranjo.

El fenotipo de un individuo es determinado por el genotipo y por el ambiente, estos dos efectos no siempre son aditivos, lo cual indica que las interacciones genotipo-ambiente (I. GXA) están presentes. El resultado de esta interacción es la inconsistencia en el comportamiento de los genotipos a través de los ambientes, Martin, (2004).

La evaluación de genotipos a través de distintos ambientes, principalmente aquellos más contrastantes, es una de las prácticas más usuales para la recomendación de nuevos materiales a los productores de una región o zona específica, Górdon y col., (2006).

Conclusiones.

- Se determinaron los cultivares más estables para el sur de la provincia Holguín: C90-317, C86-503 y B78505 para las t caña/ha; C88-380, C86-156 y B78505 para el porcentaje de pol en caña y C90-317 y C86-503 para las t pol/ha.
- Se determinaron los cultivares de mejor adaptación a cada localidad en cuanto a producción de caña y contenido azucarero.
- Los cultivares C86-503, C88-380 y C90-647, resultaron ser susceptibles al carbón en condiciones naturales.
- Los cultivares C86-156 y C90-317 fueron los de mejor comportamiento en Urbano Noris.

- Los cultivares C90-317 y B78505 fueron los de mejor comportamiento en Cristino Naranjo.

Bibliografía.

- Abiche, W. (2012). Estudio de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en tres localidades de la región sur-oriental de Cuba. Tesis de Diploma. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba.
- Fonseca, J. (1984). Necesidades de agua de la caña de azúcar plantada en diferentes épocas de siembra en el occidente de Cuba. Tesis presentada en Opción al Grado de Dr. en Ciencias, 241.
- García, H. (2007). Fitomejoramiento Participativo en caña de azúcar, complementación necesaria de la mejora convencional. Propuesta de Proyecto de Investigación. La Habana, ETICA Villa Clara – Cienfuegos. INICA. Ministerio del Azúcar, 30.
- García, P. (2009). Evaluación de Variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en condiciones de sequía. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo, 13.
- Gilbert R. A., Shine J. M., Miller J. D., Rice R. W.; Rainbolt C. R. (2006). The effect of genotype, environment and time of harvest on sugarcane yields in Florida, USA. *Field Crops Research*, 95, 156-170.
- Gordón 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.
- 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.
- Hernández, I. A. (2007). Requerimientos hídricos para la caña de azúcar en las condiciones de bajo nivel pluviométrico. *Cuba&Caña*, 3-11.
- Martin J.A. (2004). A comparison of statistical methods to describe genotype x environment interaction and yield stability in multi-location maize trials. Thesis for the degree Magister Scientiae Agriculturae in the Faculty of Agriculture, Department of Plant Sciences at the University of the Free State. Bloemfontein. South Africa, 100.
- Mendoza, Y.; Cruz, R. y Luis Odalis. (2010). Comportamiento de Variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp* híbrido) en condiciones de sequía. Ponencia presentada en XVII CONGRESO CIENTÍFICO INTERNACIONAL INCA. Habana. Cuba.
- Mendoza, Y.; Cruz, R.; Cuello; H.; Rodríguez, J.; Vaillant Y.; Céspedes, A.; Luis, Odalis; y Céspedes, M. (2014). Comportamiento agroindustrial y fitopatológico de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum spp*. Híbrido) en la UEB L. Hechavarría. Poster presentado en Evento XXX Aniversario ETICA Oriente Sur. Santiago de Cuba. Cuba.
- Miguelina Marcano; Editor Rivas; Ursulino Manrique; Moraima García; Francisco Salcedo y Delvalle Mark. (2005). Prueba de ocho variedades de Caña de Azúcar (*Saccharum sp.*) bajo condiciones de secano en un suelo de sabana del estado Monagas, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. *UDO Agrícola* 5 (1), 54-61.
- Rodríguez, R. (2012). Perfeccionamiento del programa de mejora genética de la caña de azúcar para la obtención de nuevos genotipos tolerantes al estrés por déficit hídrico. Tesis presentada en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA, 26.

Fecha de recibido: 7 ene. 2017
Fecha de aprobado: 15 mar. 2017