

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de nuevos cultivares de caña de azúcar frente a la roya parda, con el uso de escalas cualitativas y cuantitativas

Evaluation of new sugarcane cultivars against brown rust, with the use of qualitative and quantitative scales

Joaquín Montalván Delgado* , Isabel Alfonso Terry , Eida Rodríguez Lema ,
Ivía Pouza Sierra , Yoslen Fernández Galves , Isabel Cristina Torres Varela 

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), km 2 ½, carretera a la CUJAE, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 19390

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 20/2/2019
Aceptado: 9/12/2019

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

AUTOR PARA CORRESPONDENCIA

Joaquín Montalván Delgado
jmontalvan@eticacm.azcuba.cu



RESUMEN

El experimento se llevó a cabo en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Oriental Camagüey con 16 cultivares de la selección 2009 - 2010, evaluados mediante dos escalas, una cuantitativa y otra cualitativa. Se utilizaron nueve patrones de reacción conocida y analizaron, para la escala cuantitativa, las variables cantidad de pústulas, longitud de la pústula más frecuente y longitud de la pústula mayor; estos valores permitieron el cálculo del porcentaje de pústulas por centímetro cuadrado. Para el caso cualitativo el porcentaje de afectación se observó de manera visual. Se tuvo en cuenta la influencia del ambiente sobre la manifestación de la enfermedad. El grado de reacción de los cultivares se asignó en función del porcentaje obtenido y su correspondencia con la escala adecuada. Los resultados mostraron que la escala cualitativa enmascara el verdadero comportamiento, principalmente en los cultivares de comportamiento intermedio, mientras que la cuantitativa proporciona una reacción más confiable y los individuos se agrupan correctamente en sus respectivos grados, con una representación del patrón correspondiente. Las variables climáticas precipitaciones, Humedad Relativa y temperaturas proporcionaron un entorno favorable para el desarrollo de la roya parda de la caña de azúcar.

Palabras clave: *Puccinia melanocephala*, escalas, resistencia

ABSTRACT

The experiment was carried out in the Territorial Research Station of Sugarcane Center Oriental Camagüey with 16 cultivars selection from 2009 to 2010, evaluated by two scales, one quantitative and one qualitative. Nine known reaction patterns were used and analyzed, for the quantitative scale, the amount of pustules, length of the most frequent pustule and length of the largest pustule allowed to calculate the percentage of pustules per square centimeter. For qualitative case the percentage of involvement was visually observed. The influence of the environment on the manifestation of the disease was taken into account. The results showed that the qualitative scale masks the true behavior of the disease, mainly in those of the intermediate behavior, while the quantitative one provides a more reliable reaction and the individuals are grouped correctly in their respective degrees. The climatic variables provided a favorable environment for the development of brown sugarcane rust.

Keywords: *Puccinia melanocephala*, scales, resistance

INTRODUCCIÓN

En la caña de azúcar como también ocurre en otros cultivos, las enfermedades representan factores limitantes a la producción por lo que oportunamente deben ser identificadas y diagnosticadas, así como evaluadas la intensidad y efectos con que se manifiestan. La roya parda de la caña de azúcar causada por el hongo fitopatógeno *Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow es una de las principales enfermedades que atacan al cultivo (Peixoto *et al.*, 2014).

Comstock y Ferreira (1986) estimaron pérdidas superiores al 50 % en cultivares susceptibles como B4362. Hoy y Hollier (2009) fijaron este valor en el 22 % mientras que Comstock *et al.* (2015), consideraron esta merma entre un 10 y un 40 % del rendimiento. Sin embargo, en Cuba durante 1978 existieron ataques intensos de la enfermedad sobre B4362, que entonces ocupaba más del 30 % del área cañera nacional, lo que produjo pérdidas de hasta el 50 % de la cosecha por efecto de la misma; además, se incrementaron los gastos al tener que demoler extensas áreas fuertemente afectadas (Alfonso *et al.*, 2000; Rodríguez *et al.*, 2005).

Durante la zafra 1979-1980 la roya parda originó mermas ascendentes a 621 millones de pesos con pérdidas totales estimadas de unos 805 millones de pesos por concepto de

sustitución del cultivar B4362 y la adquisición adicional de maquinaria agrícola, implementos e insumos agroquímicos para su control (GEPLACEA, 1981). Aun hoy existe en las áreas cañeras del país un 9,09 % de índice de infección de la enfermedad (INICA, 2016).

La principal medida de control lo constituye el uso de variedades resistentes. Para la evaluación de esta resistencia se han diseñado diversas metodologías basadas fundamentalmente en el uso y manejo de escalas cualitativas. Las escalas que miden el área foliar afectada adolecen de dos problemas fundamentales: primero, el área ocupada en las láminas foliares hace prácticamente imposible lograr la precisión de una variable porcentual en tal extensión y segundo, el término área foliar afectada incluye todo tipo de lesiones de roya parda o parecidas, lo cual introduce otro factor de error (Montalván *et al.*, 2017).

La determinación y valoración cuantitativa del efecto provocado por las enfermedades sobre las plantas, constituye uno de los problemas de mayor importancia y trascendencia que se ha presentado en la investigación fitopatológica en la mayoría de cultivos de interés económicos. Por eso, constituye objeto de esta investigación, analizar las posibles diferencias detectadas en la reacción de cultivares de caña de azúcar al ser evaluadas por escalas cualitativas y

cuantitativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

En áreas de la Estación Territorial de Investigaciones de la caña de azúcar Centro Oriental, ubicada en Florida Camagüey se evaluaron durante el periodo 2017 - 2018 la reacción de 15 nuevos cultivares provenientes de la selección 2009 y uno de la selección 2010, frente a la enfermedad fungosa roya parda de la caña de azúcar. El experimento se plantó en septiembre de 2017 y se evaluó la cepa de caña planta. Los cultivares estudiados fueron los siguientes: C09-340, C09-341, C09-342, C09-344, C09-345, C09-346, C09-347, C09-348, C09-391, C09-392, C09-393, C09-394, C09-395, C09-398, C09-399, y C10-396. Se utilizaron además los patrones propuestos por Alfonso y González en 1981 y reflejados en las Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba (INICA, 2011): PR980 (AR), Ja64-11(R), C334-64 (MS), My5514 (S), Ja60-5 (AS) y B4362 (MAS). Además, se incrementaron los patrones propuestos por Montalvan (2017), SP70-1284 (MR), C88-380 (MS) y C323-68 (S).

El diseño experimental utilizado fue bloques al azar con tres réplicas (12 plantas por réplicas). Las evaluaciones se realizaron a los tres y cinco meses después de la plantación en la hoja + 3. Se estimó de forma visual el área foliar afectada de la hoja según la escala de Alfonso y González (1981) y en una estación de muestreo de 2 cm² (2 x 1 cm) en el tercio medio de la hoja se tomaron las variables cuantitativas cantidad de pústulas, largo de la pústula mayor y largo de la pústula más frecuente. Con estas variables fue determinado el parámetro porcentaje de área ocupada por pústulas por centímetro cuadrado, según la expresión matemática propuesta por Montalván (2017).

$$Ac = \frac{np \times lp \times 0,38}{2}$$

Ac – Porcentaje de área ocupada por las pústulas por centímetro

np – cantidad de pústulas

lp - largo de la pústula x 0,38

Las variables climáticas humedad relativa, precipitaciones y las temperaturas máxima, mínima y media durante el periodo de estudio, se registraron, según la estación meteorológica de Florida Camagüey.

Para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete Statgraphics Plus 5 y se realizaron análisis de varianza, pruebas de Tukey y análisis de conglomerados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de afectación por roya parda, al ser analizados a través de ambos métodos de evaluación, se puede apreciar cómo fueron incrementándose con la susceptibilidad de los cultivares, correspondiendo los mayores valores al cultivar de marcada susceptibilidad a la enfermedad, B4362. Sin embargo, al utilizar la escala cuantitativa, puede apreciarse que los cultivares testigos o controles quedaron caracterizados en sus respectivos grados de reacción. Los patrones PR980 y Ja64-11, caracterizados como altamente resistente (AR) y resistente (R) respectivamente se agrupan en este caso como AR, aunque la presencia de pústulas de pequeño tamaño sobre esta última refleja la diferencia entre las mismas (Tabla).

En la evaluación cualitativa, aunque los porcentajes de afectación se incrementan con la susceptibilidad de los cultivares, los patrones no quedan bien definidos en sus respectivos grados de reacción frente a la enfermedad y los cultivares C88-380, SP70-1284, C334-64, My5514, Ja60-5 y B4362 son reflejados como susceptibles, pero los niveles de afectación en ellos no son de similar magnitud. Este resultado puede estar dado por el efecto de la vista humana que responde a estímulos que se incrementan de manera logarítmica, lo que trae como consecuencia que un mismo observador no pueda distinguir entre 15 o 20 % del área foliar afectada y hace inexacta esta variable pese a ser muy utilizada en el mundo. Como consecuencia, genotipos resistentes pueden ser juzgados como susceptibles.

La escala elaborada por Alfonso y González (1981) se basa en la descripción de síntomas y signos de forma cualitativa, lo que trae como consecuencia que algunas de las lesiones a las que se hace referencia no sean exactamente de roya parda y muy bien podrían pertenecer a

otra enfermedad. Esta dificultad queda atenuada en la escala cuantitativa donde el porcentaje de área ocupada por pústulas se determina a través de una ecuación matemática.

Al analizar algunos cultivares que poseen moderada presencia de pústulas según la escala

Tabla. Valores comparativos de los porcentajes de afectación y la reacción de los cultivares ante la roya parda evaluados por ambas escalas durante todo el ciclo evaluativo

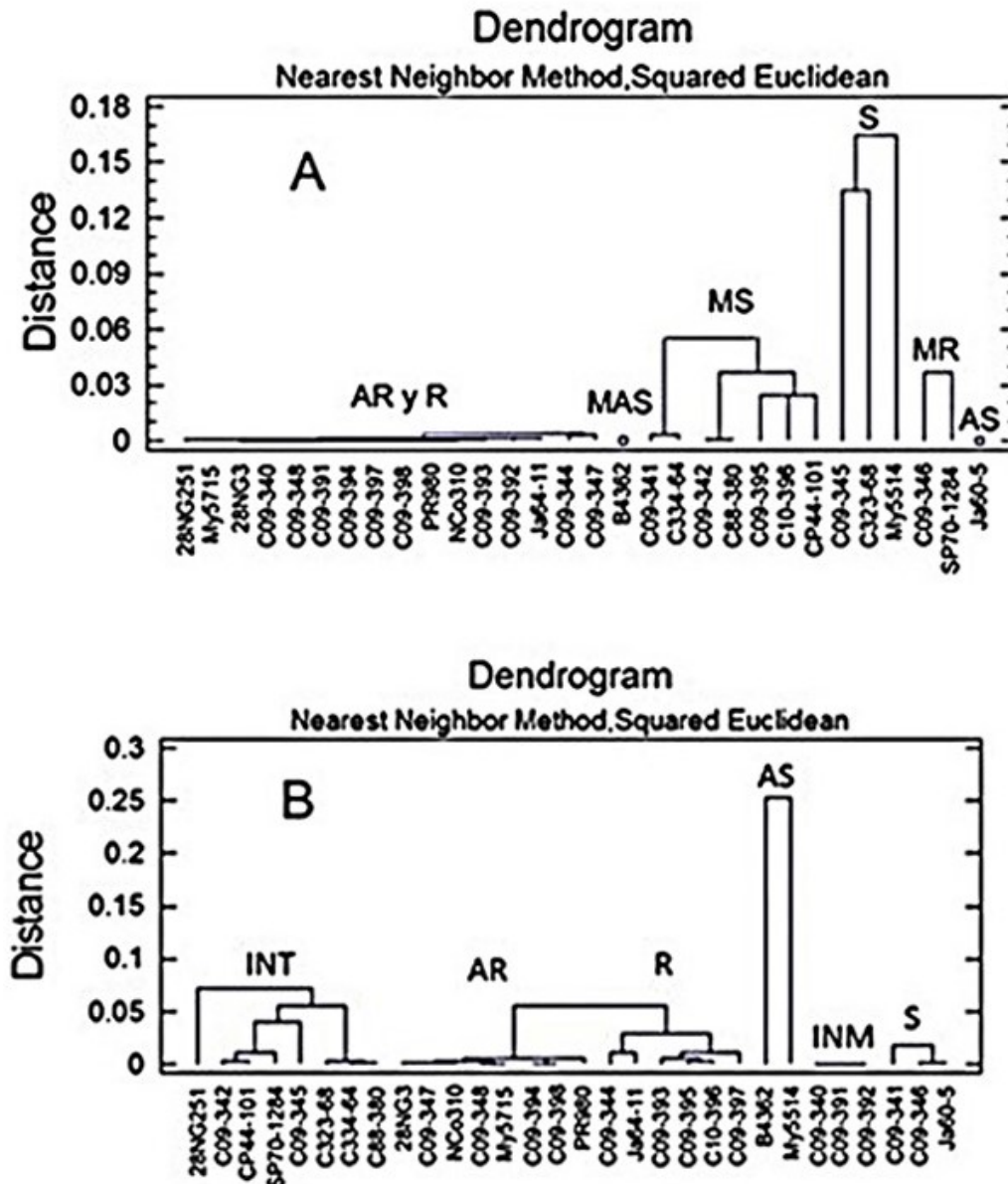
Cultivares	Escala cuantitativa (Montalván, 2017)			Escala cualitativa (Alfonso y González, 1981)		
	porafecm	sig	Reacc	porafecv	sig	Reacc
C09-340	0	a	AR	5	a	AR
C09-348	0	a	AR	10	abcd	R
C09-391	0	a	AR	5	a	AR
C09-394	0	a	AR	5	a	AR
C09-397	0	a	AR	12,5	abcde	R
C09-398	0	a	AR	6,66	ab	R
PR980 **	0	a	AR	6,67	ab	R
28NG3	0,02	a	AR	5	a	AR
NCo310	0,02	a	AR	7,5	abc	R
C09-393	0,07	a	AR	9,17	abc	R
Ja64-11**	0,38	ab	AR	12,5	abcde	R
28NG251	0,15	a	AR	20	bcdefgh	INT
My5715	0,19	ab	AR	9,17	abc	R
C09-392	0,51	ab	AR	5	a	AR
C10-396	6,41	abcde	MS	14,17	abcdef	R
C09-347	0,99	ab	AR	8,33	abc	R
C09-344	0,76	ab	AR	16,67	abcdefg	INT
C09-395	6,25	abcde	MS	14,17	abcdef	R
CP44-101	6,35	abcde	MS	20,83	cdefghi	INT
C09-342	6,18	abcde	MS	25	efghi	INT
C88-380 **	6,54	abcde	MS	30,83	hij	S
SP70-1284 **	4,1	abcde	MR	26,67	fghij	S
C09-346	4,83	abcde	MR	29,16	ghij	S
C334-64 **	6,69	abcde	MS	25,83	efghi	S
C09-341	6,92	bcde	MS	30	ghij	S
My5514 **	10,13	e	S	34,17	ij	S
C323-68 **	8,17	cde	S	23,33	defghi	INT
C09-345	9,58	de	S	25	efghi	INT
Ja60-5 **	19,06	f	AS	29,17	fghij	S
B4362 **	24,86	f	MAS	40	j	S
CV	8,3		4,04	3,2		
Sx	1,24		0,35	2,52		

Letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente al 0,01 %

Leyenda: ** Testigos de reacción conocida, **porafecm** - porcentaje de área afectada por cm², **porafecv** - Porcentaje de afectación visual, **sig** - significancia, **Reacc** - Reacción, **AR** - Altamente resistente, **R** - Resistente, **MR** - Moderadamente resistente, **INT** - Intermedio, **MS** - Moderadamente susceptible, **S** - Susceptible, **AS** - Altamente susceptible, **MAS** - Muy altamente susceptible, **CV** - Coeficiente de variación, **Sx** - Error estándar

cuantitativa y se clasifican en grados intermedios, se aprecia que podrían ser manejados como cultivares comerciales, teniendo en consideración su aceptable potencial agro azucarero; pero quedan descartadas en la escala cualitativa, pues en ella se da una expresión falseada del porcentaje de afectación y se reportan como susceptibles, quedando en la zona de rechazo.

En la Figura 1 se aprecia el agrupamiento de los cultivares según las escalas utilizadas. Existen cultivares que manifiestan reacción diferencial, principalmente los cultivares intermedios, donde la apreciación del porcentaje de afectación de manera visual se hace complejo por las características propias del cultivo que poseer hojas largas y estrechas, por lo cual estimar esta variable con precisión



Leyenda: INM - Inmune, AR - Altamente Resistente, R - Resistente, MR - Moderadamente Resistente, INT - Intermedio; MS - Moderadamente Susceptible, S - Susceptible, AS - Altamente Susceptible, MAS - Muy Altamente Susceptible

Fig. 1 Agrupamiento de los cultivares con la aplicación de la escala de Montalván (2017) A y con la escala de Alfonso y González (1981) B en sus respectivas categorías de resistencia

es complejo.

Dificultades como estas ocurren con los cultivares C09-395 y C10-396 que presentan pústulas por centímetro cuadrado de 6,25 y 6,41 % respectivamente, lo que los ubica en la categoría de MS, catalogados como R en la evaluación cualitativa, corriendo el riesgo de liberar cultivares con la posibilidad de afectaciones sin tomar las debidas medidas de manejo. Lo contrario ocurre con C09-341 y C09-346, ubicados en la categoría de MS en la escala cuantitativa, pero pueden manejarse adecuadamente en un entorno fitosanitario compuesto por cultivares resistentes, sin embargo, son rechazadas al utilizar la escala de Alfonso y González (1981).

La metodología de Alfonso y González está constituida por solo cinco grados, pero descarta todo material que presenta afectaciones por encima del 25 % (categoría susceptible). Esto en ocasiones resulta drástico al perder material con un alto potencial agro productivo que puede ser manejado en un entorno fitosanitario compuesto por cultivares resistentes, en zonas

de baja prevalencia de la enfermedad.

Las precipitaciones y los días que ocurrieron las mismas mensualmente favorecieron el desarrollo de la enfermedad, pues estas se comportaron dentro de los requerimientos necesarios para que la roya parda se manifestara. Las precipitaciones totales fueron de 1575,1 mm con 12,4 días de lluvia mensual por lo que el patógeno encontró, en relación con esta variable meteorológica condiciones óptimas para su desarrollo (Figura 2).

Las infecciones de roya parda en caña de azúcar se producen una vez que la lámina foliar esté mojada por la lluvia o el rocío. Algunos autores refieren que, en presencia de agua, las esporas germinan y penetran en las hojas a través de los estomas (Tokeshi y Rago, 2005; Martínez *et al.*, 2007).

Igualmente, las temperaturas y la humedad relativa favorecieron el desarrollo de la enfermedad (Figura 3). La humedad relativa en ambas evaluaciones se mantuvo dentro del rango de 69 a 84 % lo que permitió que las esporas estuviesen viables durante todo el

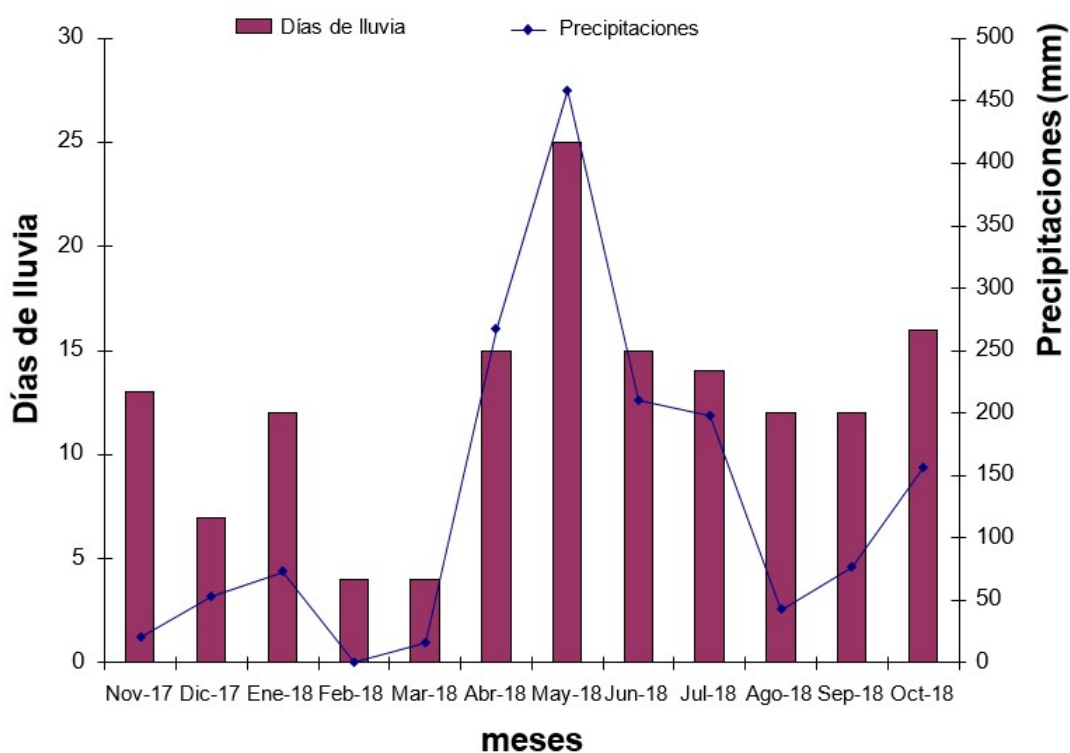


Fig. 2 Manifestación de las lluvias en el periodo de estudio

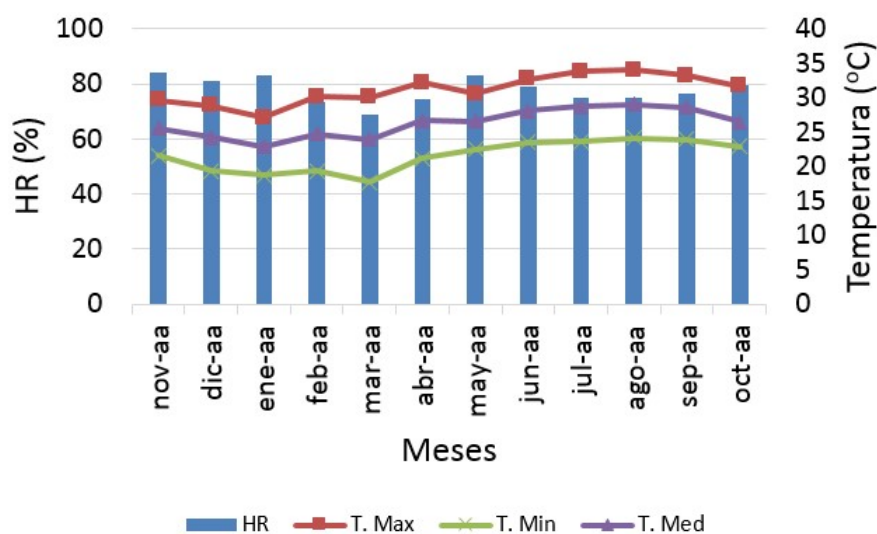


Fig. 3 Manifestación de las temperaturas y la Humedad Relativa (HR) en el periodo de estudio

periodo, favoreciendo la reinfección al completar varios ciclos del patógeno sobre los cultivares. Sandoval (1981) expresa que las esporas pueden mantenerse viables en los primeros 40 días, entre valores de 60 al 95 % de humedad relativa.

Las temperaturas mantuvieron rangos que propiciaron un ambiente favorable al desarrollo de la enfermedad pues oscilaron en el rango de 17,7 a 33,8 °C en las evaluaciones. Durante el periodo de mayor incidencia de la enfermedad en Cuba (noviembre - marzo) este rango fue más estrecho (17,7 - 30,2 °C). no obstante, la roya parda se favorece con temperaturas bajas (Newton, 2007).

La humedad relativa del aire cuando es superior al 80 % y la temperatura diurna oscila entre 18 a 25 °C se favorece la multiplicación del hongo y la propagación de la enfermedad, aunque pueden germinar en un rango de 20 a 32 °C.

CONCLUSIONES

El análisis de las evaluaciones realizadas a través de la escala propuesta por Alfonso y González, enmascara el verdadero comportamiento de los cultivares al basarse en aspectos cualitativos, principalmente en los

cultivares de comportamiento intermedio.

La escala cuantitativa brinda una reacción más confiable de los cultivares y los individuos al agruparlos correctamente en sus respectivos grados, con una representación del patrón correspondiente.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Joaquín Montalván Delgado: planeación de la investigación, diseño, montaje y evaluación del experimento, Procesamiento de datos, análisis de los resultados, redacción del artículo, revisión final.

Isabel Alfonso Terry: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Eida Rodríguez Llema: análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Ivia Pouza Sierra: montaje y evaluación del experimento, Procesamiento de datos, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Isabel Tores Varela: Procesamiento de datos, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

Yoslen Fernández Gálvez: Procesamiento de datos, análisis de resultados, redacción del artículo, revisión final.

BIBLIOGRAFÍA

- ALFONSO, I., CORNIDE, M. T., SANDOVAL, I., *et al.* 2000. Sistema Evaluativo de la Resistencia a las Principales Enfermedades de la Caña de Azúcar en Cuba. Roya (*Puccinia melanocephala* Sydow. & P. Sydow). *Revista Cuba & Caña*, p. 33-42.
- ALFONSO, I. y GONZÁLEZ, R. 1981. Comportamiento de un grupo de variedades de caña de azúcar ante la roya (*Puccinia melanocephala* Sydow). *Rev. Ciencias de la Agric. A.C.C.*, No. 8: 3-8.
- COMSTOCK, J. C. and FERREIRA, S. A. 1986. Sugarcane rust: Factors affecting infection and symptom development. In: Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. Congr. XIX, Jakarta, 403-410.
- COMSTOCK, J. C., SOOD, S., ZHAO, D., *et al.* 2015. Presence of BRU1 brown rust resistance in the CP sugarcane development programs. XI Pathology and IX Entomology Workshops. "Enhancing innovative pest and disease management strategies in the sugarcane agrosystem" September, Guayaquil, Ecuador, Abstract Book, BP 2, p. 7.
- GEPLACEA. 1981. La Roya de la caña de azúcar (*Puccinia* spp). En Reunión de Expertos de Alto Nivel sobre la prevención y control de las enfermedades del carbón y la roya de la caña de azúcar. Documento Básico de Referencia, 31 marzo-3 de abril, INICA, La Habana, 50-60 p.
- HOY, J. and HOLLIER, C. 2009. Effect of brown rust on yield of sugarcane in Louisiana. *Plant Disease*, 93 (11): 1171 - 1174.
- INICA. 2011. Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. La Habana, Cuba, PUBLINICA, 346 p.
- INICA. 2016. XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal. *Revista Cuba & Caña*, Suplemento Especial, 49 pp, abril.
- MARTÍNEZ, E., BARRIOS, S. G., ROBESTI, L. y Santos, P. R. 2007. Manejo Integrado de plagas. Ediciones Centro Nacional de Sanidad Vegetal, La Habana, Cuba, Servicio de Sanidad Vegetal, Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de Cataluña, Tarragona, España y Proyecto Biopreparados, La Habana, Cuba, 526 p.
- MONTALVÁN, J., RODRÍGUEZ, J., ALFONSO, I., *et al.* 2017. Aplicación de variables cuantitativas en el método de muestreo para evaluar la roya parda de la caña de azúcar. *Centro Agrícola*, 44 (1): 63-70.
- MONTALVÁN, J. 2017. Adecuaciones al sistema evaluativo de la roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow) en pruebas de resistencia de cultivares de caña de azúcar en Cuba. Tesis presentada en opción al grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 139 p.
- NEWTON, W. 2007. Detecciones de roya de la caña de azúcar, *Puccinia kuehnii*, en el condado de Palm Beach, Florida, Estados Unidos NAPPO Phytosanitary Alert System. Disponible en: <http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=270> Consultado 17/4/2016.
- PEIXOTO, R., JUNIOR, F., CRESTE, S., *et al.* 2014. Genetic diversity among *Puccinia melanocephala* isolate from Brazil assessed using simple sequence repeat markers. *Genet Mol Res.*, 13 (3): 7852-63.
- RODRÍGUEZ, M., RODRÍGUEZ, E., y ALFONSO, I. 2005. SEFIT: premisas para el desarrollo de una agricultura ecológica

sostenible en la caña de azúcar. Memorias 40 Aniversario del INICA, ISBN 959-246-122-8.

SANDOVAL, I. 1981. Informe sobre la investigación de enfermedad de la roya en Cuba. *Rev. ATAC*, 40 (2): 12-24.

TOKESHI, H. e RAGO, A. 2005. Doenças da cana-de-açúcar. In: Kimati, H., Amorim, L., Rezende, J.A.M., *et al.* (eds.). Manual de Fitopatología: Doenças de plantas cultivadas. Editora Ceres, São Paulo, 185-196.

Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una *Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional*. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento en cualquier medio, siempre que la obra sea debidamente citada.