



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Progreso de las enfermedades roya parda y roya naranja de la caña de azúcar en Cuba

Progress of brown rust and orange rust of sugarcane in Cuba

Osmany de la Caridad Aday-Díaz , Joaquín Montalván Delgado , Javier Delgado Padrón , Yaquelin Puchades Izaguirre , Eida Luisa Rodríguez Lema 

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Carretera CUJAE km 1 ½, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 19390

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 23/02/2021
Aceptado: 28/05/2021

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

Osmany de la Caridad Aday-Díaz
osmany.aday@inicavc.azcuba.cu



RESUMEN

En Cuba, la roya parda de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala*) es una de las enfermedades más importantes y la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) es considerada una enfermedad de peligro potencial. Los objetivos de esta investigación fueron: cuantificar el desarrollo de la roya parda y roya naranja; determinar la influencia de la época de plantación y la edad de las plantas en la severidad de la enfermedad; y el período durante el cual los niveles de ambas royas son altos. Se encontró que los meses de plantación tienen un efecto muy similar en la manifestación de los síntomas de ambas royas con mayor afectación en las plantaciones que se realizan de julio a diciembre y en el mes de abril. La severidad de la roya parda fue significativamente más alta desde los tres a los cinco meses de edad después de la plantación, sin embargo, en la roya naranja se mantiene por encima de la media observada hasta los seis meses. La severidad de la roya naranja se incrementa con la edad de las plantas en las plantaciones que se realizaron de enero a abril. A diferencia de la roya parda, independientemente de la edad de las plantas, la severidad de la roya naranja puede incrementarse cuando existen condiciones climáticas que le son favorables.

Palabras Clave: *Puccinia kuehnii*, *Puccinia melanocephala*, severidad, *Saccharum* spp.

ABSTRACT

In Cuba, sugarcane brown rust (*Puccinia melanocephala*) is one of the most important diseases and orange rust (*Puccinia*

kuehnii) is considered a potentially dangerous disease. The objectives of the present investigation were: to quantify the development of brown and orange rust; to determine the influence of the planting time and age of the plants on the severity of these diseases; and the period in which the levels of both rusts are the highest. It was found that the months of planting have a very similar influence on the manifestation of the symptoms of both rusts with greater affectation in the plantations that were carried out from July to December and in the month of April. The severity of brown rust was significantly higher from three to five months of age after planting, however, in orange rust the severity remained above the average observed until seven months. The severity of orange rust increased with the age of the plants in the plantations that were carried out from January to April. Unlike brown rust, regardless of the age of the plants, the severity of orange rust can be increased when favorable environmental conditions exist.

Keywords: *Puccinia kuehnii*, *Puccinia melanocephala*, severity, *Saccharum* spp.

INTRODUCCIÓN

La roya parda de la caña de azúcar (*Puccinia melanocephala* H. & P. Sydow) es una de las enfermedades más importantes en Cuba (Rodríguez *et al.*, 2014) y también lo es en muchos otros países que cultivan esta especie vegetal (Peixoto *et al.*, 2014). Está ampliamente distribuida en el mundo, actualmente en 59 países (EPPO, 2018) y causa pérdidas de 10 a 40 % del rendimiento agrícola (Costet *et al.*, 2012).

En Cuba, el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) libera cultivares comerciales resistentes a *P. melanocephala*, ello ha permitido la reducción en el índice de severidad de esta enfermedad en los últimos 15 años (La O *et al.*, 2018).

La roya naranja de la caña de azúcar (*Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E. J. Butler) es considerada una enfermedad emergente (Comstock *et al.*, 2015). Hasta el año 2018 se informó en 43 países (CABI, 2018). Recientemente se documenta su presencia en Mauricio (ProMED, 2018) y Reunion (Hubert *et al.*, 2019). Causa pérdidas del rendimiento también elevadas, de 10 a 50 % (Magarey *et al.*, 2001). La distribución de este patógeno en el país se cataloga como de baja prevalencia, sin embargo, asciende a 30 el número de cultivares comerciales infectados y se encuentra distribuida en todas las provincias (Aday-Díaz *et al.*, 2018).

El principal control de estas royas de la caña de azúcar es el uso de cultivares resistentes (Rott *et al.*, 2016). Los principales factores que influyen en el desarrollo de estas enfermedades son el genotipo hospedante, condiciones

ambientales (temperatura y humedad sobre las hojas) fuente de inóculo y la edad de las plantas infectadas (Comstock y Ferreira, 1986). Existen publicaciones sobre investigaciones realizadas en Cuba que abordan estos factores para el caso de la roya parda, pero no es así para la roya naranja. Los objetivos de la presente investigación fueron: cuantificar el desarrollo de la roya parda y roya naranja considerando diferentes meses de plantación; determinar la influencia de la época de plantación y edad de las plantas en la severidad de estas enfermedades; y determinar el período en el cual se presentan los niveles más altos de ambas royas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en áreas experimentales de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Centro Villa Clara (ETICA Centro Villa Clara) (80°10'6.9"S, 22°24'48.7"W, 75 m) provincia de Villa Clara, Cuba.

Se plantaron parcelas de tres surcos o hileras de 6 m de largo de los cultivares B4362 y C323-68 (altamente susceptible y susceptible a roya parda, respectivamente) y C01-227 (susceptible a roya naranja) entre dos hileras plantadas con el cultivar C86-12, de resistencia intermedia a ambas royas. Cada surco se plantó con doble esqueje de tres yemas, de forma continua, a una distancia de 1,60 m, de izquierda a derecha (oeste a este) C323-68, B4362 y C01-227. El material vegetal para la plantación de los cultivares se obtuvo del Banco de Semilla

Original de la ETICA Centro Villa Clara. Se realizaron 11 fechas de plantación, desde julio a diciembre del año 2017 y en enero, febrero, marzo, abril y junio de 2018 (los días 4 de cada mes).

La fertilización se realizó con fuentes de nitrógeno, fósforo y potasio (Urea, Superfosfato Triple y Cloruro de Potasio) a las dosis recomendadas por el Servicio de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE) del INICA, se colocó el fertilizante en el fondo del surco previo a la plantación. El riego de agua se aplicó previo a la plantación y con una frecuencia semanal hasta la brotación. El control de malezas se hizo de forma manual con azadón.

La infección de los patógenos se produjo de forma natural a partir del inóculo presente en el área experimental. Las evaluaciones se realizaron mensualmente. El diagnóstico se efectuó mediante la toma de muestras de uredosporas de las pústulas emergidas en las hojas de cada cultivar, para confirmar la presencia de ambos patógenos, mediante el empleo de dos métodos:

- Diagnóstico visual: se realizó atendiendo a las características de color, tamaño, esporulación y distribución de las pústulas.
- Diagnóstico por microscopía óptica: se analizaron las características de las uredosporas (color, tamaño y forma) con el empleo de un microscopio óptico marca Olympus, Ocular 10x y Objetivo 20 y 40x.

Cada cultivar en las diferentes fechas de plantación se evaluó a partir de los tres meses después de plantados hasta los ocho meses. De cada hilera se tomó la hoja +3 (tercera hoja con cuello visible) de 10 tallos al azar y se estimó el área foliar afectada por roya parda o naranja (AFA) con el uso de la escala de cinco grados de Alfonso *et al.* (2000) con los siguientes niveles de severidad: 1 (hasta 5 %), 2 (hasta 15 %), 3 (hasta 25 %), 4 (hasta 50 %), 5 (más de 50 %). Con esos datos se calculó el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) mediante la ecuación propuesta por Shaner y Finney (1977). Se determinó la severidad de la enfermedad mediante la fórmula propuesta por

Towsend y Heuberger (1943):

$$SE = \left(\frac{\sum n * v}{i * N} \right) * 100$$

Donde,

SE: severidad de la enfermedad

n: número de muestras infectadas por cada grado de la enfermedad

v: grado de la escala

i: mayor grado de la escala

N: total de muestras

En el procesamiento estadístico se empleó un análisis de varianza simple y prueba de comparación de medias por Tukey, para comparar el área foliar afectada, severidad y área bajo la curva de progreso de la enfermedad en B4362 y C323-68 (infectados por *P. melanocephala*) y en C01-227 (infectado por *P. kuehnii*). La tendencia del progreso de ambas enfermedades de acuerdo al área foliar afectada y con la edad del cultivo, se determinó mediante ecuaciones de regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las parcelas experimentales, se observaron los síntomas característicos de roya parda (*P. melanocephala*) en B4362 y en C323-68, mientras que en C01-227 se detectó la roya naranja (*P. kuehnii*). Se confirmó la presencia de estos patógenos en el material vegetal infectado por microscopía óptica, en correspondencia con los síntomas observados en los cultivares infectados.

En las observaciones de campo, desde octubre de 2017 a diciembre de 2018, en los cultivares B4362 y C323-68 no se observaron síntomas de roya naranja, mientras que en C01-227 no se presentaron síntomas de roya parda. En las muestras de uredosporas de cada cultivar que se analizaron no se detectaron mezclas de ambos patógenos, lo que corroboró que las evaluaciones de los síntomas que se realizaron en campo corresponden a la roya parda en los cultivares B4362 y en C323-68, así como de roya naranja en C01-227.

Los valores más altos de AFA (%) severidad (%) y ABCPE por roya parda en el cultivar B4362 se observaron en las parcelas plantadas

de septiembre a noviembre y posteriormente en las que se plantaron en marzo y abril. En C323-68 los valores de estas variables fueron más altos en las parcelas que se plantaron desde agosto a diciembre y también en marzo y abril, para el caso del AFA (%) y ABCPE (Tabla 1).

En el cultivar C01-227 el AFA (%) por roya naranja alcanzó valores por encima de la media en las plantaciones que se realizaron desde julio a noviembre y en abril. La severidad de la enfermedad y el ABCPE fueron altos, fundamentalmente, en las plantaciones de agosto a noviembre y de abril (Tabla 2).

Estos resultados indican que los meses de plantación tienen una influencia muy similar en la manifestación de los síntomas de roya parda y de roya naranja. Las plantaciones que se realizaron en la denominada "época o ciclo de frío", de julio a diciembre, presentaron mayor intensidad de ambas royas y también tuvieron una intensidad similar las que se realizaron en abril.

Las curvas de progreso de la enfermedad mostraron una tendencia similar con relación al AFA (%) para roya parda y roya naranja, independientemente del mes de plantación y de la susceptibilidad de los cultivares a una u otra roya. Se apreció el incremento del AFA (%) para

ambas royas desde octubre hasta marzo, meses que corresponden a la estación invernal en Cuba. Se observó la disminución de la intensidad de estas enfermedades desde abril hasta septiembre, meses por los que transcurren las estaciones de primavera y verano (Figura 1).

Se observó que es similar la tendencia de la curva de progreso de ambas enfermedades (Figura 2). La mayor intensidad se registró en los meses de enero a marzo. En los cultivares susceptibles a roya parda y roya naranja, C323-68 y C01-227, respectivamente, se presentó un patrón de intensidad similar en el tiempo. Durante esos meses las temperaturas medias de 21,3 - 24,5 °C, mínimas de 17 - 19,2 °C y máximas inferiores a 30 °C (26,8 - 29,9 °C) acompañadas de la humedad relativa superior al 80 % favorecieron el desarrollo de ambas enfermedades (según datos de la Estación Meteorológica de Santo Domingo, Villa Clara, del INSMET).

Según Comstock y Ferreira (1986) la multiplicación *P. melanocephala* y la propagación de la enfermedad se favorecen con humedad relativa del aire mayor del 80 % y temperatura diurna de 18 a 25 °C. Al respecto Alfonso (1987) demostró que en Cuba la infección por roya parda se incrementa

Tabla 1. Área foliar afectada por roya parda (*P. melanocephala*) de la caña de azúcar, severidad y área bajo la curva de progreso de la enfermedad en los cultivares susceptibles B4362 y C323-68, según mes de plantación

Mes de Plantación	B4362			C323-68		
	AFA (%)	Severidad (%)	ABCPE	AFA (%)	Severidad (%)	ABCPE
Julio 2017	14,33	39,33	2235	5,97	26,00	1059
Agosto 2017	11,37	35,67	1776	9,88	32,33	1731
Septiembre 2017	22,03	50,33	3681	10,80	34,00	1719
Octubre 2017	32,33	58,00	5070	12,07	36,67	1887
Noviembre 2017	32,67	60,67	4950	11,17	33,67	1560
Diciembre 2017	20,93	44,67	2793	10,23	32,00	1377
Enero 2018	14,17	37,33	2205	4,37	24,00	711
Febrero 2018	19,33	44,67	2805	5,20	24,67	741
Marzo 2018	24,33	54,66	3960	9,57	29,33	1497
Abril 2018	24,16	53,33	3825	9,60	28,00	1605
Junio 2018	21,00	47,00	1389	7,85	27,50	903
Media	21,11	48,10	3153,55	8,82	29,90	1344,55

Tabla 2. Área foliar afectada por roya naranja (*P. kuehni*) de la caña de azúcar, severidad y área bajo la curva de progreso de la enfermedad en el cultivar susceptible C01-227 según mes de plantación

Mes de Plantación	C01-227		
	AFA (%)	Severidad (%)	ABCPE
Julio 2017	4,92	22,33	870
Agosto 2017	7,40	28,67	1317
Septiembre 2017	5,30	20,00	903
Octubre 2017	4,83	25,33	675
Noviembre 2017	7,47	30,00	999
Diciembre 2017	4,47	21,00	606
Enero 2018	1,70	21,00	291
Febrero 2018	1,27	20,00	201
Marzo 2018	4,20	23,33	741
Abril 2018	7,00	27,67	1251
Junio 2018	1,26	20,00	213
Media	4,53	23,55	733,82

notablemente con humedad relativa del aire entre 79,30 y 83,40 % y temperatura media del aire de 24 - 25 °C.

En Cuba las condiciones climáticas (temperaturas y humedad relativa) favorecen el desarrollo de la roya parda y de la roya naranja, fundamentalmente durante los meses menos lluviosos de diciembre hasta abril, pero con temperaturas frescas en un rango favorable para

el desarrollo de la infección de *P. melanocephala* y *P. kuehni*. La alternancia de calor y frío, humedad relativa superior al 80 %, presencia frecuente de niebla y rocío durante la noche y en las primeras horas del día durante más de ocho horas, favorecen la formación de una lámina de agua sobre la hoja. Estas son condiciones muy favorables para la infección y producción de esporas, mientras que la ocurrencia de intensas

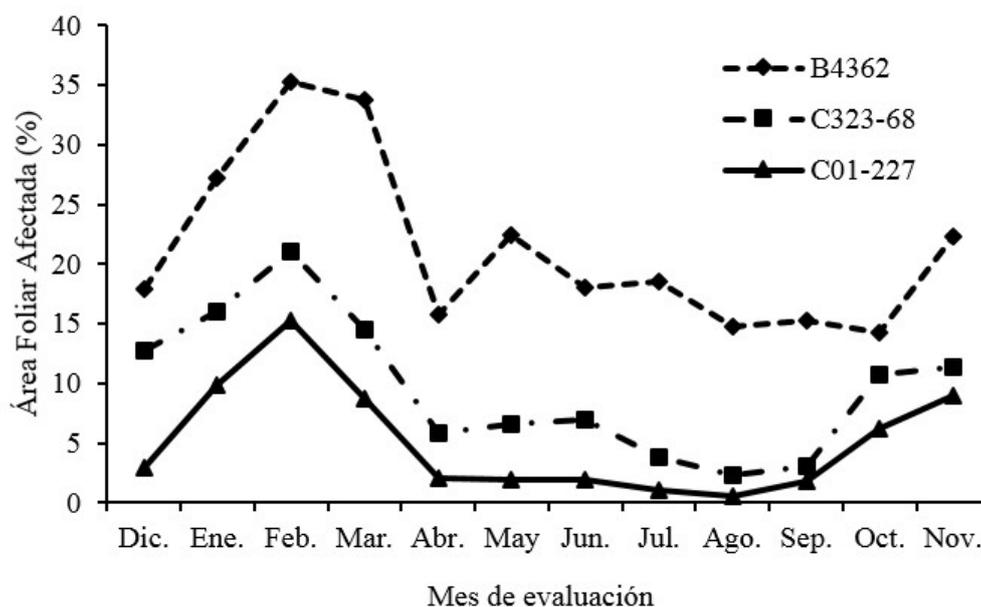


Figura 1. Porcentaje de Área Foliar Afectada (AFA) por la roya parda en los cultivares de caña de azúcar B4362 y C323-68; y por roya naranja en el cultivar C01-227, de diciembre 2017 a noviembre 2018

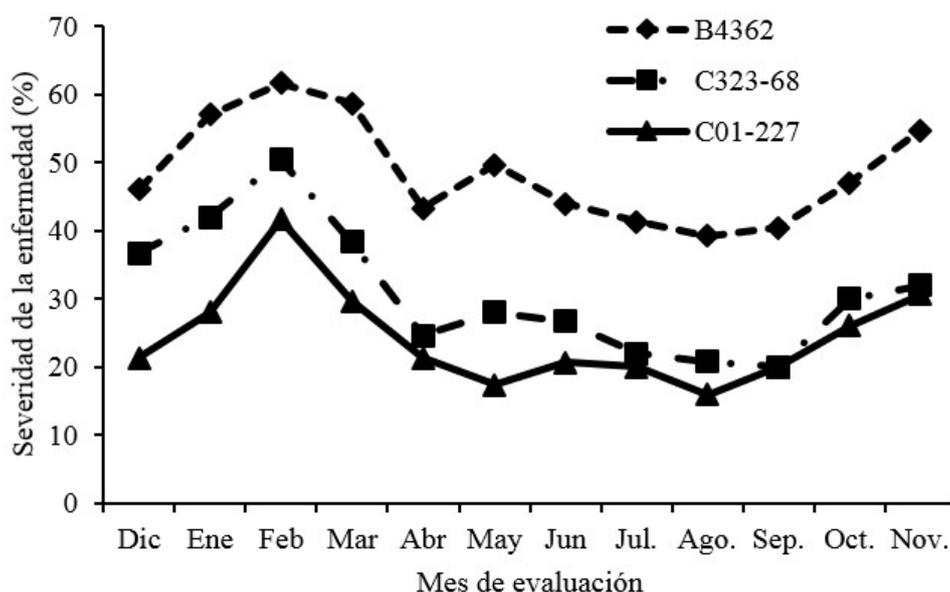


Figura 2. Progreso de la severidad de la roya parda en los cultivares de caña de azúcar B4362 y C323-68; y por roya naranja en el cultivar C01-227, de diciembre 2017 a noviembre 2018

lluvias tiene un efecto negativo al lavar las esporas de las hojas.

Las infecciones por *P. melanocephala* en caña de azúcar se producen una vez que la lámina foliar esté mojada por la lluvia o el rocío. En el caso particular de *P. kuehni*, Magarey *et al.* (2004) en Australia expresaron que las condiciones óptimas son temperaturas entre 22 y 24 °C y humedad relativa del aire entre 98 y 99 %. Pérez (2013) en Brasil y Sanjel *et al.* (2019) en Florida (EE.UU.), coinciden en que la germinación de las uredosporas ocurre dentro de un intervalo de temperatura entre 17 y 34 °C, óptimo de 18 °C y humedad relativa del aire superior a 97 %. Pérez (2013) concluyó que la temperatura de 25 °C es la más favorable para el desarrollo de la roya naranja y que la resistencia que expresan los cultivares en condiciones naturales está influenciada por este factor. Según Sanjel *et al.* (2019) la temperatura ideal para el desarrollo de ambas royas está entre 20 y 22,2 °C.

El AFA (%) severidad y ABCPE fue significativamente más alta en el cultivar B4362 altamente susceptible a la roya parda. El AFA (%) y la severidad en C01-227 fue significativamente inferior a los valores registrados en C323-68, a pesar de que estos cultivares se clasifican en la categoría de

susceptible, a la roya naranja el primero y a la roya parda el segundo. El ABCPE en C323-687 fue mayor que en C01-227, pero sin diferencias significativas (Tabla 3). En estudios de Chapola *et al.* (2016) las observaciones indicaron que el ABCPE es una variable fiable y constituye un criterio conveniente para determinar la reacción de los cultivares a la roya naranja.

Los valores de AFA (%) y severidad de la roya parda fueron significativamente más altos desde los tres hasta los cinco meses de edad después de la plantación, sin embargo, en la roya naranja la intensidad se mantuvo por encima de la media de los valores observados hasta los siete meses de edad, aunque sin diferencias significativas (Tabla 4).

Cuando los meses de plantación se agruparon en tres épocas, enero a marzo, abril y junio a diciembre, respectivamente, se determinaron diferencias en la tendencia del progreso de la enfermedad con la edad del cultivo de acuerdo al área foliar afectada en B4362 y C323-68 (infectados por *P. melanocephala*) y en C01-227 (infectado por *P. kuehni*). En B4362 y C323-68 la roya parda disminuyó su intensidad con el aumento de la edad de las plantas, con la excepción de la plantación que se hizo de C323-68 en el mes de abril, mientras que en C01-227

Tabla 3. Comparación del área foliar afectada (AFA), severidad y área bajo la curva de progreso de la enfermedad (ABCPE) en los cultivares de caña de azúcar B4362 y C323-68 (infectados por *P. melanocephala*) y en C01-227 (infectado por *P. kuehni*)

Cultivar	AFA (%)	Severidad (%)	ABCPE
B4362	21,11 a	48,10 a	3153,55 a
C323-68	8,82 b	29,90 b	1344,55 b
C01-227	4,53 c	23,55 c	733,36 b
Media	11,41	33,74	1743,82
EE (X)	1,25	1,72	273,00
Valor P	p<0,05	p<0,05	p<0,05

Media con letras distintas en la misma columna difieren significativamente según la prueba Tukey para p<0,05 (n=66)

la intensidad de la roya naranja se incrementó junto con la edad de las plantas en las plantaciones que se realizaron desde enero hasta abril (Tabla 5).

Estos resultados demuestran que la roya naranja, a diferencia de la intensidad de la roya parda, puede incrementarse después de los cinco y hasta los ocho meses de edad de las plantas, en aquellas plantaciones que se realizan

en el denominado “ciclo de primavera” en Cuba, específicamente las que se hacen desde enero hasta abril (Figura 3 y 4). Ello indica que independientemente de la edad de las plantas la severidad de la roya naranja puede incrementarse una vez que existen condiciones climáticas que le son favorables.

Resultados obtenidos por Valdés *et al.* (2016) al evaluar la resistencia a *P. kuehni* de algunos

Tabla 4. Comparación del área foliar afectada (AFA) y severidad de la enfermedad desde los tres a los ocho meses posteriores a la plantación en los cultivares de caña de azúcar B4362 y C323-68 (infectados por *P. melanocephala*) y en C01-227 (infectado por *P. kuehni*)

Edad (meses)	B4362		C323-68		C01-227	
	AFA (%)	Severidad (%)	AFA (%)	Severidad (%)	AFA (%)	Severidad (%)
3	35,36 a	66,00 a	13,00 a	35,81 a	5,50	25,81
4	27,07 ab	58,00 ab	13,41 a	38,18 a	4,87	24,36
5	24,60 bc	53,81 b	10,08 ab	31,10 ab	3,75	22,72
6	15,18 cd	41,09 c	6,54 bc	24,91 b	5,24	24,91
7	12,84 d	36,00 c	5,26 bc	25,20 b	4,56	24,36
8	9,80 d	31,00 c	3,84 c	23,20 b	3,27	19,10
Media	21,11	48,09	8,82	29,91	4,53	23,55
EE (X)	3,70	4,20	2,11	3,35	1,63	2,77
Valor P	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05	p>0,05

Media con letras distintas en la misma columna difieren significativamente según la prueba Tukey para p<0,05 (n=66)

Tabla 5. Tendencia del progreso de la enfermedad con la edad del cultivo de acuerdo al área foliar afectada (AFA) en los cultivares de caña de azúcar B4362 y C323-68 (infectados por *P. melanocephala*) y en C01-227 (infectado por *P. kuehni*)

Cultivar	Época de plantación	Ecuación lineal	R ²
B4362	Enero-Marzo	$y = -1,684x + 28,01$	0,28
	Abril	$y = -3,057x + 34,86$	0,70
	Junio-Diciembre	$y = -1,129x + 27,24$	0,16
C323-68	Enero-Marzo	$y = -0,140x + 7,534$	0,07
	Abril	$y = 1,611x + 3,96$	0,45
	Junio-Diciembre	$y = -0,683x + 11,74$	0,10
C01-227	Enero-Marzo	$y = 0,912x - 0,940$	0,40
	Abril	$y = 2,657x - 2,266$	0,64
	Junio-Diciembre	$y = -0,277x + 5,940$	0,04

x: edad del cultivo
y: AFA (%)

cultivares en explotación comercial en Cuba, con inoculación artificial y en condiciones controladas de manejo, concluyeron que CP52-43, SP70-1284, C323-68, C1051-73, C86-12 y C95-414 son susceptibles a la roya naranja, pero C86-56 y C90-469 tienen una reacción de resistencia intermedia. Con excepción de C86-56, el resto de los cultivares se infectan por *P. melanocephala* en las plantaciones comerciales

(susceptibles CP52-43, SP70-1284, C323-68, C1051-73; y con resistencia intermedia C86-12, C95-414, C90-469).

La evaluación y clasificación de la reacción de cultivares de caña de azúcar a las royas son herramientas importantes que ayudan en los ensayos preliminares y selección de aquellos que son prometedores para las fases más avanzadas de los programas de mejora de la caña de azúcar

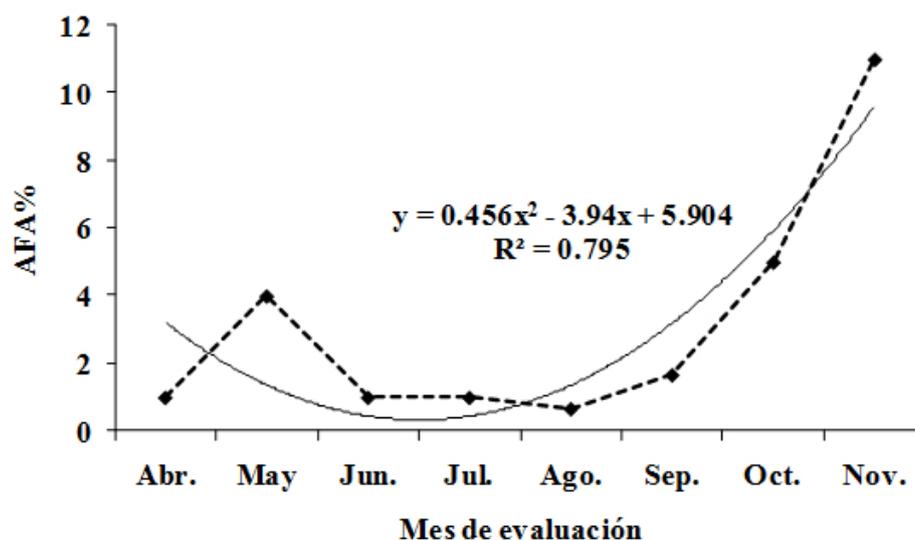


Figura 3. Incremento del área foliar afectada (AFA) por la roya naranja de la caña de azúcar en el cultivar C01-227, plantación de enero a marzo
La ecuación polinomial de orden 2 representa la tendencia del progreso de la enfermedad

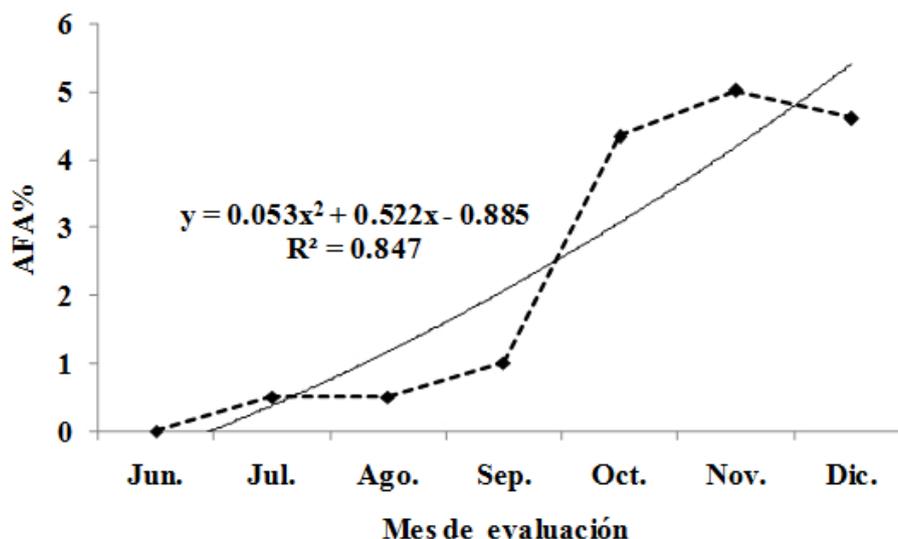


Figura 4. Incremento del área foliar afectada (AFA) por la roya naranja de la caña de azúcar en el cultivar C01-227, plantación en abril

La ecuación polinomial de orden 2 representa la tendencia del progreso de la enfermedad

y brinda además información a los productores sobre las opciones de uso de nuevos cultivares (Lemos *et al.*, 2020).

CONCLUSIONES

Los meses de plantación tienen una influencia muy similar en la manifestación de los síntomas de roya parda y de roya naranja. La mayor intensidad por ambas royas se presentó en las plantaciones que realizaron en los meses de julio a diciembre y en abril. Se observó que es similar la tendencia de la curva de progreso de ambas enfermedades. El AFA y la severidad de ambas enfermedades se incrementó desde el mes de octubre hasta marzo, mientras que de abril a septiembre se observó la disminución de la intensidad. La intensidad de la roya naranja, a diferencia de la roya parda, se incrementó con la edad de las plantas en las plantaciones que se realizaron desde enero hasta abril y mantuvo una tendencia similar en las plantaciones de junio a diciembre.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Osmany de la C. Aday-Díaz: Conceptualizó y formuló los objetivos generales de la investigación. Interpretó los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del

manuscrito. Diseñó la investigación, evaluó y recopiló los datos obtenidos en las pruebas de los experimentos.

Joaquín Montalván Delgado: ejecución de las actividades de investigación y responsable de tomar los datos experimentales.

Javier Delgado Padrón: ejecución de las actividades de investigación y responsable de tomar los datos experimentales.

Yaquelin Puchades Izaguirre: Contribuyó en la aplicación de las técnicas estadísticas utilizadas para analizar o sintetizar los datos de estudio obtenidos. Hizo la revisión crítica del borrador y recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo.

Eida Luisa Rodríguez Lema: contribuyó en la preparación, creación y presentación del trabajo publicado.

BIBLIOGRAFÍA

ADAY-DÍAZ, O., RODRÍGUEZ, E., MONTALVÁN, J., *et al.* 2018. Estado de dispersión e incidencia de la roya naranja de la caña de azúcar en Cuba. *Centro Agrícola*, 45 (2): 61-68.

- ALFONSO, I. 1987. Bases fitopatológicas para el control de la roya de la caña de azúcar en Cuba. Tesis para optar al título de Doctor en Ciencias Agrícolas, INICA, La Habana, Cuba, 95 p.
- 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). *Cuba & Caña*, número especial: 33-42.
- CABI (INVASIVE SPECIES COMPENDIUM). 2018. *P. kuehni*. Distribution Maps of Plant Diseases. No. April. Wallingford, UK. Disponible en: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/45818> Consulta 13/12/2018.
- CHAPOLA, R.G., HOFFMANN, H.P., MASSOLA JR., N.S. 2016. The reaction of sugarcane cultivars to orange rust (*Puccinia kuehni*) and method for rapid identification of resistant cultivars. *Tropical Plant Pathology*, 41: 139-146.
- COMSTOCK, J.C., FERREIRA, S.A. 1986. Sugarcane rust: factors affecting infection and symptom development. *Proceeding International Society Sugar Cane Technology*, 19: 402-410.
- COMSTOCK, J.C., OVALLE, W., CHAVARRÍA, E., *et al.* 2015. La roya naranja de la caña de azúcar, una enfermedad emergente: su impacto y comparación con la roya marrón. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos Industriales*, 5 (7): 12-26.
- COSTET, L., LE-CUNFF, L., ROYAERT, S., *et al.* 2012. Haplotype structure around Bru1 reveals a narrow genetic basis for brown rust resistance in modern sugarcane cultivars. *Theoretical and Applied Genetics*, 125: 825-836.
- EPP0 (EUROPEAN AND MEDITERRANEAN PLANT PROTECTION ORGANIZATION). 2018. Distribución mundial de *P. melanocephala*. Disponible en: <https://gd.eppo.int/taxon/PUCCML/distribution> Consulta 13/12/2018.
- HUBERT, J., FOURRIER-JEANDEL, C., COSTET, L., *et al.* 2019. First Report of Orange Rust caused by *Puccinia kuehni* on sugarcane on the Island of Reunion. *Plant Disease*, Disponible en: <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-19-0750-PDN> Consulta 25/06/2019.
- LA O, M., PERERA, M.F., BERTANI, R.P., *et al.* 2018. An overview of sugarcane brown rust in Cuba. *Scientia Agrícola*, 75 (3): 233-238.
- LEMOS, L.M., GRADE, A.C., RUARO, L., *et al.* 2020. *Ciencia Rural*, 50 (7): 4p. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20190792>.
- MAGAREY, R.C., CROFT, B.J., WILLCOX, T.G. 2001. An epidemic of orange rust on sugarcane in Australia. *Proceeding International Society Sugar Cane Technology*, 23: 410-416.
- MAGAREY, R.C., NIELSEN, W.A., MAGNANINI, A.J. 2004. Environmental requirements for spore germination in three sugarcane leaf pathogens. *Proceeding International Society Sugar Cane Technology*, 33: 307-501.
- PEIXOTO, R.F., CRESTE, S., LANDELL, M., *et al.* 2014. Genetic diversity among *Puccinia melanocephala* isolate from Brazil assessed using simple sequence repeat markers. *Molecular Genetic Resources*, 13 (3): 7852-7863.
- PÉREZ, S.G. 2013. Quantificação de parâmetros monocíclicos da ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehni*) em cana de açúcar. Master's Thesis, Universidade São Paulo, Escola Superior do Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brazil, 53 p.
- ProMED. 2018. Orange rust, sugar cane - Mauritius. Program of the International Society for Infectious Diseases. Archive Number: 20180613.5853746. Disponible en:

<http://www.promedmail.org>
Consulta13/05/2018.

- RODRÍGUEZ, M.L., RODRÍGUEZ, E.L., ALFONSO, I., FUENTES, A.A. 2014. Enfermedades y Plagas. Capítulo 8. En: SANTANA, I., GONZÁLEZ, M., GUILLÉN, S., CRESPO, R. (eds.) Instructivo Técnico para el Manejo de la Caña de Azúcar. 2da Ed., Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, La Habana, Cuba, pp. 209-255.
- ROTT, P., KAYE, C., NARANJO, M., *et al.* 2016. Controlling sugarcane diseases in Florida: a challenge in constant evolution. *Proceeding International Society Sugar Cane Technology*, 29: 595-600.
- SANJEL, S., CHAULAGAIN, B., SMALL, I.M., *et al.* 2019. Comparison of progress of brown rust and orange rust and conditions conducive for severe epidemic development during the sugarcane crop season in Florida. *Plant Disease*, 103 (5): 825-831.
- SHANER, G., FINNEY, R.E. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. *Phytopathology*, 70: 1183-1186.
- TOWSEND, G.R., HEUBERGER, J.V. 1943. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Report*, 24: 340-343.
- VALDÉS, B.L., ADAY-DÍAZ, O., OCAÑA, B., *et al.* 2016. Caracterización de la respuesta de cultivares de caña de azúcar a la roya naranja en casa de cultivo. *Bioteología Vegetal*, 16 (1): 21 - 29.



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, siempre que la obra sea debidamente citada.