

Descripción de los ambientes evaluativos del virus del mosaico de la caña de azúcar en Cuba

Assessment of three cuban sites for testing resistance to sugarcane mosaic virus

Yaquelin Puchades¹, María La O², Omelio Carvajal³, Joaquín Montalván⁴, José Rodríguez⁵, José Mesa², Eida Rodríguez²

¹Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Oriente Sur. Carretera Central Km 2 ½, Los Coquitos, Palma Soriano, Santiago de Cuba. C.P. 92610.

²Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), AZCUBA. Carretera a la CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. C.P. 19390.

³Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) Matanzas, INICA, AZCUBA. Carretera Central km. 156, Jovellanos, Matanzas, Cuba. C.P. 42600.

⁴Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA) Centro-Oriental. Circunvalación Agramonte, Tráfico, Florida, Camagüey, Cuba. C.P. 72810.

⁵Estación Provincial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (EPICA) Holguín. Guaro, Mayarí, Holguín, Cuba. C.P. 83000.

E-mail: yaquelin.puchades@inicas.azcuba.cu

RESUMEN. El virus del mosaico de la caña de azúcar es una de las patologías virales más importantes para el cultivo y se encuentra ampliamente distribuido en casi todas las áreas cañeras del mundo. El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización de los ambientes actualmente empleados para la prueba de resistencia al VMCA por el programa de fitomejoramiento de la caña de azúcar. Se utilizaron los datos correspondientes a un estudio multiambiental conducido en tres Centros de Prueba al VMCA del país (Jovellanos, Florida y Mayarí), donde se incluyeron 18 genotipos de caña de azúcar. Para la caracterización de las localidades, se utilizó la información climática registrada en las Estaciones del Instituto de Meteorología. La caracterización de los ambientes se realizó a través de un análisis de componentes principales. Los resultados mostraron una diferenciación de las localidades objeto de estudio corroborando la alta influencia del ambiente en la manifestación de los síntomas del mosaico en la caña de azúcar. El Análisis de Componentes Principales resultó una herramienta útil para la caracterización de los Centros de Prueba de genotipos frente al VMCA.

Palabras clave: ACP, estudio multiambiental, VMCA.

ABSTRACT. Sugarcane mosaic disease is amongst the world's most important diseases affecting sugarcane worldwide. The objective was to assess the environmental conditions of the sites where the test for SCMV resistance is done. Multi-environment trial Data were analyzed using a Principal Components Analysis Eighteen sugarcane genotypes were evaluated from the main testing sites in Cuba (Jovellanos, Florida, Mayarí). The information of the climatic conditions was recorded at local weather stations. The assessment of the sites was done by analyzing the main components. Results showed that the testing sites were different from one another, and proved that the environment strongly influences on the mosaic symptom manifestation. PCA was an excellent procedure to assess the testing sites for SCMV resistance.

Key words: PPCA, multi-environment trial, SCMV.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad del mosaico en el cultivo de la caña de azúcar es causada por el virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA) y el virus del mosaico del sorgo (VMSr) (Grisham, 2000). Esta es una de las patologías virales más importantes para el cultivo y se encuentra ampliamente distribuida en casi todas las áreas cañeras del mundo. El método de control

más eficiente de la enfermedad es el empleo de genotipos resistentes (Perera y col., 2009). En Cuba solo se ha descrito al VMCA como agente causal de la enfermedad.

En Cuba la resistencia al VMCA es un criterio primario en el Esquema de Selección de variedades.

Para ello existen tres Centros de Prueba en las provincias de Matanzas (Jovellanos), Camagüey (Florida) y Holguín (Mayarí). Esta estrategia posibilita el mantenimiento de las plantaciones comerciales sin afectaciones por el patógeno.

Ensayos realizados por García y col. (2008) ponen de manifiesto insuficiencias en el sistema evaluativo actual de la resistencia al VMCA. Existe falta de correspondencia entre los resultados de los tres Centros de Prueba con que cuenta el Programa de Fitomejoramiento, ya que las variedades utilizadas como patrones han mostrado inestabilidad en los resultados (los grados extremos se han desplazado hacia el comportamiento intermedio), lo cual dificulta la clasificación de nuevos genotipos.

Si consideramos que desde finales de la década de los 70 del pasado siglo, el clima cubano registra cambios importantes, como el aumento de la temperatura media del aire, acompañado de una elevación del valor promedio de la mínima e incremento de los eventos moderados y severos de sequía (Lapinel y col., 2010), resulta conveniente una caracterización de los ambientes de evaluación de las enfermedades más importantes para el cultivo de la caña de azúcar.

El Análisis de Componentes Principales (ACP) ha sido la técnica estadística multivariada de más amplio uso en la clasificación de ambientes, por su capacidad de reducción de las variables originales suficientemente bien correlacionadas, en unos pocos factores o componentes no correlacionados capaces de explicar en gran medida la variabilidad de la muestra original (Annicchiarico, 2002).

La manifestación de los síntomas del mosaico en la caña de azúcar está altamente influenciada por el ambiente (Pinto y col., 2013). El objetivo de este trabajo fue realizar una caracterización de los ambientes actualmente empleados para la prueba de resistencia

al VMCA por el programa de fitomejoramiento de la caña de azúcar que sirva de soporte al estudio de la variabilidad observada en las pruebas de resistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los datos correspondientes a un estudio multiambiental conducido en los tres centros de prueba al VMCA en el país (Jovellanos, Florida y Mayarí). En cada localidad se evaluaron 18 genotipos de caña de azúcar (Tabla 1) y tres fuentes inóculos, correspondientes al inóculo comúnmente empleado por cada centro de prueba. Los genotipos fueron plantados en vivero, con un diseño de bloques al azar y tres repeticiones para cada uno de 20 plantas. La inoculación y evaluación se realizó según las Normas Metodológicas del Programa de Fitomejoramiento del INICA (2011). La variable evaluada fue el porcentaje de infección (PI) para cada fuente de inóculo empleada. Esa variable se determinó como:

$$PI = (\text{No de plantas enfermas}/20) * 100$$

Además, se denominó PI-M (porcentaje de infección - Matanzas), PI-C (porcentaje de infección - Camagüey) y PI-H (porcentaje de infección - Holguín) a los porcentajes de infección calculados según el origen de la fuente de inóculo (Matanzas-Jovellanos, Camagüey-Florida y Holguín-Mayarí).

Para la caracterización de las localidades estudiadas, se utilizó la información climática registrada en las estaciones del Instituto de Meteorología. Se emplearon las variables temperatura media (T-Med), temperatura máxima (T-Máx), temperatura mínima (T-Mín), Lluvia durante el período de evaluación (LL), evapotranspiración (ETP) y humedad relativa (HR), consideradas como las de mayores influencias para esta enfermedad.

Tabla 1. Genotipos evaluados en el estudio multiambiental realizado en los centros de prueba al VMCA

No.	Cultivar	No.	Cultivar	No.	Cultivar
1	39MQ382	7	C86-12	13	CP31-294
2	B42231	8	C86-56	14	Ja60-5
3	C120-78	9	C87-51	15	Ja64-11
4	C137-81	10	C88-380	16	Ja64-19
5	C236-51	11	C90-530	17	My5514
6	C334-64	12	Co997	18	SP7012-84

La matriz de datos fue procesada mediante la técnica multivariada de Componentes Principales basada en la matriz de correlación. Esa técnica es una herramienta útil como técnica exploratoria para conocer la relación existente entre las variables consideradas, así como cuáles variables están o no asociadas y cuáles caracterizan en el mismo sentido o en sentido contrario. Además, se realizó la representación gráfica de los datos para su agrupación en el plano formado por las dos primeras componentes.

RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla 2 muestra los valores propios del porcentajes de contribución y el acumulado de los componentes 1 y 2, teniendo en cuenta el Análisis de Componentes Principales, donde los dos primeros componentes obtenidos explican el 72,85 % de la variación total. La primera componente fue descrita por las variables Porcentajes de Infección de cada inóculo (PI-C, PI-H y PI-M) y Lluvia (LL), así como en sentido opuesto, Temperatura Media (T-Med), Temperatura Máxima (T-Máx) y Evapotranspiración (ETP). En el segundo componente se destacaron las variables Temperatura Mínima (T-Mín) y Humedad Relativa (HR).

La representación gráfica de los componentes 1 y 2 mostró tres grupos bien diferenciados según las localidades (Figura). Camagüey se caracterizó por

presentar altos valores de porcentajes de infección y menores de T-Med, T-Máx y ETP mientras que la localidad de Matanzas se identificó por los valores más bajos del porcentaje de infección. El centro de prueba de Holguín mostró valores intermedios del porcentaje de infección y los mayores de humedad relativa.

Los genotipos mostraron un comportamiento diferencial frente al virus en los diferentes ambientes, hecho que corrobora la alta influencia del ambiente en la manifestación de los síntomas de mosaico (Pinto y col., 2013). Mientras que las fuentes de inóculo mostraron poca variación entre ellas en cada centro de prueba. Esta afirmación conduce a la hipótesis de que las variaciones observadas de resistencia al VMCA en el comportamiento de los genotipos controles no se deben a variaciones en las fuentes de inóculo sino a las condiciones ambientales de cada ensayo. Hipótesis que deberá confirmarse o no con estudios posteriores de caracterización genética para cada fuente de inóculo.

Los resultados obtenidos en este estudio corroboran el informe de Montalván y col., (2009) al evaluar el comportamiento de 16 genotipos frente al VMCA mediante inoculación artificial en la localidad de Camagüey. Estos autores refieren que las temperaturas elevadas

Tabla 2. Análisis de componentes principales. Valores y vectores propios

Valores propios	Componente 1	Componente 2	Componente 3
Valor	4,23	2,33	0,90
Porcentaje (%)	46,97	25,88	9,95
Valor acumulado	4,23	6,56	7,45
Porcentaje Acumulado (%)	46,97	72,85	82,80
Coordenadas de los vectores propios			
PI-C	0,859	0,346	-0,097
PI-H	0,875	0,354	-0,094
PI-M	0,907	0,320	-0,095
T-Med	-0,813	-0,061	-0,246
T-Máx	-0,844	0,214	-0,248
T-Mín	0,224	0,708	-0,549
LL	0,645	0,109	0,145
ETP	-0,626	0,479	0,118
HR	0,267	0,886	-0,120

Resaltadas las variables de mayor contribución en cada componente

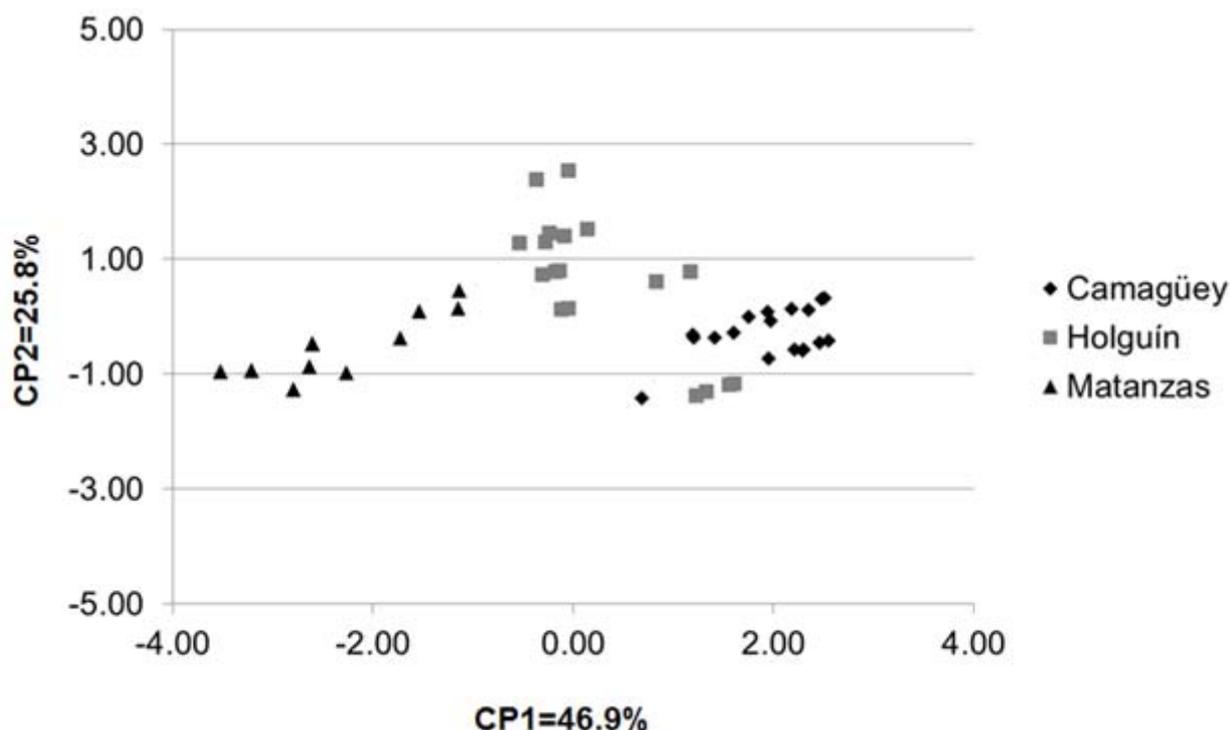


Figura. Representación de los ambientes en el plano de los dos primeros componentes principales

influyen de manera negativa sobre la presencia del virus. Según los análisis realizados, los cambios en los porcentajes de afectación por mosaico dependen un 87,8 % de las variaciones en la temperatura máxima y un 84,8 % de las variaciones de las temperaturas promedios.

Los expertos del Comité Internacional de Patología de las Plantas (IPCC, 2007) refieren que en los países insulares el cambio climático puede provocar variaciones del comportamiento de las plagas, con la pérdida de la resistencia de campo, la variación de los agentes causales o la aparición de nuevas especies. Los principales Programas de Fitomejoramiento del mundo cañero, han prestado atención a la clasificación de los ambientes de prueba para verificar las similitudes y diferencias entre los mismos y saber cuál es el origen de las mismas (Glaz y Kang, 2008).

Particularmente, en nuestro país son muchos los estudios realizados para la caracterización de los sitios donde se desarrolla el cultivo de la caña de azúcar. El ACP ha sido la técnica estadística más empleada para caracterizar ambientes complementado con el Análisis de Clasificación Automática (Annicchiarico, 2002), análisis de

varianza (Rodríguez y col., 2011) y Análisis Discriminante (García y col., 2014).

Los resultados de este trabajo pueden contribuir a profundizar en las causas de las insuficiencias en el sistema evaluativo actual de la resistencia al VMCA, manifestado por la inestabilidad de las variedades utilizadas como patrones y la falta de correspondencia entre los resultados de los tres centros de prueba con que cuenta el Programa de Fitomejoramiento (García y col., 2008).

CONCLUSIONES

1. El porcentaje de infección al VMCA varió entre las diferentes localidades evaluadas, manifestadas fundamentalmente por diferencias en la temperatura media, la temperatura máxima y la humedad relativa.
2. Las fuentes de inóculo en cada centro de prueba mostraron poca variación entre ellas.
3. El Análisis de Componentes Principales resultó una herramienta útil para la caracterización de los Centros de Prueba de genotipos frente al VMCA.

BIBLIOGRAFÍA

1. Annicchiarico, P.: Genotype x environment interactions. Challenges and opportunities for plant breeding and cultivar recommendations. *FAO Plant production and protection paper*, 174 (1):2-4, 2002.
2. García, H.; M. Parvizi; R.M. González; H. Hamdi; R. Rodríguez: Funcionalidad para la etapa clonal de la red de ambientes del instituto irani de investigaciones y entrenamiento de la caña de azúcar. *Revista Centro Azúcar*, 41(4):86-92, 2014.
3. García, H.; H. Jorge; E. Rodríguez; O. Carvajal; J. Montalván; J. Rodríguez; M. La O; A. Arencibia: Estudio de la variabilidad de los resultados de las pruebas de resistencia al VMCA en Cuba. *Memorias del VII Congreso de ATALAC*, 18 al 22 de agosto, Guatemala, 2008, 4 p.
4. Glaz, B. y S.M. Kang: Location Contributions Determined via GGE Biplot Analysis of Multienvironment Sugarcane Genotype-Performance Trials. *Crop Sci*, 48 (1):941-950, 2008.
5. Grisham, M.P.: In A Guide to Sugarcane Diseases. ed. by P. Rott, R.A. Bailey, J.C. Comstock, B.J. Croft, A.S. Saumtally CIRADISSCT, CIRAD Publication Services, Montpellier, France, 2000, pp. 249-254.
6. INICA (Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar): Manual de Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento. *Boletín Especial Cuba&Caña*, La Habana, Cuba, 2011, 200pp.
7. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate change 2007: the physical science basis-Summary for policymakers. *Intergovernmental Panel on Climate Change*, Ginebra, Suiza. 2007, 996 p.
8. Lapinel, B.; V. Cutre; C. Fonseca: ¿Se humedecerá la sequía? *Granma (Cu)*, junio 12, 2010, 8 p.
9. Montalván, J.; E. Valdez; F. Valladares; I. Torres; Y. Fernández; I. Pouza; L. Águila Efectividad de la inoculación artificial de la enfermedad virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA) sobre un grupo de genotipos de caña de azúcar. Memorias Jornada Científico-Productiva 45 Aniversario del INICA, Diciembre 2009.
10. Perera, M.F.; M.P. Filippone; C.J. Ramallo; M.I. Cuenya; M.L. García; L.D. Ploper; A.P. Castagnaro: Genetic diversity among viruses associated with sugarcane mosaic disease in Tucumán, Argentina. *Phytopathology*, 99(1): 38-49, 2009.
11. Pinto, L.R.; M.C. Gonçalves; D. Manzano; D. Perecin; C. Nataliane; F. Medeiros: Preliminary investigation of sugarcane mosaic virus resistance and marker association in a sugarcane family sample derived from a bi-parental cross. *Proceedings Int. Soc. Sugarcane Technol.* Brisbane: Int. Soc. Sugarcane Technol. In: XXVIII ISSCT CONGRESS, São Paulo, v. 28, 2013.
12. Rodríguez, R.; Y. Puchades; M. Tamayo; N. Bernal; H.J. Suarez; H. García: Métodos estadísticos multivariados en el estudio de la interacción genotipo ambiente en caña de azúcar. *ATAC*, 73 (2): 4-9, 2011.

Recibido: 25/01/2015

Aceptado: 09/06/2015