

Severidad de la roya naranja en cultivares de caña de azúcar infectados en la provincia de Villa Clara

Osmany de la C. Aday Díaz,¹ Isabel Alfonso,² Roberto González,² Félix R. Díaz Mujica,¹ Yulexi Gil Cruz,¹ Susana Reyes Pérez¹ y Javier Barroso Melillo¹

¹ Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Villa Clara, Autopista Nacional, Km 246, Ranchuelo, C.P. 53100, Villa Clara, osmany@inicavc.azcuba.cu

² Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera al CAI Martínez Prieto Km 2½, Boyeros, La Habana, C. P. 19390

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la infección y severidad de la roya naranja de la caña de azúcar [*Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler], en un grupo de cultivares comerciales mediante el cálculo de variables epidemiológicas. El experimento se desarrolló en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar en la provincia de Villa Clara. Se evaluaron 25 cultivares comerciales, entre ellos a B7274, C89-147 y C95-414 como testigos susceptibles, 11 progenitores infectados de forma natural por *P. kuehnii* desde 2009. Además se incluyeron como testigos a Q124 y CP72-2086, susceptibles en Australia y Centroamérica, respectivamente. Se determinó el área foliar afectada (AFA), área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) y tasa del progreso de la enfermedad (*r*). Se infectaron 18 cultivares, de ellos seis comerciales. La mayor severidad se observó en los progenitores CSR81-86, CSG398-92 y B52107. Con la excepción de C89-147, todos los testigos se infectaron y la menor severidad se registró en CP72-2086 y Q124. Durante el período de evaluación no se desarrolló una epidemia severa. La infección se extendió desde noviembre a julio con un máximo en enero a los siete meses de edad de las plantas.

Palabras claves: *Puccinia kuehnii*, roya naranja, severidad, caña de azúcar.

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the infection and severity of the sugarcane orange rust [*Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler], in a group of commercial cultivars, by means of the calculation of epidemic variables. The experiment was developed at the Sugarcane Territorial Station in Villa Clara province. 25 commercial cultivars were evaluated, among them to B7274, C89-147 and C95-414 as susceptible controls, 11 progenitors infected naturally by *P. kuehnii* since 2009. Besides cultivars Q124 and CP72-2086, susceptible in Australia and Central America respectively were also included as control. Affected foliar area (AFA), area under the disease progress curve (ABCPE) and rate of progression of the disease (*r*) were calculated. 18 cultivars were infected; six of them were commercial cultivars. The highest disease severity was observed on the progenitors CSR81-86, CSG398-92 and B52107. With the exception of C89-147, all the controls were infected and the smallest severity was registered on CP72-2086 and Q124. During the evaluation period an epidemic was not occurred. The infection was extended from november to july with a maximum in january, to the seven months of age of the plants.

Key words: *Puccinia kuehnii*, orange rust, severity, sugarcane

INTRODUCCIÓN

En Australia, en 2000 la roya naranja [*Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler] avanzó rápidamente por la ocurrencia de condiciones ambientales favorables y se estimaron pérdidas de un 30 a un 40 % en el rendimiento agrícola [Magarey *et al.*, 2005]. En términos económicos fue la más importante epidemia de una enfermedad en la historia de ese país. La ocurrencia de esta severa epifitía se atribuyó a la aparición de una nueva raza del patógeno, a condiciones ambientales predisponentes y a la existencia de grandes áreas

plantadas con un mismo cultivar, cuya resistencia fue vencida por el patógeno [Funes *et al.*, 2010].

Originalmente la enfermedad estuvo restringida al sudeste de Asia y el Pacífico [Magarey *et al.*, 2005], hasta que en 2007 aparece en Estados Unidos [Comstock *et al.*, 2008]. En la actualidad se informa en 38 países: Taiwán [Hsieh y Fang, 1983], Nueva Guinea, Indonesia, Filipinas, Australia [Magarey *et al.*, 2005], Estados Unidos [Comstock *et al.*, 2008], Guatemala [Ovalle *et al.*, 2008], Costa Rica y Nicaragua [Cha-

varría *et al.*, 2009], México, El Salvador y Panamá [Flores *et al.*, 2009], Cuba [Pérez *et al.*, 2010], Brasil [Barbasso *et al.*, 2010], Colombia [Cadavid *et al.*, 2012], Fiji, Nepal, Islas Cook, Islas Nicobar, Guam, Islas Salomón, Micronesia, Nueva Zelanda, Samoa, Singapur [NAPPO, 2012], Mauricio, Mozambique, Sudáfrica, China, Japón, Malasia, Myanmar, Pakistán, Siri Lanka, Tailandia y Vietnam [SINAVEF, 2013], Ecuador [Garcés *et al.*, 2014] y República Dominicana [Briggs *et al.*, 2014].

La propagación de la enfermedad, desde su primer reporte en Norteamérica hasta Sudamérica, fue rápida (dos años y medio) en comparación con la distribución de la roya parda que demoró ocho años después de su llegada a República Dominicana en 1978 [Funes *et al.*, 2010].

En Cuba, Aday *et al.* (2010) y Pérez *et al.* (2012) determinaron en condiciones naturales la infección por roya naranja en varios cultivares comerciales y progenitores de interés, en áreas experimentales y de producción; sin embargo, poco se conoce de su epidemiología en esas condiciones. El objetivo del presente estudio fue evaluar la infección y severidad de *P. kuehnii* en un grupo de cultivares comerciales

de importancia mediante el cálculo de variables epidemiológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en un área experimental de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Villa Clara. El experimento se plantó en junio de 2013 y fue evaluado hasta julio de 2014. Se plantaron 25 cultivares comerciales, entre ellos a B7274, C89-147 y C95-414 como testigos susceptibles, 11 progenitores infectados de forma natural por *P. kuehnii* desde 2009 [Aday *et al.*, 2010]; también se incluyeron como testigos a Q124 y CP72-2086, los cuales resultaron susceptibles a esta roya en Australia y Centroamérica, respectivamente [Magarey *et al.*, 2005; Ovalle *et al.*, 2010] (Tabla 1). Se plantó un surco de 6 m de longitud de cada cultivar por réplica. Cada dos cultivares se plantó un surco con uno de los comerciales que han presentado roya naranja en el país (C95-414, C89-147 y B7274); estos también se ubicaron aleatoriamente en surcos alternos de igual forma que los demás cultivares a evaluar en dos réplicas. El cultivar C89-147 fue plantado bordeando el experimento.

Tabla 1. Cultivares plantados en el experimento

Cultivares comerciales		Progenitores	Cultivares testigos
B78505	C86-503	B52107	B7274 (T)
B80250	C88-380	C266-59	C89-147 (T)
C87-51	C89-148	C87-264	C95-414 (T)
C266-70	C89-176	Co213	CP72-2086 (T)
C1051-73	C90-317	CSG24-92	Q124 (T)
C120-78	C90-469	CSG398-92	
C132-81	C90-530	CSG90-270	
C137-81	Co997	CSR81-86	
C85-102	SP70-1284	Ja60-5	
C86-12	Q68	Ja64-11	
C86-156		UCLV59-84	
C86-56			

(T): Testigo

Las evaluaciones se realizaron a partir de los tres meses posteriores a la plantación del experimento, cada 30 días hasta los 13 meses de edad de las plantas. Para determinar la severidad de la enfermedad se eligieron, por réplica, 10 plantas al azar de cada cultivar. En cada una se evaluó toda la lámina de las hojas +1 [con el primer labio visible (TVD Top-Visible Dewlap Leaf)], y en ese mismo orden las hojas +3, +5 y +7. Con las media de los datos de severidad registrados de

las cuatro hojas evaluadas por cultivar se elaboraron las curvas de progreso de la enfermedad, permitiendo determinar su forma y tendencia.

La severidad de la enfermedad se estimó en porcentaje de área foliar afectada (AFA) en cada uno de los cultivares mediante el uso de la escala de cinco grados de Alfonso *et al.* (2000) empleada para evaluar la roya parda (*Puccinia melanocephala* H. y P. Sydow) (Tabla 2).

Tabla 2. Escala para medir el porcentaje del área foliar afectada por *P. melanocephala* (severidad del ataque) [Alfonso *et al.*, 2000]

Grado	Porcentaje del área foliar afectada
1	Hasta un 5 %
2	Hasta un 15 %
3	Hasta un 25 %
4	Hasta un 50 %
5	Más del 50 %

Para comparar la susceptibilidad de cada cultivar evaluado, también se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) mediante la ecuación propuesta por Shaner y Finney (1977).

$$ABCPE = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{(y_i + y_{i+1})}{2} \right] * (t_{i+1} - t_i)$$

donde:

y_i : Severidad de la enfermedad en proporción para la observación i^{ma}

t_i : Tiempo (días) desde el inicio de la evaluación hasta la observación i^{ma}

n : Número total de observaciones

Se calculó la tasa de progreso de la enfermedad (r). Esta variable permitió determinar el avance de la enfermedad en cada cultivar con respecto al tiempo [Kushalappa y Ludwing, 1982]. La estimación se obtuvo mediante la fórmula siguiente:

$$r = \frac{1}{t_2 - t_1} \left[\ln\left(\frac{y_2}{1 - y_2}\right) - \ln\left(\frac{y_1}{1 - y_1}\right) \right]$$

donde:

y_1 : Proporción de tejido afectado al inicio de la evaluación

y_2 : Proporción de tejido afectado al final del período evaluado

t_1 : Tiempo de inicio de la evaluación

t_2 : Tiempo de la última evaluación

A partir de los valores de AFA, ABCPE y r se realizaron análisis de varianza y las pruebas de comparación de medias por Tukey para determinar las diferencias entre los tratamientos representados por los cultivares, empleando el programa Statgraphics, versión 4,1.

Las variables de análisis AFA y ABCPE fueron utilizadas para agrupar los cultivares infectados de acuerdo con la susceptibilidad a la enfermedad durante todo el período de evaluación. En la conformación de los

grupos se utilizó un análisis de clasificación automática (método Ward, distancia Euclidiana) y se tuvo en cuenta no fusionar grupos demasiado lejanos, como criterio de parada del agrupamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 18 cultivares evaluados se infectaron con *P. kuehnii*, entre ellos los testigos B7274, C95-414, CP72-2086 y Q124 (Tabla 3). Los demás cultivares plantados en el experimento no se infectaron; algunos de ellos han presentado síntomas de roya naranja en Villa Clara y en otras provincias del país, como es el caso de C89-147 empleado como testigo [Aday *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2012], lo que indica que muestra una posible influencia del ambiente en el desarrollo de la infección de esta enfermedad.

De acuerdo con las variables epidemiológicas calculadas, existieron diferencias entre los cultivares en cuanto a la severidad expresada en porcentaje de AFA media, AFA máxima y ABCPE (Tabla 3). Los cultivares CSR81-86, CSG398-92, B52107 presentaron mayor infección por la roya naranja, con diferencias significativas en relación con los testigos y al resto de los infectados.

Los valores promedio máximos de AFA observados durante todo el período de evaluación sobrepasaron el 15 % en la mayoría de los cultivares infectados, y fue significativamente menor en C90-317, Ja60-5, UCLV59-84, C86-12, Q124 y CP72-2086. El ABCPE fue significativamente menor en C82-12 y en los testigos Q124 y CP72-2086.

Los valores de la tasa de progreso de la enfermedad (r) pueden fluctuar en un rango de 0,001 hasta 0,693, considerándose valores superiores a 0,11 como altos y típicos de epidemias severas [Van der Plank, 1963]. En este estudio los valores calculados de r indicaron que no se presentaron diferencias entre cultivares en el avance de la enfermedad y que no se desarrolló una epidemia.

Se observaron diferencias significativas entre los valores observados en las hojas evaluadas en relación con el AFA, ABCPE y r (Tabla 4). La severidad de la enfermedad y la cantidad de infección acumulada se incrementó significativamente en las hojas +5 y +7. Entre las hojas +3 y +5 no existieron diferencias significativas en cuanto a las variables AFA máxima, ABCPE y r . Ello indicó que en esta porción de la

planta se observan los valores medios de la afectación por la enfermedad.

En la evaluación de la severidad de la roya naranja, en Guatemala se considera la hoja +7 [Ovalle *et al.*, 2010], mientras que en Costa Rica [LAICA, 2008] y Colombia [Ángel *et al.*, 2010] se utiliza la hoja +3. En la evaluación de la roya parda, la hoja +3 proporcio-

na un valor medio de utilidad para medir cualquier variable cuantitativa o cualitativa [Aday *et al.*, 2014]. De acuerdo con los resultados de este estudio, las referencias anteriormente citadas y la metodología de evaluación de la resistencia a *P. melanocephala* de Alfonso *et al.* (2000), la hoja +3 podría ser también utilizada en Cuba en la evaluación de la resistencia a *P. kuehnii*.

Tabla 3. Variables epidemiológicas que cuantifican el desarrollo de la enfermedad producida por *P. kuehnii* en cada uno de los cultivares evaluados

<i>Cultivar</i>	<i>AFA media</i>	<i>AFA máxima</i>	<i>ABCPE</i>	<i>r</i>
B52107	13,75 abc	23,75 abc	3243,75 abc	0,0173
B7274	4,03 def	26,25 abc	1050,00 def	0,0196
C266-59	4,86 def	21,25 abc	1218,75 def	0,0267
C86-12	2,36 ef	7,50 c	637,50 ef	0,0092
C87-264	7,08 cdef	37,50 a	1912,50 cdef	0,0358
C87-51	5,37 def	15,00 abc	1275,00 def	0,0159
C90-317	3,33 def	8,75 c	825,00 def	0,019
C95-414	7,77 cdef	15,00 abc	1950,00 cdef	0,0125
Co213	8,75 bcde	15,00 abc	2268,75 bcde	0,0137
CP72-2086	3,05 def	7,50 c	787,50 def	0,0078
CSG24-92	7,22 cdef	23,75 abc	1931,25 cdef	0,0259
CSG398-92	18,19 a	35,00 ab	4387,75 a	0,0265
CSG90-270	10,28 bcd	17,50 abc	2531,25 bcd	0,0219
CSR81-86	15,97 ab	26,25 abc	4012,50 ab	0,0169
Ja60-5	3,88 cdef	10,00 c	937,50 def	0,007
Q124	1,11 f	5,00 c	300,00 f	0,0159
Q68	9,30 bcde	35,00 ab	2512,50 bcd	0,0331
UCLV59-84	6,66 cdef	12,50 bc	1650,00 cdef	0,0087
Total	7,38	19,03	1857,29	0,0081
EE(x)±	±1,49	±31,28	±37,91	±0,0063
Valor - P	0,0000	0,0184	0,0000	0,0583

AFA: Área Foliar Afectada *ABCPE*: Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad

r: Tasa de progreso de la enfermedad

Valores promedio con la misma letra, dentro de cada columna, indican no diferencia significativa según la Prueba de Tukey ($p < 0,05$).

N: 12 960 observaciones

Tabla 4. Variables epidemiológicas que cuantifican el desarrollo de la enfermedad producida por *P. kuehnii* en las diferentes hojas evaluadas

<i>No. de hoja</i>	<i>AFA media</i>	<i>AFA máxima</i>	<i>ABCPE</i>	<i>r</i>
+1	2,81 c	8,06 c	708,33 c	0,0051 b
+3	5,15 c	13,89 bc	1308,33 bc	0,0061 b
+5	9,29 b	23,61 ab	2362,50 ab	0,0092 ab
+7	12,25 a	30,56 a	3050,0 a	0,0119 a
Total	7,38	19,03	1857,29	0,0081
EE(x)±	±0,73	±0,23	±313,36	±18,26
Valor - P	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003

AFA: Área Foliar Afectada *ABCPE*: Área Bajo la Curva de Progreso de la Enfermedad

r: Tasa de progreso de la enfermedad

Valores promedio con la misma letra, dentro de cada columna, indican diferencia no significativa según la Prueba Tukey ($p < 0,05$).

N: 12 960 observaciones

El inicio de la infección por *P. kuehnii* se produjo a partir de los cinco meses de edad en noviembre, y en general la mayor severidad de la enfermedad se manifestó a los siete y ocho meses posteriores a la plantación, de enero a febrero. La infección continuó y decreció hasta los 13 meses, momento en que se realizó la última evaluación (Fig. 1). Sin embargo, Ovalle *et al.* (2010), en Guatemala, determinaron la máxima severidad en una etapa

más temprana, a los cinco y seis meses de edad. Ellos también observaron que la presencia de los síntomas se mantenía a los nueve meses. En Costa Rica, Chavarría (2013) determinó que la severidad tiende a disminuir cuando la edad de las plantas se acerca a los 12 meses. Por su parte, Garcés *et al.* (2014), en Ecuador, observaron que los síntomas son evidentes desde el crecimiento de los tallos hasta su madurez (7 a 12 meses).

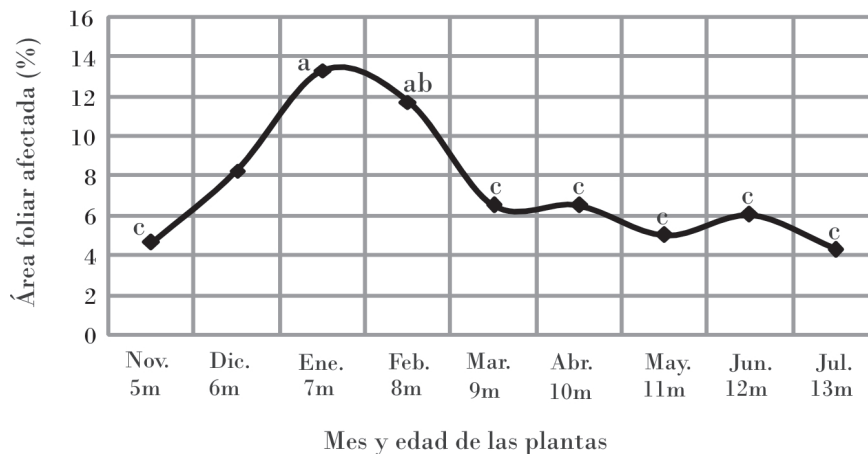


Figura. 1. Severidad de la roya naranja durante el período 2013-2014 en el bloque experimental de la ETICA Villa Clara Centro, Cuba. (EE(x): 1,12; Prueba de Tukey, Valor-P: 0,0000; N: 12 960).

De acuerdo con la susceptibilidad a la enfermedad durante todo el período de evaluación, los cultivares infectados formaron tres grupos (Fig. 2).

Los cultivares de mayor susceptibilidad (CSR81-86, CSG398-92 y B52107) se ubicaron en el Grupo 1, en el Grupo 3 los que presentaron menor AFA y ABCPE, y en el Grupo 2 los cultivares con un grado de infección intermedio en relación con el resto de los evaluados.

Los cultivares empleados como testigos quedaron ubicados en dos grupos diferentes (Grupo 2: C95-414; Grupo 3: B7274, CP72-2086 y Q124) y no fueron los más afectados por la enfermedad.

En los cultivares del Grupo 1 la infección inicial fue mayor y alcanzó como promedio un 17,9 % del área foliar de las hojas evaluadas, con su máximo valor en enero de un 23,3 %.

En estos cultivares la infección se desarrolló con mayor severidad de forma más temprana, y disminuyó de

igual manera primero que en los menos infectados, se mantuvo el AFA por encima del 10 % hasta los 13 meses de edad de las plantas (Fig. 3). La severidad en los cultivares de los Grupos 2 y 3 fue mayor en enero y febrero, con valores máximos promedio del 16,3 y el 7,4 %, con un valor del 3,6 y el 2,5 % en julio.

Pérez *et al.* (2012), en las evaluaciones realizadas en la provincia de Matanzas, observaron alta susceptibilidad en los cultivares Co213 y C95-414, y tolerancia en C89-147; sin embargo, en el presente estudio en los dos primeros la severidad no sobrepasó el 15 % y C89-147 no se infectó.

En relación con estos resultados, estos autores concluyeron que la infección por *P. kuehnii* y la presencia de síntomas no han mantenido estabilidad en los focos de infección informados, tanto en áreas experimentales como de producción en Matanzas en el período de 2008 a 2012, y considera que el comportamiento epidemiológico de la enfermedad ha sido inestable.

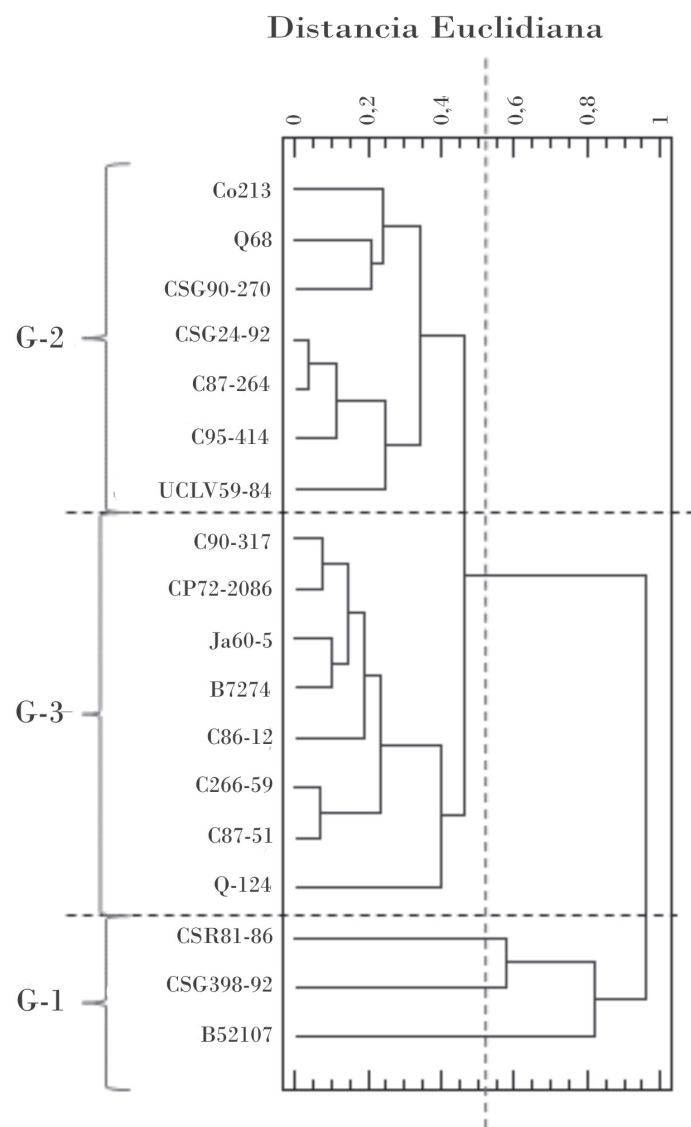


Figura 2. Dendrograma que agrupa los cultivares infectados teniendo en cuenta el AFA por *P. kuehnii* y el ABCPE.

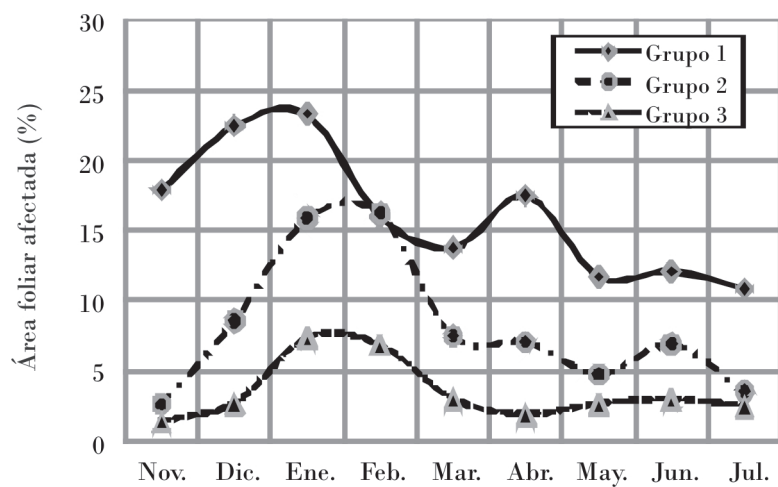


Figura 3. Severidad de la roya naranja en los grupos de cultivares formados según la susceptibilidad a la enfermedad.

Los cultivares CP72-2086 y Q124 han sido muy afectados por la roya naranja en Guatemala y Australia [Ovalle *et al.*, 2010]. En CP72-2086, uno de los cultivares más importantes en Guatemala, se informan pérdidas del 7,67 % en las t caña • ha⁻¹ con un 15 % del AFA; sin embargo, en este estudio en ellos no se observaron altos valores de severidad de la enfermedad. En este cultivar

la mayor afectación en el área foliar no sobrepasó el 5 % como promedio y fue inferior a C95-414, considerado también como testigo susceptible [Pérez *et al.*, 2012] y a los cultivares de mayor susceptibilidad representado por CSG398-92 en la Fig. 4, en el que el AFA llegó a un 35 % y se mantuvo por encima del 10 % hasta los 13 meses de edad de las plantas.

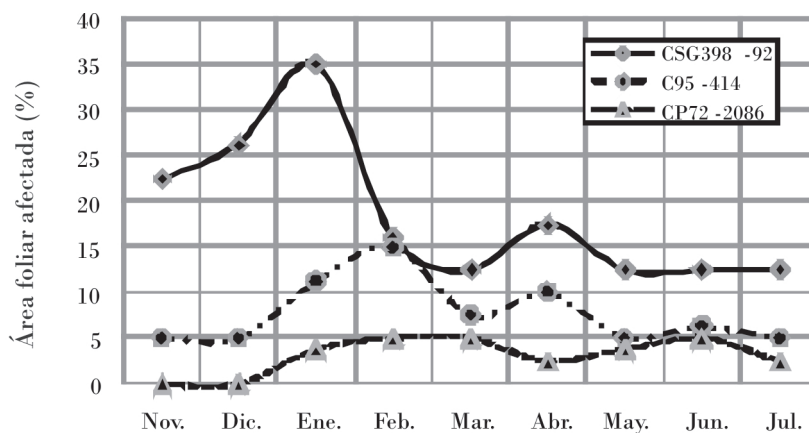


Figura 4. Severidad de la roya naranja en tres cultivares que representan a los grupos de cultivares formados según la susceptibilidad a la enfermedad.

Los resultados de este estudio sugieren una interacción planta-patógeno diferente a la observada en otros países debido a la reacción particular de los cultivares CP72-2086 y Q124. Según Pérez *et al.* (2012), estos no se han infectado en la colección de germoplasma de Matanzas. En secuencias de ADN de *P. kuehnii*, Glynn *et al.* (2010) identificaron la presencia de dos alelos de simples nucleótidos polimórficos (single nucleotide polymorphism) nombrados 183A y 186G, determinaron además diferencias entre los aislados del hongo del hemisferio este (Australia, Japón, Filipinas y China) y oeste (Estados Unidos, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Jamaica, Panamá y El Salvador); ambos alelos fueron encontrados en el hemisferio este con predominio del 183A, el único que se encontró en las muestras del hemisferio oeste. Glynn *et al.* (2010) consideran que esta situación tiene una importante implicación para el desarrollo de cultivares resistentes a la enfermedad debido a que pueden existir también diferencias en la virulencia entre los diferentes aislamientos del hongo.

CONCLUSIONES

- Se determinó la infección por *P. kuehnii* en 18 cultivares de caña de azúcar, seis de ellos de interés comercial.

- La mayor severidad de la roya naranja se observó en los progenitores infectados desde 2009, CSR81-86, CSG398-92 y B52107.
- Con la excepción de C89-147, todos los cultivares empleados como testigos se infectaron, y la menor severidad se registró en CP72-2086 y Q124.
- Durante el período de evaluación no se desarrolló una epidemia de la enfermedad.
- La infección por *P. kuehnii* se extendió desde noviembre a julio con un máximo de la severidad en enero, a los siete meses de edad de las plantas.

REFERENCIAS

- Aday, O.; F. J. Barroso; F. R. Díaz; Esther L. Martín; L. Pérez; Isabel Alfonso; J. Pérez y J. Barroso: «Presencia de la roya naranja *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler en áreas experimentales de caña de azúcar (*Sacharum* spp. híbrido) de la región central de Cuba», *Fitosanidad* 14 (2): 83-89, Cuba, 2010.
- Aday, O.; Isabel Alfonso; F. R. Díaz; I Delgado; F. J. Barroso; J. Montalván; Yaquelin Puchades; Susana Reyes; Ailyn Gallardo; Dunia Núñez y J. Barroso: «Mejores momentos fenológicos para la evaluación de la roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow) en Villa Clara, Cuba», revista ATAC 75 (2): 14-18, Cuba, 2014.
- Alfonso, Isabel; María T. Cornide; J. Sandoval, Iliana Rodríguez, Eulalia Ojeda y J. Vallina: «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*, número especial: 33-42, Cuba, 2000.

- Ángel, J. C.; Marcela Cadavid y J. I. Victoria: «Presencia de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en el valle del río Cauca, Colombia» CENICANA, Carta Trimestral 3 y 4, vol. 32: 24-29, Colombia, 2010.
- Barbasso, D.; H. Jordão; W. Maccheroni; J. Boldini; J. Bressiani and A. Sanguino: «First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of orange rust of sugarcane, in Brazil», *Plant Disease* 94 (9): 1170-1170, EE. UU., 2010.
- Briggs, G. C.; Z. Nakhid; A. T. Alleyne; J. Ayats; J. O. Despradel and W. Elibox: «First Report of Orange Rust Disease of Sugarcane in the Dominican Republic», *Plant Disease* 98 (7): 1,010.1-1,010.1, EE. UU., 2014.
- Cadavid, M.; J. C. Ángel and J. I. Victoria: «First Report of Orange Rust of Sugarcane Caused by *Puccinia kuehnii* in Colombia», *Plant Disease* 96 (1): 143-143, EE. UU., 2012.
- Comstock, J. C.; S. G. Sood; N. C. Glynn; J. Shineii, J. M. McKemy; L. A. Castlebury: «First Report of *Puccinia kuehnii* Butler, Causal Agent of Orange Rust of Sugarcane in the United States and Western Hemisphere», *Plant Disease* 92 (1): 175, EE. UU., 2008.
- Chavarría, E.; F. Subirós; J. Vega; G. Ralda; N. C. Glynn; J. C. Comstock and L. A. Castlebury: «First report of Orange Rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Costa Rica and Nicaragua», *Plant Disease*, 93 (4): 425, EE. UU., 2009.
- Chavarría, E.: «Actualidad del comportamiento de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en Costa Rica», CD-ROM LAICA, XIX Congreso ATACA, 11-13 de septiembre, 2013.
- Flores, R. C.; J. R. Loyo; R. A. Ojeda; O. C. A. Rangel; F. A. Cerón; W. Márquez; A. S. Guerra-Moreno; H. M. Hernández-Ibarra; R. E. González; L. A. Castlebury; L. J. Dixon; N. C. Glynn; J. C. Comstock; J. Flynn and J. Amador: «First report of orange rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Mexico, El Salvador and Panama», *Plant Disease* 93 (12): 1347, EE. UU., 2009.
- Garcés, F. F.; F. F. Fiallos; E. Silva; F. Martínez; M. C. Aime; J. C. Comstock; N. C. Glynn; and L. A. Castlebury: «First Report of Orange Rust of Sugarcane Caused by *Puccinia kuehnii* in Ecuador», *Plant Disease* 98 (6): 842, EE. UU., 2014.
- Hsieh, W. H. and J. G. Fang: «The uredospore production of *Puccinia melanocephala* and *Puccinia kuehnii* in sugarcane», *Plant Protection Bulletin*, 25 (4): 239-44, Taiwán, 1983.
- Kushalappa, A. G. and A. Ludwig: «Calculation of apparent infection rate in plant diseases: development of method to correct for host growth», *Phytopathology*, 72: 1373-1377, EE. UU., 1982.
- Liga Agrícola e Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA): «Resultados del estudio de la situación de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en el cultivo de la caña de azúcar en los cantones de Pérez Zeledón y Buenos Aires», Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, Informe: 21 p., Costa Rica, 2008. Disponible en www.laica.co.cr (consulta: 7/11/2012).
- Magarey, R.; T. Staier; J. Bull; B. Croft and T. Willcox: «The Australian sugarcane orange rust epiphytotic. CD-ROM Proceeding International Society Sugar Cane Technologists, vol. 25: 648-654, Guatemala, 2005.
- NAPPO: «Sistema de Alerta Fitosanitaria. Detección de la roya naranja de la caña de azúcar (*Puccinia kuehnii*) en México». Disponible en <http://www.pestalert.org/espanol/oprDetail.cfm?oprID=424> (consulta: 7/11/2012).
- Ovalle, W.; H. Orozco; E. Fong and S. García: «The effect of orange rust (*Puccinia kuehnii*) on sugar yield in six sugarcane varieties in Guatemala», CD-ROM Proceeding International Society Sugar Cane Technologists, vol. 27, Veracruz, México, 2010.
- Ovalle, W.; J. C. Comstock; N. C. Glynn and L. A. Castlebury: «First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of orange rust of sugarcane, in Guatemala», *Plant Disease* 92 (6): 973, EE. UU., 2008.
- Pérez, J. R.; Yordanka Rufin; Y. Pérez e Isabel Alfonso: «Desarrollo alcanzado por la roya naranja *Puccinia Kuehnii* (Krüger) Butler de la caña de azúcar en Cuba evaluado a partir de la evolución de "Focos" de la enfermedad», revista *Cuba & Caña*, 1: 35-40, Cuba, 2012.
- Pérez, L.; Esther L. Martín; F. Barroso; E. Martínez; O. Borrás and I. Hernández: «Definitive identification of orange rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Cuba», *Plant Pathology*, vol. 59: 804, Reino Unido, 2010.
- Shaner, G. and R. E. Finney: «The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat», *Phytopathology*, 70: 1183-1186, EE.UU., 1977.
- Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (SINAVEF): «Ficha Técnica roya anaranjada de la caña de azúcar *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler», Dirección General de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria, México, D.F., 2013. Disponible en www.senasica.gob.mx (consulta: 1/9/2013).
- Van der Plank, J. *Plant diseases: epidemics and control*. Academic Press. N.Y., EE.UU., 1963.