

## Evaluación en campo de mutantes de caña de azúcar de la variedad 'SP 70-1284' obtenidos por mutagénesis *in vitro*

Apolonio Valdez Balero<sup>1\*</sup>, Pedro A. Orellana Pérez<sup>2</sup>, Francisco Izquierdo Reyes<sup>1</sup>. \*Autor para correspondencia.

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados - Campus Tabasco. México e-mail: apoloniovb@colpos.mx

<sup>2</sup>Instituto de Biotecnología de la Plantas. Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas. Carretera a Camajuaní km. 5 ½ Santa Clara Villa Clara. Cuba.

### RESUMEN

En el área experimental del Colegio de posgraduados Campus Tabasco, km. 21, en el Estado de Tabasco, México, se estudiaron siete mutantes de caña de azúcar obtenidos a partir de la aplicación de radiaciones Gamma <sup>60</sup>Co en callos de la variedad de caña 'SP 70-1284'. Se evaluaron en condiciones de campo, el rendimiento, sus componentes, el porcentaje del área afectada en la hoja por la roya de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala* Syd) así como las variaciones en caracteres cualitativos, al utilizar como control la variedad 'SP 70-1284'. Los mutantes 2 y 3 presentaron rendimientos agrícolas y resistencia a la roya de la caña en valores superiores al control. Con respecto a la infección por la roya de la caña todos los mutantes seleccionados presentaron niveles de afectación inferiores a la variedad original, se destacó el mutante 7 por su alta resistencia. Los mutantes 2 y 4 presentaron, además, variaciones en los caracteres cualitativos con respecto a la variedad original. Se recomienda evaluar los mutantes 2 y 3 en pruebas de extensión agrícola por su mejor comportamiento integral respecto a la variedad original.

Palabras clave: campo, radiaciones Gamma, resistencia, roya

### ABSTRACT

In the experimental area of the Campus Tabasco, km. 21, in the state of Tabasco, Mexico, seven mutants of sugarcane obtained from the application of Gamma radiation <sup>60</sup>Co were studied. The yield and its components and the percentage of the area affected in the leaf by the rust of the sugarcane (*Puccinia melanocephala* Syd) were evaluated in field conditions. The variations in qualitative characters using the variety 'SP 70-1284' as control were also evaluated. The mutants 3 and 6 presented agricultural performances and resistance to the rust of the sugarcane in upper values to the control. With regard to the infection by the rust all the mutants selected presented levels of affectation lower than the original variety, being emphasized the mutant 7 by its high resistance. The mutants 2 and 3 presented, besides variations in the qualitative characters with regard to the original variety. It is recommended to evaluate the mutants 2 and 3 in tests of agricultural extension by its better integral behavior with respect to the original variety.

Key words: field, Gamma radiation, resistance, rust

### INTRODUCCIÓN

La historia azucarera en los países productores de caña de azúcar ha pasado por periodos en los cuales la aparición de enfermedades y el desarrollo de razas más virulentas, han provocado la ruina de algunas plantaciones y han amenazado seriamente hasta el mantenimiento del cultivo en grandes regiones (Sandoval, 2001). Dentro de las enfermedades, una de las más agresivas y de gran importancia económica es la roya de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala* Syd) la cual ha causado pérdidas considerables en países donde se cultivaban variedades susceptibles (Jorge *et al.*, 2004).

La mejora genética de plantas por métodos tradicionales ha sido sin duda muy exitosa, lo cual se puede apreciar por el gran número de variedades que existen en cualquier especie de cultivo. Una evidencia de ello son los múltiples ejemplos del

incremento del rendimiento en muchos cultivos por la mejora genética (Rodríguez *et al.*, 1995). Sin embargo, el surgimiento de las técnicas biotecnológicas de cultivo de tejidos ha dado a los mejoradores de plantas otras herramientas, cuya aplicación combinada con las técnicas convencionales, ofrece una mayor posibilidad para mejorar o rescatar genotipos que presentan algún defecto.

Es de gran interés para el programa de mejoramiento genético de caña de azúcar en México buscar nuevas fuentes de variación génica. La biotecnología ofrece nuevas oportunidades para el mejoramiento genético de las plantas cultivadas, entre ellas la caña de azúcar. La aplicación del cultivo de tejidos, combinado con la mutagénesis mediante el empleo de radiaciones gamma (fuente de <sup>60</sup>Co) ha sido exitosa para restituir a la producción variedades de gran importancia por su alto potencial productivo y

contenido azucarero. Además, se pueden reducir considerablemente los ciclos de selección y ofrece la posibilidad de manipular grandes poblaciones de plantas en condiciones estandarizadas y libres de patógenos, esto favorece la selección de mutantes (Pérez *et al.*, 1998).

Teniendo como base lo anterior, en el presente trabajo se trazaron los siguientes objetivos: evaluar en condiciones de campo siete mutantes con respecto a la variedad original ('SP 70-1284'), en cuanto al comportamiento de los mismos frente a la roya de la caña de azúcar (*P. malanocephala* Syd) y conocer las posibles variaciones en las características agronómicas, botánicas e industriales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se llevó a cabo en el campo experimental del Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, sobre un tipo de suelo fluvisol (Palma y Cisneros, 1997).

Los siete mutantes fueron obtenidos por aplicación de radiaciones Gamma  $^{60}\text{Co}$  sobre callos organogénicos de la variedad 'SP 70-1284' en el Instituto de Biotecnología de las Plantas de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba.

El material vegetal de plantación fueron trozos de dos yemas provenientes de una segunda multiplicación vegetativa. Se utilizó una densidad de diez yemas por metro lineal, surcos de cinco metros de largo y parcelas de cinco surcos. La cosecha se realizó a los 14 meses después de la plantación.

Durante el desarrollo del cultivo (seis y catorce meses), se evaluaron características botánicas y agronómicas. Las características botánicas fueron: la forma del entrenudo, color del tallo, contenido de cera, tipo de yema, canal de la yema, presencia de pelos en la vaina y largo y ancho de la hoja (cm). Entre las características agronómicas que se consideraron estuvieron: largo del tallo (cm), número de entrenudos del tallo, largo del entrenudo (cm), diámetro del tallo (cm), peso del tallo (kg), así como se calculó el número total de tallos por hectárea y el rendimiento agrícola ( $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Como

característica industrial se evaluó el brix al momento de la cosecha. Para la evaluación de las características botánicas, agronómicas e industriales se utilizaron las normas y procedimientos descritas por el Instituto para el Mejoramiento de la Producción de Azúcar (IMPA, 1983). Las afectaciones por la roya de la caña de azúcar se evaluaron tomando como base el tipo de daño, se consideró el porcentaje de la superficie de la hoja dañada y cada mutante se clasificó de acuerdo con la escala recomendada por Sandoval (2001).

Se utilizó un diseño completamente al azar con ocho tratamientos (genotipos) y 10 repeticiones. Para el procesamiento de los datos se realizó un análisis de varianza multivariado (MANOVA), análisis discriminante canónico, prueba de comparación múltiple de medias por el procedimiento de Tukey ( $p < 0.05$ ), así como un análisis de correlación simple en donde se determinaron las asociaciones posibles entre los caracteres del rendimiento e industrial, así como una prueba F basada en la distancia cuadrada de Mahalanobis donde se compararon los mutantes por grupos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de varianza multivariado, los cuatro estadísticos de prueba concordaron en que existieron diferencias altamente significativas ( $P < 0.0001$ ) entre los mutantes evaluados sobre el conjunto de parámetros agroindustriales estudiados en campo (Tabla 1), se rechazó la hipótesis nula de igualdad de vectores de medias, lo cual indicó que de los ocho vectores de medias correspondientes a los mutantes y la variedad original comparados, cuando menos un vector de medias fue diferente.

En la evaluación de las características agronómicas en campo entre los mutantes, los análisis estadísticos mostraron que para el largo del tallo y de los entrenudos las diferencias entre los mutantes fueron mínimas, mientras que para el número de entrenudos y el diámetro de tallo no existieron diferencias significativas. Se destacaron los mutantes 1, 2, 3, 4 y 5 con un comportamiento similar a la variedad original 'SP 70-1284' (Tabla 2).

Tabla 1. Estadísticos de prueba del análisis de varianza multivariado.

Prueba	Valor	Valor de F	No. DF	Den DF	Significación.
Wilks's Lambda	0.00098	10.69	77	378.97	<0.0001
Traza de Pillai's	3.26978	5.42	77	476.00	<0.0001
Traza de Hotelling-Lawley	32.03439	25.18	77	233.29	<0.0001
Raíz de Roy's Greatest	25.11111	155.23	11	68.00	<0.0001

Tabla 2. Comparación de caracteres agronómicos entre siete mutantes de caña de azúcar obtenidos por mutagénesis *in vitro* a partir de la variedad 'SP 70-1284'.

Mutante y/o variedad	Largo del tallo (cm)	Número de entrenudos	Largo del entrenudo (cm)	Diámetro del tallo (cm)
Mutante 1	282.8 a	24.4	9.97 b	2.97
Mutante 2	269.7 a	22.5	9.83 b	2.91
Mutante 3	269.2 a	21.4	10.67 ab	2.98
Mutante 4	273.4 a	23.0	10.59 b	3.17
Mutante 5	288.3 a	24.0	10.24 b	2.92
Mutante 6	263.6 ab	21.3	10.17 b	2.84
Mutante 7	239.4 b	22.2	9.53 b	2.96
'SP 70-1284'(control)	280.0 a	22.5	12.30 a	3.09
E. E.	± 11.37	± 1.19 (NS)	± 0.53	± 0.13 (NS)

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey para  $\alpha \leq 0.05$

Tabla 3. Comportamiento de caracteres agrícolas e industriales de mutantes con resistencia a la roya de la caña de azúcar obtenidos por mutagénesis *in vitro* a partir de la variedad 'SP 70-1284'.

Mutante y/o Variedad	Peso del tallo		Rendimiento	
	(kg)	No. tallos. ha <sup>-1</sup>	t. ha <sup>-1</sup>	Brix
Mutante 1	1.284 a	113 915 a	144 561 a	20.60 b
Mutante 2	1085 ab	88 918 bc	96 742 bc	22.20 a
Mutante 3	1.233 ab	99 988 ab	123 664 ab	21.80 ab
Mutante 4	1.371 a	105 345 ab	144 804 a	23.00 a
Mutante 5	1.259 ab	107 130 ab	133 755 ab	22.20 a
Mutante 6	1.256 ab	101 416 ab	129 567 ab	23.00 a
Mutante 7	1.022 b	75 705 c	76 584 c	20.40 b
'SP 70-1284' (Control)	1.273 ab	105 702 ab	134 173 a	23.30 a
Error estándar	± 0.11	± 6 283.70	± 14 462	± 0.48

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey para  $\alpha \leq 0.05$

Al analizar los datos obtenidos en la evaluación del rendimiento se encontraron diferencias significativas entre los mutantes y la variedad 'SP 70-1284' (Tabla 3).

El rendimiento de caña (t. ha<sup>-1</sup>) en los mutantes 1, 3, 4, 5 y 6 alcanzaron los mismos valores que la variedad original; mientras que, los mutantes 2 y 7 mostraron valores inferiores.

La producción de caña de azúcar por hectárea es un carácter cuantitativo de las variedades, que sirve para medir la capacidad productiva de las mismas y por tanto, es de relevante importancia para la agricultura cañera (Valdez, 1998).

En la tabla 4, se presentan la matriz de correlaciones entre los componentes del rendimiento y el componente industrial, brix. El peso del tallo presentó una correlación positiva altamente significativa con el largo del tallo, (b = 0.614), eventualmente el largo del tallo moledeador determina el peso del mismo. El diámetro presentó una asociación positiva altamente significativa con el

peso del tallo (b = 0.611), esta condición influye de manera determinante en el rendimiento agrícola.

Se encontró una asociación altamente significativa entre el peso del tallo y el rendimiento en t. ha<sup>-1</sup> de caña de azúcar (b = 0.925), lo cual indicó la influencia directa y determinante de este carácter en la producción de campo. Similares resultados encontraron Suárez *et al.* (1989) los cuales hallaron una asociación altamente significativa entre el número de tallos con las toneladas de caña de azúcar por hectárea (b = 0.90). Suárez *et al.* (1989) mencionan que al no contarse en caña de azúcar con las correlaciones genéticas correspondientes, el mejorador se basa en las correlaciones fenotípicas para identificar las asociaciones que pueden ser favorables o desfavorables a la selección práctica.

El rendimiento es un carácter complejo que está determinado por un número relativo de características heredables que interactúan en estrecha relación con el medio ambiente. Al comparar las correlaciones para

diámetro y número de tallos ( $b = -0.249$ ); diámetro y grados brix ( $b = -0.047$ ) y grados brix y número de tallos por hectárea ( $b = 0.010$ ), se encontró poca asociación entre estas variables, lo cual concuerda con lo publicado por De Sousa y Rea (1993).

En la tabla 5 se muestran los resultados de la largo y ancho de la hoja, así como la cantidad de pústulas de *P. melanocephala* por  $\text{cm}^2$ . En la largo de la hoja los mutantes 7 y 1 presentaron valores superiores y con diferencias significativas con el resto de los mutantes. El mutante 7 mostró valores superiores en largo y ancho de la hoja con diferencias significativas con el resto de los mutantes, mientras que los mutantes 2, 3 y 6 mostraron valores similares a la variedad original.

La intensidad de las afectaciones, de acuerdo con la escala de evaluación para la roya de la caña de azúcar, fue inferior al comportamiento de la variedad original en todos los mutantes evaluados, pero con diferencias entre ellos en cuanto a la clasificación. Se destacó el mutante 7 que no presentó los síntomas típicos de la roya de la caña de azúcar, sólo manchas cloróticas en algunas hojas, lo que lo califica dentro de la categoría

de altamente resistente de acuerdo con la escala de Sandoval (2001). Los mutantes 2 y 3 presentaron manchas cloróticas y algunas pequeñas pústulas rodeadas de áreas necróticas en las hojas, esta intensidad los clasifica dentro de la categoría de moderadamente resistentes. Los mutantes 6, 5, 4 y 1 presentaron manchas cloróticas, necróticas y pústulas en hojas viejas, clasificándose por ello como de reacción susceptible. La variedad 'SP 70-1284' la intensidad de la infección alcanzó el grado de altamente susceptible. La vía más económica y eficiente de controlar la roya de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala* Syd) es mediante el empleo de variedades resistentes las que pueden ser obtenidas a través de métodos tradicionales o biotecnológicos (Pérez *et al.*, 1995; Asnaghi *et al.*, 2001).

Estos resultados indicaron que en la expresión de la resistencia a la roya de la caña de azúcar intervienen varios genes, solos o combinados, y que de alguna manera el efecto de la radiación Gamma posibilitó la precombinación o reactivó la expresión de estos para conferir diferentes grados de resistencia en los nuevos mutantes (Gigliotti, 2001).

Tabla 4. Matriz de correlaciones entre los componentes del rendimiento agrícola e industrial.

Variable	No. de tallos. $\text{ha}^{-1}$	Largo del tallo (cm)	Entrenudos		Diámetro del tallo (cm)	Peso tallo (kg)	Rend. Agr. ( $\text{t. ha}^{-1}$ )
			Número	Largo (cm)			
Largo tallo	0.013						
Número de entrenudos	-0.010	0.506**					
Largo entrenudos	0.424	0.292	-0.050				
Diám. tallo	-0.249	0.274	0.077	-0.309			
Peso tallo	-0.008	0.614**	0.318	0.052	0.611**		
Rend. Agr.	0.331	0.552**	0.288	0.209	0.475**	0.92**	
Brix	0.010	-0.115	0.045	-0.044	-0.047	-0.13	0.111

(\*\*): significativo de acuerdo con la prueba de "T" y con un nivel de significación  $\alpha = 0.05$  y 0.01

Tabla 5. Comportamiento de parámetros largo de la hoja, ancho de la hoja y número de pústulas de *P. melanocephala* por  $\text{cm}^2$  en mutantes obtenidos por mutagénesis *in vitro* a partir de la variedad 'SP 70-1284'.

Mutantes y/o variedad	Largo de la hoja (m)	Ancho de la hoja (cm)	Número de Pústulas ( $\text{cm}^2$ )
Mutante 1	1.30 ab	3.67 b	0.94 c
Mutante 2	1.24 bc	3.51 bc	0.13 ab
Mutante 3	1.24 bc	3.33 bc	0.23 ab
Mutante 4	1.06 d	3.33 bc	0.57 bc
Mutante 5	1.17 cd	2.86 c	0.66 bc
Mutante 6	1.25 bc	3.65 b	0.65 bc
Mutante 7	1.42 a	5.26 a	0.00 a
'SP 70-1284'(control)	1.23 bc	3.85 b	2.15 d
E. E.	$\pm 0.04$	$\pm 0.24$	$\pm 0.12$

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey para  $\alpha \leq 0.05$



## CONCLUSIONES

Los mutantes seleccionados, cuyos resultados en pruebas de campo para caracteres agroindustriales y para el grado de infección por la roya de la caña, se han analizado en este trabajo, mostraron amplia variabilidad en las características evaluadas. Estos resultados confirman la utilidad de la inducción de mutaciones mediante la aplicación de radiaciones Gamma  $^{60}\text{Co}$  combinada con las técnicas de cultivo *in vitro* en la obtención de nuevos genotipos con características modificadas, las cuales resultan útiles para el mejoramiento genético del cultivo de la caña de azúcar. Se seleccionaron los mutantes 2 y 3 por presentar el mayor rendimiento agrícola a la vez que fueron resistentes a la roya de la caña de azúcar. El mutante 7 presentó un alto grado de resistencia a la roya de la caña de azúcar, pero presentó un bajo potencial productivo.

## AGRADECIMIENTOS

A la Asociación Nacional de Universidades (ANUIES), por la beca otorgada para la realización del doctorado. Al Instituto de Biotecnología de las Plantas, por las facilidades otorgadas para realizar la investigación y tutoría del trabajo. Al Colegio de Postgraduados, por la autorización para la realización de los estudios Doctorales.

## REFERENCIAS

Asnaghi, C, D'Hont A, Glazmann D, Rott R (2001) Resistance of sugarcane cultivar R 570 to *Puccinia melanocephala* isolates from different geographic locations. *Plant Disease* 85: 282-286

De Sousa, VO, Rea RS (1993) Correlación entre los componentes de rendimiento y calidad en cinco cultivares híbridos de caña de azúcar. *Caña de azúcar* 11(01):45-52

Gigliotti, EA (2001) New perspectives to sugarcane breeding for disease resistance in the genomic era. IV Seminario Científico Internacional de Sanidad Vegetal. Varadero, Matanzas, Cuba

Jorge, H, Jorge I, Arencibia A (2004) Nuevas variedades de caña de azúcar. PUBLINCA, La Habana

IMPA (Instituto para el Mejoramiento de la Producción de azúcar) (1983) Programa de Variedades. Objetivos, Importancia y Metodología Experimental. Córdoba, Veracruz

Palma, LD, Cisneros J (1997) Plan de uso sustentable de los suelos de Tabasco. Fundación Produce A C. Tabasco

Pérez, PJ, Gómez R, Orellana P, Gil V, Jiménez E, García L, Herrera H, Alfonso E, García I (1995) Obtención de somaclones de caña de azúcar (*Saccharum* spp) por métodos biotecnológicos. *Adv. Mod. Biot.* (3) 2: 13-17

Pérez, PJ, Jimenez E, Gómez R (1998) Field performance of selected sugarcane (*Saccharum* spp hybrids) mutants. En: Mohan Jain, S, Brar DS, Ahloowalia BS (Eds) *Mutanteal variation and induced mutation in crop improvement*, pp. 447-462. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht

Rodríguez, F, Pérez P, A Fuchs (1995) *Mejora de plantas*. Ed. Varela. La Habana

Sandoval, RI (2001) La roya de la caña de azúcar en Cuba. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Editorial Centro de Información y Documentación de Sanidad Vegetal. Ciudad de la Habana

Suárez, H, García H, Jiménez N, E Rodríguez (1989) Asociación y repetibilidad de algunos caracteres en clones de caña de azúcar. *Rev. ATAC* 48(6): 2-6

Valdez, BA (1998) Evaluación agroindustrial de 12 clones de caña de azúcar en la Chontalpa, Tabasco. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados