

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Caracterización de los síntomas de la roya naranja (*Puccinia kuehnii* (W. Kruger) E. J. Butler) en cuatro cultivares de caña de azúcar en Cuba

Characterization of the symptoms of sugarcane orange rust (*Puccinia kuehnii* (W. Kruger) E. J. Butler) in four sugarcane cultivars in Cuba

Osmany de la Caridad Aday Díaz, Isabel Alfonso Terry, Eida Rodríguez Lema, Félix René Díaz Mujica, Yulexi Gil Cruz, Boris Luis Valdés Avalos y Javier Barroso Melillo

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Carretera a la CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. CP 19390

E-mail: osmany@inicavc.azcuba.cu

RESUMEN

La caracterización de los síntomas de la roya naranja se realizó en la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar en la provincia de Villa Clara, del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar en Cuba. Se evaluaron 10 tallos infectados de los cultivares B52107, CSG398-92, C01-227 y Clon218-2011. Con una cámara fotográfica se capturó la imagen de los tres tercios de 236 hojas infectadas sobre un papel milimetrado. Mediante el procesador de imágenes ImageJ® 1.43u se determinó el Área Foliar Afectada (AFA) en cada tercio y de la hoja completa, posteriormente se midió el largo, ancho y área ocupada por 554 pústulas de *P. kuehnii*. En las hojas desde la +3 a la +7 se encontraron los valores intermedios de AFA por *P. kuehnii* siendo significativamente mayor en el tercio superior de las hojas y menor en la parte basal. Las dimensiones más frecuentes de las pústulas de *P. kuehnii* alcanzaron la longitud comprendida entre 0,75 y 3,0 mm, entre 0,24 y 0,61 mm de ancho y un área de 1,39 mm², con diferencias entre cultivares. La emergencia de las pústulas generalmente se presentó en forma agregada y con áreas colapsadas de 2,97 mm² a 979,8 mm².

Palabras clave: ImageJ®, pústulas, roya naranja, *Sacharum spp.*, síntomas

ABSTRACT

The characterization of the symptoms of the orange rust was carried out on the Sugar Cane Research Territorial Station (ETICA Centro Villa Clara), of the Sugarcane Research Institute (INICA) in Cuba. Ten infected stalks of the cultivars B52107, CSG398-92, C01-227 and Clon218-2011 were evaluated. With a photographic camera the image of the three thirds of 236 leaves infected was captured on a squared paper with well-known distances. By means of the processing of images ImageJ® 1.43u the Affected Foliate Area (AFA) was determined to in each third and of the complete leaf, later on the long, wide and area occupied by 554 pustules of the *P. kuehnii*. In the leaves from +3 at +7 were the intermediate values of AFA for *P. kuehnii* and this it was significantly major in the superior third of the leaves and minor in the basal part. The most frequent dimensions in the pustules of *P. kuehnii* reached the length understood between 0.75 and 3.0 mm, between 0.24 and 0.61 mm wide and an area of 1.39 mm², with differences among cultivars. The emergency of the pustules was

generally presented in to add form and with collapsed areas of 2.97 mm² to 979.8 mm².

Keywords: ImageJ®, pustules, orange rust, *Sacharum spp.*, symptoms

INTRODUCCIÓN

La roya naranja (*Puccinia kuehnii* (W. Kruger) E. J. Butler), es una de las enfermedades más importantes en la caña de azúcar debido al potencial de daño que causa en cultivares susceptibles (Minchio *et al.*, 2011). Originalmente la enfermedad estuvo restringida al Sudeste de Asia y el Pacífico, hasta que en el año 2007 aparece en Estados Unidos (Magarey *et al.*, 2005) y desde allí se dispersó a varios países de Centroamérica, el Caribe y América del Sur (Chavarría *et al.*, 2009; Ángel *et al.*, 2010; Barbasso *et al.*, 2010; Cadavid *et al.*, 2010; Garcés *et al.*, 2014). En Cuba se detectó por primera vez en el 2008 y posteriormente se realizó su informe oficial a la comunidad científica por Pérez *et al.* (2010).

En Australia las pérdidas de toneladas de caña se estimaron entre 30 y 40 % durante el año 2000 (Magarey *et al.*, 2002; Magarey *et al.*, 2005). En Costa Rica, Guatemala y Estados Unidos se reportan pérdidas de 15,78 %, 26,7 % y 40 % de toneladas de caña, respectivamente (Ovalle *et al.*, 2010).

Al igual que las royas de otros cultivos, la roya naranja se caracteriza por causar lesiones foliares que cuando maduran, rompen la epidermis de la hoja dando a la superficie foliar una apariencia áspera. El síntoma más común es la pústula que es una pequeña mancha necrótica con la elevación de la epidermis, que se rompe por la fuerza que produce por la formación de las uredinias y urediniosporas del hongo (Magarey *et al.*, 2005).

El empleo de cultivares resistentes se considera el método más efectivo para el control de enfermedades de las plantas, por ser aplicable en áreas extensas y no causar impactos ambientales significativos (Camargo, 2011). En el caso de la roya naranja esa es la principal forma de control (Magarey *et al.*, 2005) y es necesario tener en cuenta el polimorfismo de *P. kuehnii* así como su variabilidad en su agresividad y virulencia a causa de la existencia de razas fisiológicas que originan variaciones en la reacción hospedante – patógeno – ambiente (Braithwaite *et al.*, 2009; Souza, 2013). El objetivo de este trabajo fue caracterizar los síntomas de la roya naranja en cultivares infectados y obtener información que permita perfeccionar el método de evaluación de

la severidad enfermedad y de la resistencia a *P. kuehnii* en las condiciones de Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones y caracterización de los síntomas de la roya naranja se realizaron en el bloque experimental de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro - Villa Clara, del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba. Se evaluaron 10 tallos infectados por roya naranja de los cultivares B52107, CSG398-92, C01-227 y del Clon 218-2011, a los siete meses después de la plantación, edad en la cual se manifiestan los síntomas con mayor severidad según evaluaciones realizadas por Aday *et al.* (2014). De cada tallo se separaron las hojas con síntomas de la enfermedad, desde la +1 (primera hoja con cuello visible desde la cima del tallo hacia abajo) a la +8. Cada hoja fue seccionada en tres partes iguales y cada una de estas fue identificada como tercio 1, 2 y 3, a partir de la inserción de la hoja con la vaina hasta el ápice, respectivamente.

Con una cámara fotográfica (marca Cannon) y sobre papel milimetrado se capturó la imagen de los tres tercios de 236 hojas infectadas de las muestras tomadas de los cuatro cultivares ((1) tercio basal, (2) tercio medio, (3) tercio apical). Mediante el procesador de imágenes ImageJ® 1.43u (Ferreira y Rasband, 2012), se determinó el área foliar afectada (AFA) en cada tercio y en la hoja completa, posteriormente se midió el largo, ancho y área ocupada por *P. kuehnii* en una muestra de 554 pústulas, se tomó como referencia 5 mm (área conocida) sobre el papel milimetrado.

Se comparó el AFA por roya naranja en las diferentes hojas evaluadas y en cada uno de los tercios, para determinar cuál de ellos es el más afectado. Para analizar la variación de las variables largo, ancho y área ocupada por pústulas, se calcularon los parámetros biométricos (Valor mínimo, Valor máximo, Media, Mediana y Moda). Con los valores de estas variables se establecieron cuatro intervalos de clases para determinar su frecuencia.

Las diferencias de largo, ancho y área, entre las pústulas de los cultivares infectados por *P.*

kuehnii se determinaron mediante la comparación de las medianas y Prueba de Kruskal y Wallis. El procesamiento estadístico se realizó a través de paquete STATGRAPHICS CENTURION XV sobre Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los cultivares evaluados el AFA por *P. kuehnii* se incrementó de forma lineal con la edad de las hojas, superando la media y la mediana a partir de las hojas +5 y +6, respectivamente. De acuerdo con la significación estadística, en las hojas desde la +3 a la +7 se encontraron los valores intermedios (entre 7,50 % y 12,82 %). En esas hojas se determinaron valores máximos de AFA que oscilaron de 35,58 % a 49,57 % desde la hoja +3. Igualmente, se encontraron diferencias significativas de las primeras cuatro hojas respecto a las hojas +5 a +8 y a su vez, las hojas +5, +6 y +7 difieren en el AFA con la hoja +8 que resultó la más afectada (Tabla 1).

Estos resultados pueden tenerse en cuenta para perfeccionar el método de evaluación del desarrollo de la enfermedad y la resistencia de cultivares a *P. kuehnii* en las condiciones de Cuba. Para otros países existen más de un método de evaluación de la severidad de la roya naranja

expresada en el porcentaje AFA y diferentes escalas de grados de severidad para su evaluación. Guatemala por ejemplo evalúa el AFA en la hoja +7 mediante una escala de seis grados (Ovalle *et al.*, 2010), mientras que en Costa Rica (LAICA, 2008) y Colombia (Ángel *et al.*, 2010), utilizan la hoja +3, aplicando una escala de cinco grados, aunque tienen en cuenta el tipo de pústulas. La adopción o aplicación del método de evaluación a emplear en Cuba dependerá del desarrollo de la enfermedad y de la expresión de los síntomas bajo las interacciones patógeno-hospedante-ambiente, aspectos que deben continuarse evaluando en diferentes localidades del país.

Al evaluar el Área Foliar Afectada por *P. kuehnii* de los cultivares se aprecia que es significativamente mayor en el tercio superior de las hojas (tercio 3) y menor en la parte basal (tercio 1) (Tabla 2). Otros autores como Magarey *et al.*, 2005, describen una mayor cantidad de lesiones en la mitad basal de la hoja, aunque pueden estar distribuidas por toda la superficie de esta. La variación en la infección puede estar influenciada por la fase fenológica del cultivo, hábito de crecimiento de los cultivares e incidencia de la luz sobre la lámina de la hoja en condiciones de humedad y temperatura favorables al patógeno (Ovalle *et al.*, 2009; Infante *et al.*, 2009).

Tabla 1. Medias y comparación de las medianas del Área Foliar Afectada en cada una de las hojas evaluadas

Hoja	N	Media	EE(x)	AFA (%)		
				Mediana	Mínima	Máxima
+1	17	2,23	0,34	1,30 d	0,54	8,67
+2	20	5,18	0,29	5,29 c	1,00	8,77
+3	28	10,36	0,25	7,50 c	1,18	48,52
+4	40	8,43	0,22	5,88 c	1,18	48,52
+5	40	12,01	0,21	10,51 b	2,21	35,58
+6	40	13,26	0,21	11,40 b	3,26	34,35
+7	34	18,27	0,23	12,82 b	2,98	49,57
+8	17	28,14	0,24	25,43 a	8,82	57,20
Total	236	12,13		8,49		

N: número de observaciones, EE(x): error estándar de la media, % AFA: Porcentaje de Área Foliar Afectada, (a, b, c, d) medianas con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

Tabla 2. Medias y comparación de las medianas del Área Foliar Afectada en cada una de las hojas evaluadas

Tercio*	N	Media	EE(x)	AFA (%)		
				Mediana	Mínima	Máxima
1	236	5,54	1,19	2,05 c	0,00	39,24
2	236	11,01	1,19	7,11 b	0,00	64,62
3	236	23,12	1,19	17,88 a	0,86	91,26
Total	708	13,22		7,11		

Tercio de la hoja*: 1, 2 y 3 a partir de la inserción de la hoja con la vaina hasta el ápice. N: número de observaciones. % AFA: Porcentaje de Área Foliar Afectada, EE(x): error estándar de la media, (a, b, c) medianas con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$)

Los síntomas que se observaron en las hojas de los cultivares infectados por *P. kuehnii*, corresponden con la descripción realizada en Australia por Magarey et al. (2005). Los primeros síntomas son manchas cloróticas en la superficie adaxial y abaxial de la hoja, posteriormente las lesiones aumentan de tamaño y adquieren un color anaranjado que luego pasa a ser entre anaranjado y café.

Las lesiones pueden ser muy pequeñas y se extienden con una forma ovalada a lo largo de la hoja en sentido de los haces vasculares. Varias lesiones pueden unirse para formar lesiones más grandes e irregulares. Por la parte abaxial las lesiones muestran gran esporulación y un color naranja intenso debido al color de las esporas del hongo lo que lo distingue de *P. melanocephala* bajo condiciones climáticas similares. Las esporas tienen una apariencia de polvo disperso y son diseminadas por el viento a cortas y

largas distancias, forma en que se propaga la enfermedad (Cadavid et al., 2010).

El largo de las pústulas de *P. kuehnii* varió entre 0,75 y 5,42 mm y el ancho de 0,24 hasta 0,99 mm con un área de 0,30 a 4,68 mm². En los cultivares evaluados y de forma general los valores más frecuentes de largo y ancho de estas lesiones fueron 1,67 y 0,42 mm, respectivamente, que ocupan 0,60 mm² (Tabla 3).

Las pústulas de *P. kuehnii* alcanzaron la longitud comprendida entre 0,75 y 3,0 mm (en el 80,40 % de los cultivares evaluados), mientras que el ancho del 72,02 % fluctúa entre 0,24 y 0,61 mm (Tabla 4). Estos resultados indican que aunque se manifestaron lesiones de mayor tamaño, los valores superiores pueden considerarse como extremos y menos frecuentes. Así mismo el 60,1 % de las lesiones abarcaron menos de 1,39 mm² y constituyen las dimensiones de mayor frecuencia.

El tamaño de las pústulas presentó variaciones significativas entre los cultivares infectados. Las

Tabla 3. Parámetros biométricos que caracterizan las pústulas de *P. kuehnii* en los cultivares evaluados

Parámetros	Cultivares infectados por <i>P. kuehnii</i>		
	Largo (mm)	Ancho (mm)	Área (mm ²)
Valor mínimo	0,75	0,24	0,30
Valor máximo	5,42	0,99	4,68
Media	2,39	0,53	1,34
Mediana	2,26	0,51	1,16
Moda	1,67	0,42	0,60
EE(x)	0,04	0,01	0,03

EE(x): error estándar de la media

Tabla 4. Frecuencias de los intervalos de clase y acumulada correspondiente a las variables largo, ancho y área de la pústula

Intervalo de clase (mm)	Frecuencia	%	Frecuencia acumulada	% Acumulado
Largo de la pústula				
0,75≥x<1,92	188	33,93	188	33,93
1,92≥x<3,08	256	46,21	444	80,14
3,08≥x<4,25	91	16,43	535	96,57
4,25≥x<5,42	19	3,43	554	100,00
Ancho de la pústula				
0,24≥x<0,43	165	29,78	165	29,78
0,43≥x<0,61	234	42,24	399	72,02
0,61≥x<0,80	132	23,83	531	95,85
0,80≥x<0,99	23	4,15	554	100,00
Área de la pústula				
0,30≥x<1,39	333	60,10	333	60,10
1,39≥x<2,49	174	31,41	507	91,52
2,49≥x<3,58	35	6,32	542	97,83
3,58≥x<4,68	12	2,17	554	100,00

mismas fueron más largas y anchas en el cultivar C01-227. No obstante, el tamaño promedio varió desde 1,89 x 0,50 mm para CSG398-92 hasta 2,64 x 0,59 mm en C01-227 (Tabla 5). Según Bettgenhaeuser *et al.* (2014) estas diferencias pueden ser atribuidas a diferentes niveles de susceptibilidad del hospedante en el desarrollo del patógeno, mayor esporulación y dimensiones de las pústulas en los cultivares más susceptibles.

Los resultados observados referentes a las características generales de las pústulas de *P. kuehnii* coinciden con los obtenidos por Magarey *et al.* (2005), Infante *et al.* (2009) y Klosowski *et al.* (2012). Comparadas con las de *P. melanocephala* son pústulas más pequeñas y ovales, rodeadas por un halo estrecho, blanquecino o amarillo que contiene masas de esporas pulverulentas anaranjadas. Al aumentar

Tabla 5. Medias y comparación de las medianas de las variables medidas en cada uno de los cultivares evaluados

Cultivar	N	Largo (mm)			Ancho (mm)			Área (mm ²)		
		X	EE	Mediana	X	EE	Mediana	X	EE	Mediana
B52107	62	2,26	0,10	2,22 b	0,58	0,02	0,56 a	1,38	0,15	1,19 b
CSG398-92	76	1,89	0,09	1,78 c	0,50	0,02	0,46 b	1,20	0,07	1,04 b
C01-227	185	2,64	0,06	2,56 a	0,59	0,01	0,60 a	1,66	0,08	1,50 a
Clon218-2011	231	2,38	0,05	2,26 b	0,48	0,01	0,46 b	0,99	0,13	0,86 b
Total	554	2,38		2,26	0,53		0,51	1,34		1,16

N: número de observaciones, X: Media, EE: error estándar de la media, (a, b, c) medianas con letras no comunes en una misma columna difieren significativamente según Prueba de Kruskal-Wallis (p<0,05)

la edad de las hojas, las lesiones viejas de la roya naranja empiezan a producir esporas negras en lugar de anaranjadas, las cuales pueden tornarse de un color marrón oscuro (Cadauid *et al.*, 2010). Aunque estas pueden aparecer en la parte axial y abaxial de la hoja, en los cultivares evaluados solo se observaron sobre la parte abaxial, donde por lo general son más frecuentes según las investigaciones de Magarey *et al.* (2005) y Klosowski *et al.* (2012).

En 85 mediciones que se realizaron, el área ocupada por el agrupamiento de lesiones y las pústulas que colapsan en el cultivar C01-227 varió desde 2,97 a 592,81 mm² y sobre el Clon 2018-2011, desde 31,15 a 979,8 mm². La formación de estas lesiones por grupos de pústulas también coincide con la descripción de Magarey *et al.* (2005). Klosowski *et al.* (2012) observaron que la mayoría de las veces las pústulas están agrupadas y en esos casos es difícil determinar con exactitud su número, el cual pudo llegar a 3,7 por mm² (Souza, 2013). Como consecuencia se reduce significativamente la actividad fotosintética de las hojas, además del crecimiento y rendimiento de las plantas (Zhao *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

El Área Foliar Afectada por *P. kuehnii* se incrementó con la edad de la hoja, en los cultivares

evaluados, con valores intermedios en las hojas +5 a la +7. Esta afectación es significativamente mayor en el tercio superior de las hojas y menor en la parte basal.

El largo de las pústulas de *P. kuehnii* varió entre 0,75 mm y 5,42 mm y el ancho de 0,24 mm hasta 0,99 mm, con 0,30 mm² a 4,68 mm² de área.

Las dimensiones de las pústulas de *P. kuehnii* variaron de acuerdo con el cultivar infectado y alcanzaron mayor frecuencia a las longitudes entre 0,75 mm y 3,0 mm, anchuras entre 0,24 y 0,61 mm y área de 1,39 mm². Las pústulas se presentaron de forma agregada y con 2,97 a 979,8 mm² de áreas colapsadas.

Estos resultados pueden ser de utilidad para el perfeccionamiento de la metodología de la evaluación de la enfermedad y de la resistencia de los cultivares.

BIBLIOGRAFÍA

- ADAY, O., I. ALFONSO, R. GONZÁLEZ, F.R. DÍAZ, Y. GIL, S. REYES, J. BARROSO. Severidad de la roya naranja en cultivares de caña de azúcar infectados en la provincia de Villa Clara. *Fitosanidad*, 18 (3): 143-150, 2014.
- ÁNGEL, J.C., M. CADAVID, J.I. VICTORIA. Presencia de la roya naranja (*Puccinia*

- kuehnii*) en el valle del río Cauca, Colombia. *CENICAÑA, Carta Trimestral*, 32 (3 y 4): 24-29, 2010.
- BARBASSO, D., H. JORDÃO, W. MACCHERONI, J. BOLDINI, J. BRESSIANI, A. SANGUINO. First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of orange rust of sugarcane, in Brazil. *Plant Disease*, 94 (9): 1170-1170, 2010.
- BETTGENHAEUSER, J., B. GILBERT, M. AYLIFFE, M.J. Moscou. Nonhost resistance to rust pathogens – a continuation of continua. *Frontiers in Plant Science*, 5: 664, 2014. doi: 10.3389/fpls.2014.00664.
- CADAVID, M., J.C. ÁNGEL, J.I. VICTORIA. Métodos de diferenciación en campo y laboratorio de los agentes causales de la roya café (*Puccinia melanocephala*) y la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en caña de azúcar. *CENICAÑA, Carta Trimestral*, 32 (3 y 4): 30-36, 2010.
- CAMARGO, L.E.A. CONTROLE GENÉTICO. IN: L. AMORIN, J.A.M. REZENDE, A. BERGAMIN FILHO (Eds.). Manual de fitopatología. 4 Ed., Vol. 1: principios e conceitos. *Agronômica Ceres, Piracicaba*, Brasil. 2011, 325-341. ISBN: 9788531800528.
- CHAVARRÍA, E., F. SUBIRÓS, J. VEGA, G. RALDA, N.C. GLYNN, J.C. COMSTOCK, L.A. CASTLEBURY. First report of Orange Rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Costa Rica and Nicaragua. *Plant Disease*, 93 (4): 425, 2009.
- FERREIRA, T. AND W. RASBAND. ImageJ User Guide. IJ146r. 2012. En sitio web: <http://imagej.nih.gov/ij/docs/guide> Consultado: 25/5/2015.
- GARCÉS, F.F., F.F. FIALLOS, E. SILVA, F. MARTÍNEZ, M.C. AIME, J.C. COMSTOCK, N.C. GLYNN, L.A. CASTLEBURY. First Report of Orange Rust of Sugarcane Caused by *Puccinia kuehnii* in Ecuador. *Plan Disease*, 98 (6): 842, 2014.
- INFANTE, D., B. MARTÍNEZ, E. GONZÁLEZ, N. GONZÁLEZ. *Puccinia kuehnii* (Krüger) Butler y *Puccinia melanocephala* H. Sydow y P. Sydow en el cultivo de la caña de azúcar. *Protección Vegetal*, 24 (1): 22-28, 2009.
- KLOSOWSKI, A.C. Escala diagramática, segregação da resistência em progênies de cana-de-açúcar e reação de cultivares à ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*). Tese de Mestre Ciências, Universidade Federal do Paraná, Brasil. 2012, 72 p.
- LAICA (Liga Agrícola e Industrial de la Caña de Azúcar). 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, Costa Rica. 2008, 21 p. En sitio web: www.laica.co.cr. Consultado el 7/11/2012.
- MAGAREY, R.C., J.I. BULL, W. NEILSEN, A. MAGNANINI. Use of breeding trials to estimate disease-induced yield losses and to refine selection strategies. Proceedings of the 2002 Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists, Queensland, Australia, 29 April - 2 May, 2002.
- MAGAREY, R.C., T. STAIER, J. BULL, B. CROFT, T. WILCOX. The Australian sugarcane orange rust epiphytotic. *Proc. ISSCT*, Vol. 25: 648-655, 2005 .
- MINCHIO, C.A., M.G. CANTERI, J.A. ROCHA. Germinação de uredósporas de *Puccinia kuehnii* submetidos a diferentes temperaturas e tempos de incubação. *Suma Phytopathologica*, 37: 211-214, 2011.
- OVALLE, W., H. OROZCO, E. FONG, S. GARCÍA. The effect of orange rust (*Puccinia kuehnii*) on sugar yield in six sugarcane varieties in Guatemala. *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.*, Vol. 27: 1-9, 2010.
- PÉREZ, L., L. ESTHER, F. BARROSO, E. MARTÍNEZ, O. BORRÁS, I. HERNÁNDEZ. Definitive identification of orange rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Cuba. *Plant Pathology*, (59): 804, 2010.

SOUZA, A. Ferrugem alaranjada da cana de açúcar no Brasil: estudo de populações do patógeno e comportamento varietal. Tese Doutorado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, Brazil. 2013, 87 p.

ZHAO, D., N.C. GLYNN, B. GLAZ, J.C. COMSTOCK, S.G. SOOD. Orange rust effects on leaf photosynthesis and related characters of sugarcane. *Plant Disease*, 95 (6): 640-647, 2011.

Recibido el 25 de marzo de 2016 y aceptado el 22 de diciembre de 2016