

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Propuesta y reclasificación de patrones para estudios de resistencia de caña de azúcar a roya parda

Proposal and reclassification of standards for resistance studies of brown rust sugarcane

Joaquín Montalván Delgado, Isabel Alfonso Terry, Eida Rodríguez Lema, Ivía Pouza Sierra, Isabel Torrez Varela y Yoslén Fernández Gálvez

Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera al Central Manuel Martínez Prieto, Km 2½, Edificio IPRoYAZ, Boyeros, Ciudad de La Habana, Cuba, CP19390
E-mail: jmontalvan@eticaem.azcuba.cu

RESUMEN

En Cuba la metodología que se utiliza para la evaluación de la resistencia a la roya parda de la caña de azúcar presenta limitada dotación de patrones, lo que dificulta manejar adecuadamente cultivares en las categorías intermedias de reacción, siempre que desde el punto de vista agro productivo sean de interés. Se estudiaron seis patrones de reacción conocida y 11 cultivares comerciales. Se registraron las variables, largo, cantidad y porcentaje de área foliar ocupada por pústulas, así como el largo de la pústula mayor. La aplicación e interpretación de métodos estadísticos permitió ratificar como altamente resistente a PR980, resistente a Ja64-11 y como susceptible My5514. Se incluyen como nuevos patrones los cultivares SP70-1284 (moderadamente resistente), C88-380 (moderadamente susceptible) y C323-68 (susceptible). Se reclasifican a C334-64 (moderadamente susceptible), Ja60-5 y B4362 (altamente susceptible).

Palabras Clave: *Puccinia melanocephala*, resistencia, evaluación, enfermedades

ABSTRACT

In Cuba, the methodology used for sugarcane brown rust resistance evaluation has limited patterning, which makes it difficult to adequately handle cultivars in the intermediate categories of reaction, provided that from an agro-productive point of view they are interest. Six known reaction patterns and 11 commercial cultivars were studied. The variables, length, amount and percentage of leaf area occupied by pustules were recorded, as well as the length of the major pustule. The application and interpretation of statistical methods allowed to ratify as highly resistant to PR980, resistant to Ja64-11 and as susceptible My5514. The cultivars SP70-1284 (moderately resistant), C88-380 (moderately susceptible) and C323-68 (susceptible) are included as new standards. They are reclassified to C334-64 (moderately susceptible), Ja60-5 and B4362 (highly susceptible).

Keywords: *Puccinia melanocephala*, resistance, evaluation, diseases

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de la caña de azúcar provocan cuantiosas pérdidas directas e indirectas y constituyen una de las principales preocupaciones de los productores cañeros (Rodríguez y col., 2014). La roya parda de la caña de azúcar, ampliamente distribuida en casi todas las áreas cañeras del mundo (Muhammad y col., 2013; China y col., 2014), es causada por el hongo fitopatógeno *Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow y está considerada entre las de mayor importancia por su afectación al cultivo (Peixoto y col., 2014).

En la lucha contra esta enfermedad, el uso de cultivares resistentes es la medida de control más efectiva, de ahí la importancia de contar con herramientas adecuadas para determinar la reacción de los mismos ante *Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow, entre las cuales están las escalas de evaluación (Zhao y col., 2015). En Cuba, el sistema para evaluar la resistencia a la roya parda en el Programa de Mejoramiento Genético (INICA, 2011) utiliza la escala de Alfonso y González (1981) la que está constituida por solo cinco grados y seis cultivares patrones de respuesta conocida ante la enfermedad, descarta además, todo material que presenta pústulas por encima de 5 mm, sin tener en cuenta el porcentaje de área ocupada por las mismas en el tejido foliar de la planta. Por otra parte, posee limitada dotación de grados intermedios y patrones de susceptibilidad en un mismo grado con efectos diferentes en el deterioro a consecuencia de la enfermedad, lo que favorece el escape de cultivares susceptibles y limita la explotación de otros, ya que considera dentro de los límites de rechazo a todos los cultivares comprendidos en los grados de susceptibles y altamente susceptibles.

Esto ocasionalmente resulta drástico al perder material con un alto potencial agroproductivo que puede ser manejado en un entorno fitosanitario compuesto por cultivares resistentes y zonas de baja prevalencia de la enfermedad. Por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar y seleccionar cultivares como patrones de resistencia a la roya parda para el programa de mejora de la caña de azúcar en Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos se plantaron en las Estaciones Experimentales de Quivicán, Jovellanos, Ranchuelo, Florida, Guaro y Palma Soriano.

Se plantaron 11 cultivares utilizados actualmente en explotación comercial, seleccionados por su importancia para la producción y reaccionar de diferentes maneras ante la enfermedad, los que representaban en diciembre de 2015 el 46,30 % del área cañera nacional (INICA, 2016). Los cultivares seleccionados fueron: C1051-73, C132-81, C266-70, C323-68, C86-12, C86-503, C86-56, Co997, C88-380, C90-530 y SP70-1284. Además, se utilizaron a PR980 (AR), Ja64-11 (R) C334-64 (MR), Ja60-5 (S), My5514 (S) y B4362 (AS), como patrones de resistencia a la enfermedad para los ensayos en foco de infección implementados en las Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar (INICA, 2011).

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas. Cada cultivar contó con un área de 9,60 m² (6 m de longitud y 1,60 m de ancho). Cada dos cultivares y como borde de los experimentos se plantó B4362 para incrementar y homogenizar la presión de inóculo (INICA, 2011).

Las evaluaciones se realizaron sobre las hojas +1, +3 y +5 durante las edades de tres, cuatro, cinco, seis y nueve meses del cultivo en las cepas de caña planta y primer retoño. Se tomaron en cada réplica 2 cm² del tercio medio de cada hoja, de 10 tallos. Se utilizó para ello una lupa graduada a 2 cm² (Tamayo y col., 2012). Se tuvo en cuenta la cantidad de pústulas (CPUST), largo de la pústula más frecuente (LPUST), largo de la pústula mayor (LPM) y porcentaje de área ocupada por pústulas en los 2 cm² (PAOPUST).

Los datos obtenidos fueron procesados mediante análisis de varianza y prueba Tukey ($p \leq 0,01$), con la finalidad de clasificar cada individuo, según su afectación en los distintos grados de resistencia.

Para definir la reacción de cultivares y patrones, se aplicó el modelo AMMI₁ (Gauch y Zobel, 1996) con las variables PAOPUST y LPM, así como el análisis de conglomerados con todas las variables estudiadas, según el método del vecino más cercano y la distancia Euclidiana. Los clústers se realizaron según las opciones del *Statgraphpc*, se utilizó el máximo agrupamiento a partir de las medias generales de cada cultivar para todas las variables en ambas cepas. Los nuevos cultivares patrones se definieron mediante la comparación de los grupos formados por el Análisis de Conglomerados, el modelo AMMI y los cultivares patrones de resistencia establecidos en las Normas Metodológicas (INICA, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La reacción de los cultivares en la cepa de caña planta para LPM, PAOPUST, CPUST y LPUST, mostró diferencias entre los mismos en cada una de las variables estudiadas (Tabla 1). Los mayores valores de las medias corresponden al cultivar altamente susceptible B4362, junto a este se encontraron otros que, aunque menos afectados, mantienen su condición de susceptibilidad, tales como, My5514, C323-68 y Ja60-5. Resultados similares se apreciaron en la cepa de retoño.

Según los datos obtenidos se consideran con mayor resistencia los cultivares C266-70, C132-81, PR980, Co997, C1051-73, C86-56, C90-530, Ja64-11 y C86-12, los que presentaron menor afectación para las variables analizadas.

En Venezuela se estudiaron los cultivares C323-68 y SP70-1284, lo que mostraron una reacción similar, al definir a C323-68 como susceptible y SP70-1284 con niveles de severidad más bajos (Colmenares y col., 2009).

Desde finales de 1983 y principios de 1984, Ja60-5 que por su resistencia sustituyó a B4362 (AS), comenzó a manifestar síntomas severos de esta enfermedad en diferentes áreas cañeras del país. Esto denota la capacidad parasítica de *P. melanocephala*, que se adapta rápidamente a las

nuevas condiciones impuestas, lo que provocó la ruptura de la resistencia en Ja60-5 y se produjeron severos daños en este cultivar (Alfonso y col., 2012). Casos similares a los de Cuba sobre Ja60-5 sucedieron en Argentina cuando LCP85-384 ocupaba el 44 % de la superficie del cultivo. *P. melanocephala* quebró la resistencia genética de ese cultivar y se incrementó rápidamente la fuente de inóculo (Cuenya y col., 2013).

Los patrones utilizados en las pruebas de resistencia frente a la roya parda PR980 (AR), Ja64-11 (R), C334-64 (MR), Ja60-5 (S), My5514 (S) y B4362 (AS), mantuvieron su reacción ante la enfermedad (INICA, 2011). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Tamayo (2010).

Los cultivares SP70-1284 (MR) y C88-380 (MS) pueden ser recomendados para su incorporación como patrones en las Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético y ampliar la evaluación de reacción intermedia junto a C334-64. Estos mantienen medias generales en las localidades donde se realizaron los estudios, de las variables LPM y PAOPUST, que los sitúan entre las categorías extremas de resistencia.

Al realizar la representación gráfica mediante el Biplot AMMI₁ con el valor de la CPI en las ordenadas y la media de la variable PAPUST en

Tabla 1. Valores de las variables analizadas en los diferentes cultivares en la cepa caña planta

Cultivares	Cepa Planta			
	LPM Media	PAOPUST Media	CPUST Media	LPUST Media
C266-70	0,53 a	0,51 a	0,51 a	0,52 a
C132-81	0,52 a	0,51 a	0,52 a	0,51 a
PR980	0,53 a	0,51 a	0,55 a	0,51 a
C1051-73	0,68 ab	0,62 ab	0,84 a	0,63 ab
C86-56	0,68 ab	0,64 ab	0,91 a	0,65 ab
Co997	0,59 a	0,58 a	0,94 ab	0,56 a
C90-530	0,77 ab	0,72 ab	1,06 ab	0,67 ab
Ja64-11	0,80 ab	0,72 ab	1,15 ab	0,69 ab
C86-12	1,01 b	0,78 ab	1,20 ab	0,92 bc
C86-503	1,41 c	1,31 abc	1,97 bc	1,14 cd
SP70-1284	1,70 cd	1,55 bcd	2,53 c	1,41 de
C334-64	1,91 de	2,25 d	4,01 d	1,54 e
C88-380	2,16 e	2,21 cd	4,62 d	1,71 e
My5514	3,73 g	4,19 e	7,17 e	3,04 g
C323-68	2,61 f	4,21 e	7,48 e	2,13 f
Ja60-5	2,87 f	4,67 e	8,76 f	2,31 f
B4362	6,44 h	12,77 f	14,72 g	4,81 h
S \bar{x}	0,11	0,27	0,30	0,09

Letras desiguales difieren al $p \leq 0,01$

Leyenda: LPM: Largo de la pústula mayor, PAOPUST: Porcentaje de área ocupada por pústulas, CPUST: Cantidad de pústulas, LPUST: Largo de la pústula más frecuente

las abscisas, la interacción genotipo x ambiente es descrita en términos de susceptibilidad diferencial de los cultivares frente a la roya parda (Figura 1).

Los resultados obtenidos demuestran la estabilidad en el nivel de resistencia de los patrones de resistencia. Los patrones PR980 y Ja64-11 mostraron resistencia, C334-64 una respuesta intermedia, pero con tendencia de variación a la susceptibilidad, mientras el resto, Ja60-5, My5514 y B4362, manifestaron susceptibilidad. El patrón B4362 en todas las localidades varía en su porcentaje de afectación, aunque siempre es altamente susceptible, por lo que para los propósitos del sistema de evaluación puede ser empleado para representar ese tipo de reacción.

Los resultados del AMMI posibilitan conocer los distintos niveles de reacción ante la enfermedad y se distinguen como resistentes Co997, C132-81, C266-70, C1051-73, C86-56,

C86-12 y C90-530. De igual forma se detectan aquellos que manifestaron cierto nivel de susceptibilidad, así como, la estabilidad de estos en cada carácter evaluado, por lo que se puede inferir que C88-380 y SP70-1284 mantienen una reacción intermedia ante la enfermedad.

En un mismo gráfico se pueden visualizar similitudes y diferencias entre los cultivares y sus respuestas frente a la enfermedad, así como entre los ambientes de evaluación. Además, facilita la valoración del manejo de los cultivares para su empleo comercial y en los programas de mejora genética (Tamayo, 2010). La variable LPM, para el caso de la representación AMMI, mantuvo un comportamiento similar al de PAOPUST.

El empleo de las variables PAOPUST y LPM es de gran utilidad para determinar el grado de resistencia de los cultivares a la enfermedad, por lo que se propone su inclusión en la escala a utilizar para las evaluaciones relacionadas con la roya parda de la caña de azúcar (Tabla 2).

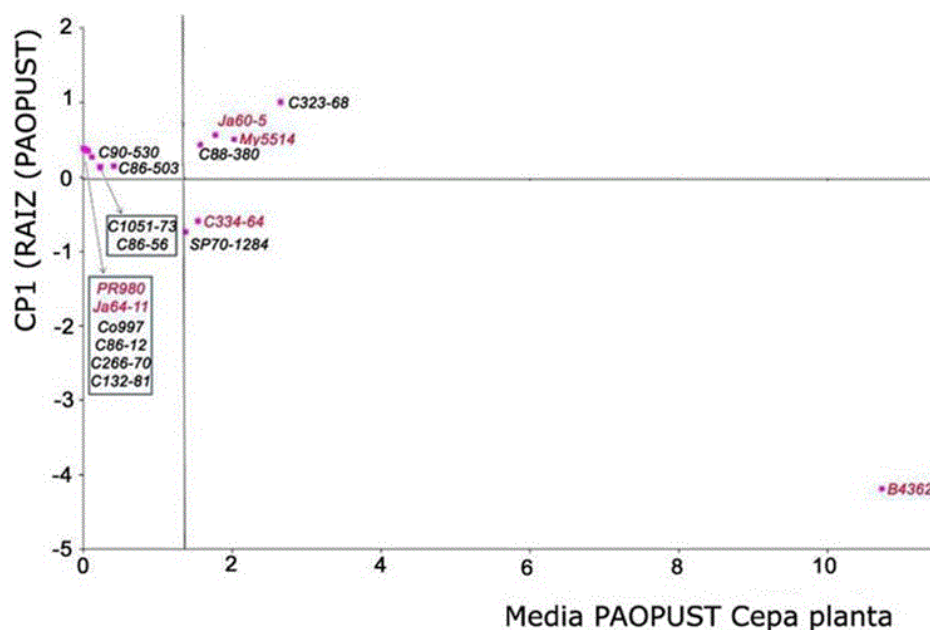


Figura 1. Representación Biplot, AMMI₁ del nivel de respuesta de los cultivares. Ceba caña planta para la variable porcentaje de área ocupada por pústulas (PAOPUST)

Tabla 2. Valores de PAOPUST y LPM según las categorías

Grado	Categoría	PAOPUST	LPM
1	AR (Altamente resistente)	< 1%	≤ 1 mm
2	R (Resistente)	1,10 – 4,00 %	1,10 – 3,00 mm
3	MR (Moderadamente resistente)	4,10 – 6,00 %	3,10 – 4,00 mm
4	MS (Moderadamente susceptible)	6,10 – 7,00 %	4,10 – 6,00 mm
5	S (Susceptible)	7,10 – 12,00 %	5,10 – 7,00 mm
6	AS (Altamente susceptible)	12,10 – 20,00 %	5,10 – 7,00 mm
7	MAS (Muy altamente susceptible)	> 20,00 %	> 7 mm

En el análisis de conglomerado (Figura 2) se observa la formación de siete grupos basados en la reacción de los cultivares, lo que permite realizar una clasificación correcta de los individuos.

El grupo con las menores afectaciones quedó conformado por C1051-73, C132-81, C266-70, C86-12, C86-56, C90-530 y Co997, así como los patrones de marcada resistencia a la enfermedad PR980 y Ja64-11.

Los cultivares My5514, C323-68 y Ja60-5 reaccionan como susceptibles, pero con diferentes intensidades de afectación, lo que posibilita su inclusión como patrones, aunque en diferentes categorías. El cultivar C334-64 presenta reacción moderadamente susceptible, conjuntamente con C88-380, y SP70-1284 moderadamente resistente, los cuales deben ser incluidos como nuevos patrones, pues mantuvieron respuesta similar con valores próximos a la media general.

Estos resultados devienen en una nueva mejora de las metodologías actuales al contar con un mayor número de patrones, lo que permite una mejor caracterización y clasificación en lo referente a la reacción frente a esta enfermedad.

CONCLUSIONES

Se ratifica como altamente resistente a PR980, resistente a Ja64-11 y My5514 como susceptible.

Se incluyen como nuevos patrones a los cultivares SP70-1284 (moderadamente resistente), C88-380 (moderadamente susceptible) y C323-68 (susceptible).

Se reclasifican a C334-64 (moderadamente susceptible), Ja60-5 (altamente susceptible) y B4362 (muy altamente susceptible).

BIBLIOGRAFÍA

ALFONSO, I. y R. GONZÁLEZ. 1981. Comportamiento de un grupo de variedades de caña de azúcar ante la roya (*Puccinia melanocephala* Sydow). *Rev. Ciencias de la Agríc. A.C.C.* No. 8: 3-8.

ALFONSO, I., E. RODRÍGUEZ y R. ACEVEDO. 2012. La roya parda de la caña de azúcar en Cuba. Editorial Académica Española. 72 pp. ISBN-13: 9783659063145.

CHINEA, A., R. ACEVEDO, E. RODRÍGUEZ y M. La O. 2014. Enfermedades de la caña de azúcar y evolución de las técnicas para su detección y diagnóstico en Cuba. Memorias del evento por el 50 aniversario del INICA, La Habana, Cuba, pp. 41-47.

COLMENARES, C., J. MONTILLA, H. NASS y M. LÓPEZ. 2009. Comportamiento de ocho

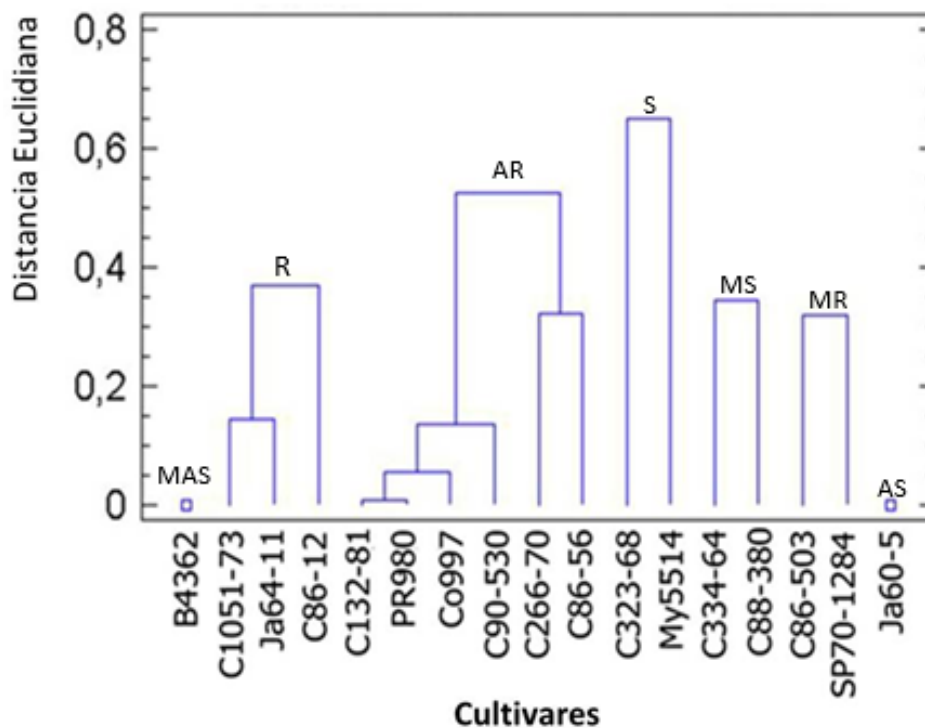


Figura 2. Análisis del agrupamiento según la reacción de los cultivares evaluados

- cultivares de *Saccharum* spp. ante la roya de la caña de azúcar, *Puccinia melanocephala*, mediante variables epidemiológicas. *Fitopatología Venezuela*, 22 (1): 8-12.
- CUENYA, M., E. CHAVANNE, S. OSTENGO, M. GARCÍA, M. AHMED, D. COSTILLA (y col.). 2013. Tuc00-19: Una nueva variedad de caña de azúcar altamente productiva y de maduración temprana. Gacetilla Agroindustrial, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC), Tucumán, Argentina, 15 p.
- GAUCH, H. G. and R. W. ZOBEL. 1996. AMMI analysis of yield trials. In: M.S. Kang and H.G. Gauch. Genotype-by-Environment Interaction. CRC Press, Boca Raton, Florida, EE.UU. 122: 85.
- INICA. 2011. Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. PUBLINICA, La Habana, Cuba, 346 p.
- INICA. 2016. XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal. 26-27 abril. *Revista Cuba & Caña*. Suplemento Especial. La Habana, Cuba, 49 p. ISSN 1028-6527.
- MUHAMMAD, K., S. AFGHAN, Y. PAN and J. IQBAL. 2013. Genetic variability among the brown rust resistant and susceptible genotypes of sugarcane by RAPD technique. *Pak. J. Bot.*, 45 (1): 163-168.
- PEIXOTO, R., F. JUNIOR, S. CRESTE, M. LANDELL, D. NUNES, A. SANGUINO, M. CAMPOS (y col.). 2014. Genetic diversity among *Puccinia melanocephala* isolate from Brazil assessed using simple sequence repeat markers. *Genet Mol Res*, 13 (3): 7852-63.
- RODRÍGUEZ, M., E. RODRÍGUEZ, I. ALFONSO y A. FUENTES. Capítulo 8. Enfermedades y Plagas. En: Santana, I., M. González, S. Guillén y R. Crespo. Instructivo Técnico para el Manejo de la Caña de Azúcar. Grupo Azucarero AZCUBA. INICA, pp. 209-256. ISBN: 978-959-300-036-9.
- TAMAYO, M. 2010. Perfeccionamiento metodológico para evaluar roya parda *Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow en caña de azúcar. Tesis Presentada en opción al título académico de Máster en Sanidad Vegetal. Mención Fitopatología. Universidad Agraria de la Habana, Cuba. 80 p.
- TAMAYO, M., J. MONTALVÁN, Y. PUCHADES, I. ALFONSO, P. PABLOS, R. GONZÁLEZ, V. CHACÓN, O. RODRÍGUEZ y H. SOLÍS. 2012. Estudio metodológico para evaluar roya parda de la caña de azúcar. *Ciencia en su PC*, 1: 1-12.
- ZHAO, D., R. WAYNE, M. BALTAZAR, J. C. COMSTOCK, P. MCCORD and S. SOOD. 2015. Screening for Sugarcane Brown Rust in the Firts Clonal State of the Canal Point Sugarcane Breeding Program. *Agronomy*, 5 (3): 341-362. ISSN: 2073 4395.

Recibido el 23 de febrero de 2017 y aceptado el 3 de julio de 2017