

SEGUIMIENTO DE LA ROYA NARANJA DE LA CAÑA DE AZÚCAR *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler, EN ECUADOR

Freddy Garcés¹, Fabián Fiallos¹, Edison Silva¹

¹/ Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador, CINCAE.
fgarces@cincae.org

RESUMEN

La roya naranja *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler, es una enfermedad de importancia económica que afecta la producción comercial y a programas de mejoramiento de caña de azúcar. Después de su detección en las Américas en el 2007, se ha registrado presente en Centro y Sur América, incluyendo a Ecuador en agosto del 2011. Se realizó un seguimiento de su distribución en el germoplasma existente, en el programa de mejoramiento del CINCAE y comercialmente en la variedad SP79-2233 susceptible a esta enfermedad. Adicionalmente se analizaron los parámetros climáticos que favorecieron la dispersión de la enfermedad durante la zafra 2012. En lotes comerciales de la variedad SP79-2233 se observó hasta un 41.7% de severidad, con un incremento de la severidad, del 3% al 20.1% del 2011 al 2012, para luego disminuir al 13.8% en el 2013. Durante el 2012 y 2013 se evidenció mayor severidad en los canteros del primer tercio de la zafra comparados con los del tercer tercio. Cuando se evaluó la dispersión de uredosporas durante el 2012, se observó un incremento a partir del mes de septiembre, cuando se tuvo una lámina de agua en la hoja durante 12 días, temperaturas medias diarias entre 22.6 y 25.9°C, y mínimas diarias entre 20.2 y 21.8°. Se encontró un bajo porcentaje de materiales con síntomas de roya naranja entre el 2011 y el 2013, calificando las variedades comerciales y la mayoría de los clones en proceso de selección como resistentes. Sin embargo, para confirmar este grado de resistencia, es necesario evaluar bajo mayor presión de inóculo la reacción de los clones en proceso de selección.

Palabras claves: Roya naranja, distribución, dispersión, caña de azúcar

INTRODUCCIÓN

La roya naranja es una enfermedad foliar de la caña de azúcar causada por el hongo *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler, cuyos síntomas inicialmente se observan como manchas amarillas elongadas, y en estados más avanzados se presentan pústulas de color anaranjado o anaranjado-pardo en grupos, en el envés de la hoja (Magarey, 2000). Las uredosporas de color naranja y pálido al microscopio, tienen un engrosamiento apical y pared gruesa mayor de 1 μm , y pocas o ausentes paráfisis (Magarey, 2000; Dixon *et al.*, 2011).

Inicialmente fue considerada de importancia secundaria, hasta que causó pérdidas estimadas en 150 a 210 millones de dólares en Australia (Magarey, 2000; Braithwaite *et al.*, 2005; Braithwaite *et al.*, 2009). De manera similar, en Florida se ha registrado hasta 40 por ciento de disminución en la producción (Martins *et al.*, 2010). En el programa de mejoramiento de Canal Point es un carácter de selección importante y una prioridad el desarrollo de variedades resistentes (Sood *et al.*, 2013).

La roya naranja estaba inicialmente distribuida en la región de Asia-Oceanía (Magarey, 2000), se detectó en Florida (USA) en Junio del 2007 (Comstock *et al.*, 2008). Más tarde se registró en Centro América en Guatemala (Ovalle *et al.*, 2008), Costa Rica y Nicaragua (Chavarría *et al.*, 2009), México, el Salvador, Panamá (Flores *et al.*, 2009), Cuba 2008 (Pérez *et al.*, 2009), luego en Sur América en Brasil (Barbasso *et al.*, 2009), Colombia 2010 (Angel *et al.*, 2010) y en Ecuador en agosto del 2011 (Garcés *et al.*, 2013). El presente trabajo describe su distribución varietal e influencia de parámetros meteorológicos favorables para su dispersión en las condiciones agroecológicas de la costa ecuatoriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Distribución y severidad de la enfermedad.

Durante las zafras 2011-2012 y 2012-2013 se realizó un seguimiento de la severidad en lotes comerciales de la variedad SP79-2233 sembrados y cosechados durante el primer, segundo y tercio de la zafra. De la misma forma se evaluó la presencia y severidad de la enfermedad en los clones y variedades de los estados de selección del programa de mejoramiento del CINCAE, en la colección activa (108 variedades), en la selección de germoplasma e incrementos de semilla; localizados en la estación experimental y en los ingenios. En los ensayos de las áreas de Variedades y Fitopatología se sembraron surcos de EC01-744 y SP79-2233 como fuente de inóculo y controles de infección. Para determinar el grado de reacción a la roya naranja se tuvo en cuenta la escala propuesta por Sood *et al.*, (2009).

Dispersión de esporas y parámetros meteorológicos.

El seguimiento de los parámetros meteorológicos favorables para el inicio de la epidemia de roya naranja, y la dispersión de uredosporas en el aire, se realizó durante el 2012. La dispersión se monitoreo con una trampa pasiva de esporas, por impacto empleando portaobjetos cubiertos con glicerina (12 cm²) y localizados diagonalmente en un ducto de circulación de aire con veleta. La cantidad de esporas se cuantificó dos veces por semana entre enero y diciembre del 2012, empleando parcelas centinelas de 10 surcos por 20 m de las variedades EC01-744 y B43-62 ubicadas en la estación experimental del CINCAE (2°19'22"S y 79°26'49"W). Teniendo en cuenta la metodología descrita por Barrera *et al.*, (2012), dentro del cultivo se midieron los parámetros temperatura (°C, mínima, máxima, media), humedad relativa (%) y lámina de agua (Índice de LA), usando una micro-estación WatchDog® serie 1000 (Spectrum Technologies®, Plainfield, IL), con una frecuencia de registro de 5 min. Con esta información se calculó los promedios diarios y semanales y se correlacionaron con el total de uredosporas capturadas por semana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución y severidad de la enfermedad.

Programa de mejoramiento y germoplasma. De acuerdo a la evaluación realizada durante el 2011 y el 2013, la roya naranja se encontró con un bajo nivel de distribución en cada uno de los estados de selección, la colección activa y en la colección de germoplasma. Se observó el mayor número de clones infectados naturalmente en el estado II de la serie 2006 con un 5.5% en el 2011, mientras que las demás series sólo han presentado un clon susceptible (Cuadro 1). En la colección activa sólo 4.6% y 3.7% de las variedades resultaron susceptibles para el 2011 y el 2013, respectivamente. La colección de germoplasma no presentó variedades infectadas durante el 2011 y 2012, siendo sólo una infectada en el 2013. De acuerdo a las evaluaciones fitosanitarias y a los ensayos de resistencia a enfermedades donde las variedades comerciales y los clones promisorios se sometieron a presión de inóculo natural; las variedades liberadas por el CINCAE y las sembradas comercialmente no han presentado infección, calificando hasta el momento como resistentes, comparadas con otras como la SP79-2233 (Cuadro 2). Sin embargo, la C10-5173 se comportó como susceptible en Guatemala bajo condiciones de infección natural (Ovalle *et al.*, 2011). Dos posibles explicaciones se pueden tener, la primera puede estar asociada con una raza diferente presente en Ecuador a la registrada en Guatemala, y la segunda por la baja presión de inóculo que se tiene hasta el momento; esta última, puede explicar los bajos niveles de infección observados en la colección activa y la colección de germoplasma (Cuadro 1). A pesar de contar con líneas de infección, los niveles de severidad en el campo han sido bajos en las variedades infectadas (Cuadro 3). En este sentido, se ha planificado establecer ensayos de inoculación artificial, ya que han mostrado ser más repetibles y confiables que la infección natural (Sood *et al.*, 2009; Sood *et al.*, 2013). Es importante indicar que durante las evaluaciones realizadas en los “semilleros Fundación” del CINCAE, ciclo 2011-2012 y ciclo 2012-2013, no se evidenciaron síntomas de roya naranja en ninguna de las variedades y clones promisorios (Datos no mostrados); sin embargo, se observaron por primera vez síntomas de roya café (*Puccinia melanocephala*) presentes en la variedad CC85-92 en el 2012, repitiéndose en el 2013, pero con severidades menores del 1%.

Cuadro 1. Resumen de evaluaciones fitosanitarias de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) en los diferentes estados de selección y germoplasma del CINCAE, 2011 - 2013.

Reacción ^{1/} a roya naranja	Estado II			Estado III			Estado IV			Semicomercial
	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011	2012	2013	2011-2013
Serie	2006	2008-09	2008-09	2005	2006	2006-07	2000-04	2000-04	2000-05	2001
Clones evaluados	862	2163	2163	76	79	124	57	50	58	4
Resistente	810	2162	2162	76	77	123	56	49	57	3
Moderadamente resistente	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Susceptibles	47	1	1	0	1	1	1	1	1	1
% clones susceptibles	5.5	0.0	0.0	0.0	1.3	0.8	1.8	2.0	1.7	25.0

Reacción ^{1/} a roya naranja	Colección de germoplasma			Colección activa		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Variedades/clones evaluados	639	648	648	108	108	108
Resistente	639	646	647	102	106	103
Moderadamente resistente	0	2	0	1	2	1
Susceptibles	0	0	1	5	0	4
% clones susceptibles	0.0	0.0	0.2	4.6	0.0	3.7

1/ Escala de 0 a 4, propuesta por Sood et al., (2009)

Distribución comercial. Comercialmente la roya naranja se ha encontrado presente sólo en la variedad SP79-2233, siendo el 2012 el año de mayor severidad (Figuras 1-3, Cuadro 4). A finales del 2011 el personal del ingenio San Carlos realizó una evaluación de la enfermedad en los lotes comerciales sembrados con la SP79-2233 encontrándose un promedio de severidad de la enfermedad que estaba por debajo del 3%. Durante el 2012 y el 2013 el CINCAE encontró que la enfermedad se incrementó y estaba presente en los tres tercios, siendo mayor la severidad en los lotes sembrados durante el primer tercio comparada con el segundo y tercero. Cuando se agrupó por el tipo de textura del suelo, los lotes sembrados en suelos franco arenosos presentaron mayores severidades en el 2012; sin embargo, durante el 2013, los niveles de severidad disminuyeron. Al igual que en el 2012, en el 2013 se observaron diferencias entre los tres tercios; no obstante, alcanzándose niveles de hasta el 35% y presente en el 100% de los lotes evaluados. Los lotes sembrados en suelos arenosos, que en el 2012 estaban en el primer tercio, pasaron a ser del segundo en el 2013, evidenciándose una disminución de la severidad. Por lo que es posible que la

época de siembra, pueda ser usada como una medida para evadir la infección del patógeno, durante un periodo crítico en la planta, y condiciones meteorológicas favorables. A diferencia de la roya café evidente entre los 3-5 meses, la naranja fue más evidente durante la etapa de crecimiento y maduración, entre los 7 a 12 meses, alcanzándose los mayores niveles de severidad en el 2012 hasta 41.7%.



Figura 1. Lote comercial sembrado con SP79-2233, donde se observa necrosis de las hojas causada por la roya naranja, *Puccinia kuehnii*. Ingenio San Carlos, 2012.



Figura 2. Síntomas de roya naranja *P.kuehnii* en la variedad SP79-2233. Ingenio San Carlos, 2012.

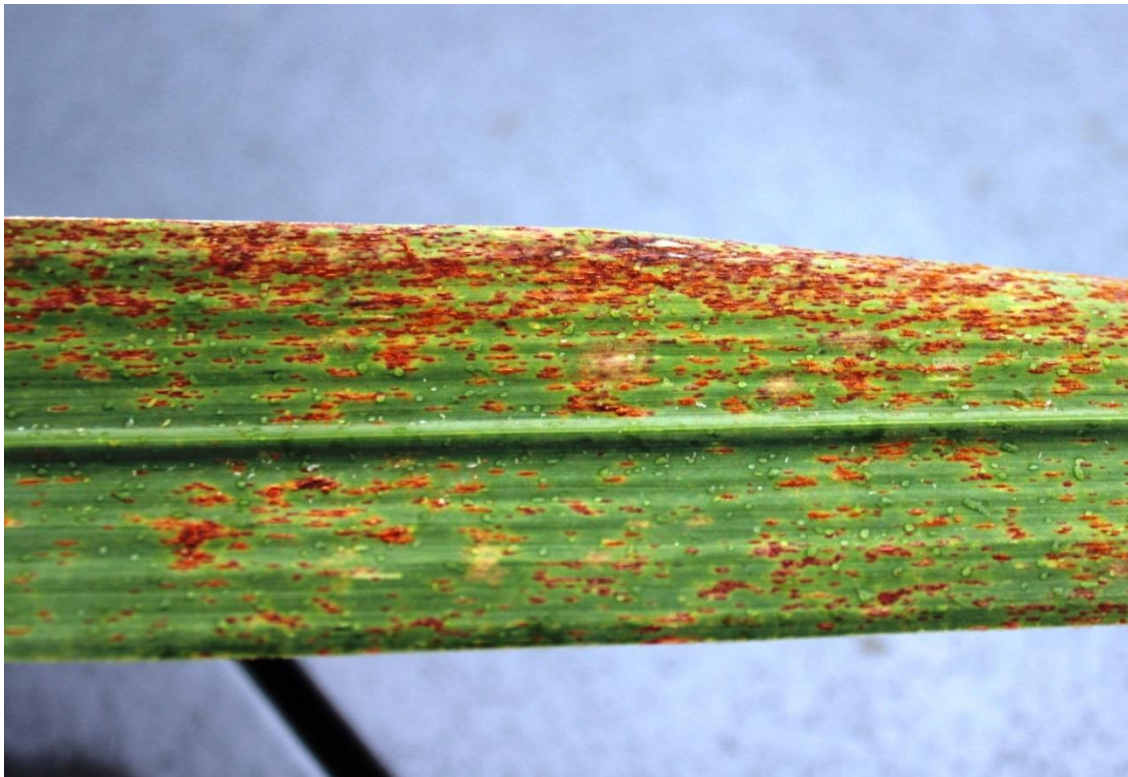


Figura 3. Pústulas de la roya naranja de la caña de azúcar *Puccinia kuehnii* esporulando activamente en el envés de la hoja de la variedad SP79-2233. Ingenio San Carlos, 2012.

Cuadro 2. Reacción de variedades y clones promisorios EC a la roya naranja de la caña de azúcar, *Puccinia kuehnii*. CINCAE, 2013.

Reacción 1/	Descripción	Clones y variedades				
0	Sin síntomas	ECU-01	EC-05	C10-5173	Ragnar	EC08-165
		EC-02	EC-06	C87-51	PC-01	
		EC-03	B43-62	CC85-92	EC06-351	
		EC-04	B76-78	CR74-250	EC06-735	
2	Manchas naranjas o lesiones marrón rojizo	B75-266	EC06-100			
3	De uno a cinco pústulas produciendo esporas	C26-670	B74-437	B74-418	EC06-953	EC08-1862
4	Mayor de cinco pústulas produciendo esporas	EC01-744	EC06-342	SP79-2233		
		EC06-340	EC06-343	PGM89-118		

1/ Escala de 0 a 4, propuesta por Sood et al., (2009)

Cuadro 3. Severidad y grados de reacción registrados en clones y variedades que han presentado la enfermedad en evaluaciones de roya naranja, *Puccinia kuehnii*, en estados de selección del CINCAE, 2011-2013.

Variedad/clon	Severidad (%)			Grado de reacción ^{1/}		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
SP79-2233	3,0	40,1	30,0	4	4	4
EC01-744	20,0	18,0	4,0	4	4	4
EC06-340	15,0	3,0	10,0	4	3	4
PGM89-118	10,0	0,0	8,0	4	0	4
EC06-342	9,0	0,0	5,0	4	0	4
EC06-343	6,0	5,0	5,0	4	4	4
C266-70	5,0	1,0	0,1	4	2	3
PC-1	4,0	0,0	0,0	4	0	0
B74-437	3,0	0,0	3,0	3	0	3
B74-418	2,0	1,0	0,1	2	2	3
EC06-351	1,0	0,0	0,0	3	0	0
EC06-735	0,0	1,0	0,0	0	2	0
EC06-953	0,0	2,0	1,0	0	2	3
EC08-165	0,0	5,0	0,0	0	4	0
EC08-1862	0,0	13,0	1,0	0	4	3
EC06-100	0,0	8,0	1,0	0	4	2
B75-266	0,0	0,0	0,5	0	0	2
Promedio	4,6	5,7	4,0	2,4	2,1	2,5

1/ Escala de Comstock, donde resistente es 0: ausencia de síntomas; y 1: pequeñas rayas cloróticas; moderadamente resistente, 2: lesiones naranja o rojas; susceptibles, 3: 1-5 pústulas esporulando; y 4: cinco o mas pústulas que coalescen causando necrosis

Cuadro 4. Severidad de la roya naranja *Puccinia kuehnii*, en lotes comerciales de la variedad SP79-2233 durante las zafras 2012 y 2013, por tercio y textura del suelo. Ingenio San Carlos, 2012-2013.

		2012		2013	
		Area	Severidad	Area	Severidad
Primero	Franco-Arenoso	60,4	28,9	16,7	5,0
	Franco/franco limoso	50,9	25,2	36,0	30,0
	Franco-Arcilloso	10,6	13,3	10,6	3,0
		121,9	26,0	63,3	18,9
Segundo	Franco-Arenoso	-	-	43,7	1,5
	Franco/franco limoso	30,8	4,0	37,4	20,0
		30,8	4,0	81,1	10,0
Tercero	Franco/franco limoso	29,7	12,7	16,6	10,0
		29,7	12,7	16,6	10,0
		182,4	20,1	161,0	13,5

Dispersión de esporas y parámetros meteorológicos favorables para el desarrollo de la enfermedad.

A diferencia de la roya café, que presentó dos épocas de dispersión (Marzo y septiembre, 2012), la roya naranja fue más evidente durante la etapa de crecimiento y maduración, entre los 7 a 12 meses, tanto en los lotes comerciales como en la estación experimental del CINCAE. Al emplear la trampa de esporas y la microestación *in situ* con los sensores de temperatura, humedad relativa y lámina de agua (Figura 4); se evidenció un incremento de las esporas colectadas a partir del mes de septiembre con una lámina de agua presente en la hoja durante 12 días previo al inicio de la epidemia, con temperaturas media diarias entre 22.6 y 25.9°C, y mínimas diarias entre 20.2 y 21.8 °C (Figuras 5 y 6). A diferencia de la roya café, donde su epidemia es limitada por temperaturas superiores a 31°C (Barrera *et al.*, 2012), la roya naranja tuvo un incremento entre el segundo y tercer tercio de la zafra con

una correlación positiva con temperatura y negativa con humedad relativa. De acuerdo con Martin *et al.*, (2010), rangos de temperatura entre 20 y 25°C estuvieron asociados con síntomas significativos de la enfermedad, especialmente a 25°C. En el mismo estudio se encontró que el patógeno requiere un mínimo de 8 horas de lámina de agua en las hojas para germinar y causar infección, alcanzando niveles más severos de la enfermedad con duraciones de 12 horas. Sin embargo, bajo nuestras condiciones una vez se estableció la epidemia, esta continuó inclusive en ausencia de una lámina de agua en la hoja (Figura 5). De acuerdo a los datos de dispersión observados hacia el tercer tercio en CINCAE y la presencia de roya naranja durante la etapa de crecimiento y maduración en primero y tercer tercio, es probable que bajo alta presión de inóculo la epidemia continúe su desarrollo, inclusive durante la época seca, con una ventana de seis meses de dispersión. De todas formas es necesario continuar evaluando los parámetros meteorológicos favorables y limitantes para el inicio y desarrollo de la epidemia de esta enfermedad con más localidades y épocas de siembra.



Figura 4. Trampa pasiva para la captura de esporas de roya naranja, *Puccinia kuehnii* (Izq.), y sensor para la lectura de la lámina de agua en la hoja (Der.). CINCAE, 2012.

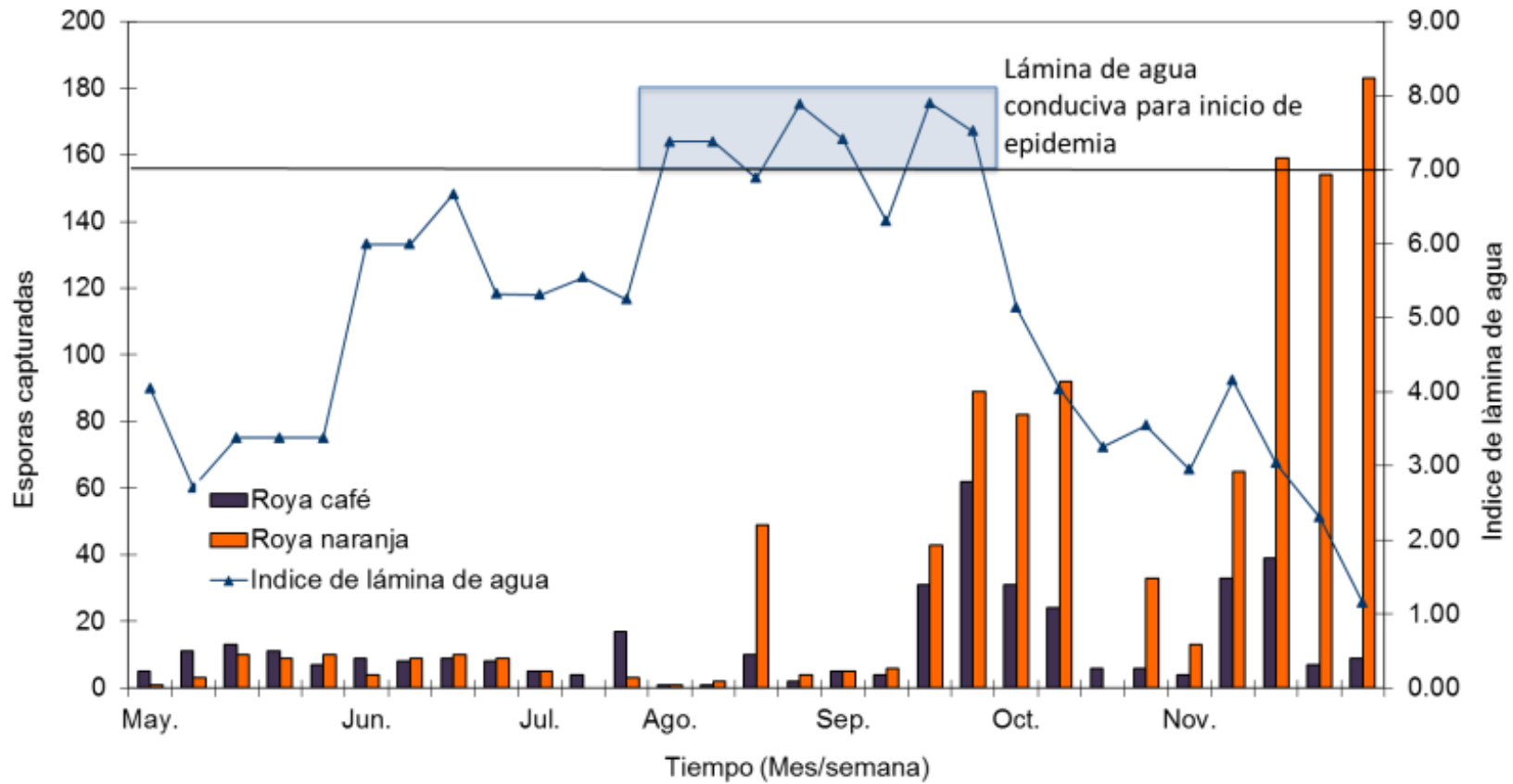


Figura 5. Epidemias de roya naranja, *Puccinia kuehnii*, y café, *Puccinia melanocephala*, y su relación con el índice de lámina de agua en la época seca de la zafra 2012. CINCAE, 2012.

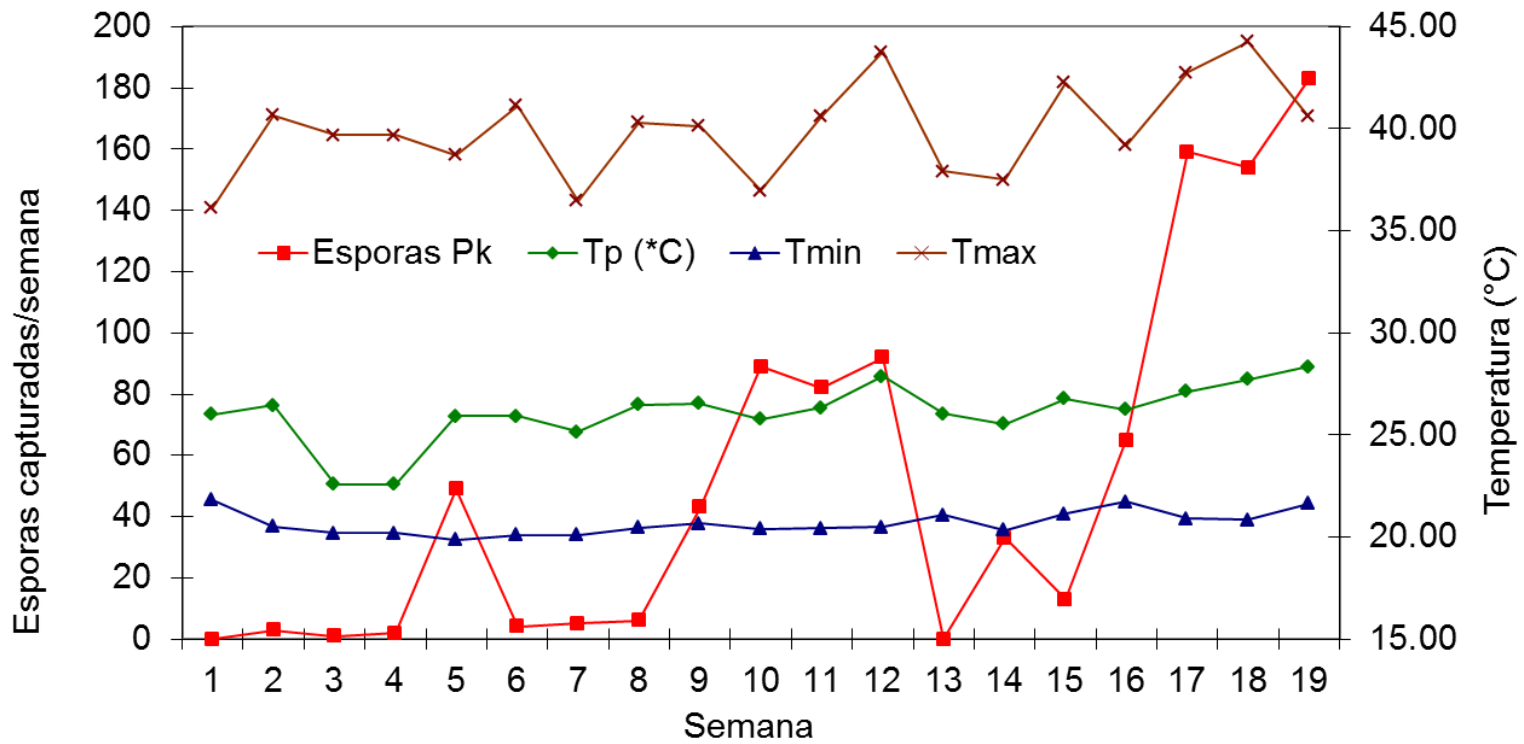


Figura 6. Desarrollo de la epidemia de la roya naranja, *Puccinia kuehnii*, y su relación con las temperaturas promedio (p) mínima y máxima en la estación experimental del CINCAE durante la zafra del 2012. CINCAE, 2012.

CONCLUSIONES

- Después de presentarse en Ecuador por primera vez en el 2011, la roya naranja, *Puccinia kuehnii*, se encuentra con bajos niveles de distribución y severidad en los clones en selección y en el germoplasma existente.
- Comercialmente sólo se encuentra en la variedad susceptible SP79-2233, con mayores niveles de severidad, especialmente en lotes del primer y segundo tercio de la zafra.
- Se observó una influencia de la lámina de agua y la temperatura para el inicio de la dispersión de uredosporas durante el tercer tercio; sin embargo, es necesario realizar más monitoreos en diferentes épocas de siembra.

RECOMENDACIÓN

Hasta contar con más información de los parámetros meteorológicos y condiciones de suelo que favorezcan el inicio y desarrollo de la enfermedad, y su importancia económica, se recomienda reducir la multiplicación de la SP79-2233 y limitar su siembra hacia finales del segundo y en tercer tercio en suelos de textura franca.

BIBLIOGRAFIA

- Angel, J.C., Cadavid O.M., Victoria K.J.I. 2010. Alerta fitosanitaria, Roya Naranja en el valle geográfico del río Cauca. Cenicña. Carta Trimestral 32(1-2):2-3.
- Barbasso, D., Jordao, H., Maccheroni, W., Boldini, J., Bressiani, J., and Sanguino, A. 2010. First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of Orange Rust of sugarcane, in Brazil. Plant Disease 94:1170-1170.
- Barrera, W. & Hoy, J.W. 2012. Effects of Temperature and Moisture Variables on Brown Rust Epidemics in Sugarcane. Journal of Phytopathology 161(2):98-106.
- Braithwaite, K. 2005. Assessing the impact that pathogen variation has on the sugarcane breeding program. Final Report-SRDC project BSS258. BSES Limited. Indooroopilly, Australia. 47 p.
- Braithwaite, K.S. and Croft, B.J. and Magarey, R.C. and Scharaschkin, Tanya. 2009. Phylogenetic placement of the sugarcane orange rust pathogen *Puccinia kuehnii* in a historical and regional context. Australasian Plant Pathology, 38(6)
- Chavarria, E., Subiros, F., Vega, J., Ralda, G., Glynn, N. C., Comstock, J. C., and Castlebury, I. A. 2009. First report of Orange Rust of Sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Costa Rica and Nicaragua. Plant Disease 93:425-425.
- Comstock, J.C., Sood, S.G., Glynn, N.C., Shine, J.M., Jr., McKemy, J.M., Castlebury, L.A. 2008. First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of orange rust of sugarcane, in the United States and Western Hemisphere. Plant Disease 92: 175-175.
- Dixon, L. y Castlebuty, L. 2011. Orange Rust of sugarcane – *Puccinia kuehnii*. Laboratorio de Micología y Microbiología Sistemática, ARS-USDA. Descargado, Agosto 9, 2011 /sbmlweb/fungi/index.cfm.
- Flores, R. C., Loyo, J. R., Ojeda, R. A., Rangel, O. C. A., Cerón, F. A., Márquez, W., Guerra-Moreno, A. S., Hernandez-Ibarra, H. M., Gonzalez, R. E., Panama, S. A., Castlebury, L. A., Dixon, L. J., Glynn, N. C., Comstock, J. C., Flynn, J., and Amador, J. 2009. First report of Orange Rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Mexico, El Salvador and Panama. Plant Disease 93:1347-1347.
- Garcés F., Fiallos' F. Martínez, F., Silva' E., Aime C., Glynn' N., Comstock, J., y Lysa Castlebury. 2013. First Report of Orange Rust of Sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Ecuador. Plant Disease, PDIS-05-13-0574-PDN (En publicación)

- Magarey, R. C. 2000. Orange Rust. A guide to sugarcane diseases. Rott, P., Bailey, R.P., Comstock, J.C., Croft, B.J., Saumtally, S. (Eds). CIRAD-ISSCT. Montpellier, Francia. p.p. 121-125.
- Martins, T. D., Raid, R. N., Burnquist, W. L., Urashima, A. S., Bergamin Filho A., y Comstock, J. 2010. Influence of temperature and leaf wetness duration on orange rust of sugarcane. *Phytopathology* 100:S78.
- Ovalle, W., Comstock, J. C., Glynn, N. C., and Castlebury, L. A. 2008. First report of *Puccinia kuehnii*, causal agent of orange rust of sugarcane, in Guatemala. *Plant Disease* 92:973-973.
- Ovalle, W., Orozco, H., Quemé, J., Melgar, M., Maldonado, A., y García, S., 2011. La roya naranja en Guatemala y estrategias para su manejo. II Congreso AETA, Congreso de la Caña de Azúcar y sus Derivados. 25-27 de mayo. Guayaquil. 8p.
- Pérez, V.L., Triana, E.L., Barroso, F., Martínez-de la Parte, E., Borrás, H.O., Hernández, E.I. Definitive identification of orange rust caused by *Puccinia kuehnii* in Cuba. *New Disease Reports, BSPP*. 20, 16.
- Sood, S.G., Comstock, J.C., Glynn, N.C. 2013. Evaluation of sugarcane clones in the CP-cultivar program for resistance to *Puccinia kuehnii*, the pathogen of orange rust *In: Proceedings, Congress of the International Society of Sugar Cane Technologists ISSCT*, 28. Sao Pablo, Brasil. 24 – 27 Jun., 2013, 7 p.
- Sood, S.G., Comstock, J.C., Glynn, N.C. 2009. Leaf whorl inoculation method for screening sugarcane rust resistance. *Plant Disease* 93: 1335-1340.