



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Respuesta de 44 cultivares de caña de azúcar ante *Puccinia kuehnii* en el periodo 2013-2014

Response of 44 sugarcane cultivars to *Puccinia kuehnii* in the period 2013-2014

Javier Delgado Padrón*, Tania Casero Rodríguez,
 Arelis Rodríguez Martínez, Lázaro Pardo Mora

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

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 01/07/2020
Aceptado: 25/02/2022

CONFLICTO DE INTERESES

No existen conflictos de intereses para la publicación del manuscrito

CORRESPONDENCIA

Javier Delgado Padrón
mferrer@inica.azcuba.cu
yusnel.rivero@inica.azcuba.cu



Cu-ID: <https://cu-id.com/2153/cag052222363>

RESUMEN

Es necesario desarrollar estudios que brinden mayor conocimiento sobre la resistencia y permitan mejorar las estrategias de prevención y control de la roya naranja, por tal motivo fue objetivo de este trabajo evaluar la respuesta de 44 cultivares de caña de azúcar ante la roya naranja en el período 2013-2014. El experimento se estableció en julio de 2013, con 44 cultivares. Las evaluaciones se realizaron en 2 cm² dirigidos hacia las áreas donde se encontraban la mayor cantidad de síntomas en las hojas +3 y +5. Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple por rangos mediante la prueba de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,01$). Solo 16 cultivares mostraron pústulas de roya naranja, tanto en caña planta como en primer retoño. Con más del 25 % del área foliar afectada se encuentran los cultivares 'C95-416', 'C89-559', 'C88-523', 'CP52-43', 'C86-456' y 'C89-147'. El número de pústulas/cm² en las hojas de la caña de azúcar aumentó a medida que se incrementó la edad de las plantas, con los mayores porcentajes en el período de enero a abril. No se observaron diferencias significativas en el número de pústulas presentes en las hojas +3 y +5 y se determinó mayor severidad de la enfermedad en caña planta.

Palabras clave: Enfermedad, hongo, reacción, roya naranja

ABSTRACT

It is necessary to develop studies that provide more knowledge about resistance and allow improving strategies for prevention and control of orange rust. For this reason, the objective of this work was to evaluate the response of 44 sugarcane cultivars to orange rust in the period 2013-2014. The experiment was established in July 2013, with 44 cultivars. The evaluations were performed in 2 cm² directed towards the areas where the highest number of symptoms were found on leaves +3 and +5. A simple rank analysis of variance was performed using the Kruskal-Wallis test ($p \leq 0.01$). Only 16 cultivars showed orange rust pustules, both on plant cane and first shoot. With more than 25 % of the leaf area affected were cultivars 'C95-416', 'C89-559', 'C88-523', 'CP52-43', 'C86-456' and 'C89-147'. The number of pustules/cm² on sugarcane leaves increased with increasing plant age, with the highest percentages in the period from January to April. No significant differences

were observed in the number of pustules present on leaves +3 and +5 and greater disease severity was determined on sugarcane plants.

Keywords: disease, fungus, reaction, orange rust

INTRODUCCIÓN

La roya naranja, causada por *Puccinia kuehnii* (W. Kruger) E. J. Butler, hasta el año 2000 se consideraba de poca importancia económica en el mundo, pero en ese año causó una epidemia en el cultivar 'Q124' en Australia. Las pérdidas estuvieron entre 30 y 40 % de las toneladas de caña, y entre 150-210 millón de dólares australianos, convirtiéndose en la más importante en la historia de la industria cañera en ese país (Magarey *et al.*, 2005).

Comstock *et al.* (2015) la consideran como enfermedad emergente y su impacto sobre la caña de azúcar dependerá de la susceptibilidad de los cultivares y de las condiciones ambientales. En correspondencia con el peligro potencial que representa, desde el año 2009 Cuba estableció un sistema de vigilancia fitosanitaria sobre la dispersión e incidencia de esta en las áreas cañeras del país (Pérez *et al.*, 2010).

La roya naranja se encuentra dentro de las 61 enfermedades de la caña de azúcar detectadas en Cuba (Chinae *et al.*, 2019). Durante los últimos dos años se ha incrementado el número de cultivares infectados y está en todas las provincias productoras de caña de azúcar del territorio nacional. Su distribución es de baja prevalencia, sin embargo, constituye un peligro potencial por los 30 cultivares comerciales que se han infectados (Aday-Díaz *et al.*, 2018).

Para Chavarría *et al.* (2016), el desarrollo de la roya naranja está muy relacionada con las condiciones propias de producción, el sitio de plantación y la interacción cultivar-microorganismo patógeno con una fuerte influencia del ambiente. La mayoría de los materiales evaluados en Costa Rica presentan resistencia a la misma, no obstante, hay cultivares que muestran cambios en su patrón de respuesta con respecto a la enfermedad.

Aunque Valdés *et al.* (2016) señalan que, por el momento, la roya naranja no constituye una enfermedad principal en Cuba, es necesario desarrollar estudios que brinden mayor conocimiento sobre la resistencia y permitan mejorar las estrategias de prevención y control. El objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de 44 cultivares de caña de azúcar ante la roya naranja en el período 2013-2014.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el bloque experimental de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Mayabeque-Artemisa, ubicado en las coordenadas georeferenciadas latitud norte: 22°47'12" y longitud oeste:

82°2'13", en municipio Quivicán, provincia Mayabeque. El experimento se estableció en julio de 2013, con 44 cultivares de caña de azúcar ('B7274', 'B77418', 'B78505', 'B80250', 'CB44-52', 'Co997', 'CP52-43', 'C85-1', 'C85-102', 'C86-12', 'C86-56', 'C86-156', 'C86-165', 'C86-251', 'C86-456', 'C86-503', 'C87-51', 'C88-356', 'C88-380', 'C88-523', 'C89-147', 'C89-148', 'C89-161', 'C89-176', 'C89-559', 'C90-105', 'C90-317', 'C90-469', 'C90-530', 'C92-325', 'C95-416', 'C97-445', 'C98-128', 'C99-128', 'C120-78', 'C132-81', 'C137-81', 'C266-70', 'C323-68', 'C334-64', 'C1051-73', 'Ja64-11', 'PR980' y 'SP70-1284), se cosechó en marzo del 2014 en caña planta y en diciembre de 2014 como primer retoño (soca).

De cada individuo se plantó al azar en una parcela de un surco de 6 m de longitud con dos réplicas, separadas por un pasillo de 3 m. Como fuente de inóculo se consideró a 'C89-147' (cultivar susceptible), determinado por la proliferación y cobertura con pústulas de *P. kuernii* en el área foliar (Delgado *et al.*, 2019). El mismo se estableció cada dos surcos y bordeando el área experimental, lo que permitió incrementar la presión de inóculo del agente patógeno.

Las evaluaciones se realizaron en una estación de muestreo de 2 cm² dirigidos hacia las áreas de mayor cantidad de síntomas en la hoja +3 y +5 (Aday-Díaz *et al.*, 2017), de diez tallos tomados al azar en cada parcela desde los dos hasta los nueve meses de edad, tanto en caña planta como en primer retoño (soca). En cada uno se contó la cantidad de pústulas y el largo más frecuente de estas. El porcentaje de pústulas por cm² se calculó por la expresión matemática propuesta por Montalván *et al.* (2018):

$$\text{Pústulas por cm}^2 = \frac{\text{CPUST} * \text{LPUST} * 0,42}{2}$$

Donde:

Pústulas (cm²)⁻¹ (%): Área ocupada por las pústulas en cada cm²

CPUST: Número de pústulas en 2 cm²

LPUST: Longitud de la pústula más frecuente en la muestra (mm)

0,42: Ancho medio de la pústula (mm) determinado por Aday-Díaz *et al.* (2017)

El área foliar afectada se estimó mediante el uso del porcentaje de pústulas por cm² y la escala de cinco grados de Alfonso *et al.* (2000), utilizada para la roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow) con los siguientes niveles: 1 (hasta 5 %), 2 (hasta 15 %), 3 (hasta 25 %), 4 (hasta 50 %), 5 (más de 50 %).

Con toda la información recopilada, se confeccionó una base de datos compuesta por cultivar, edad, cepa, número de hoja, cantidad de pústulas, largo más frecuente de las

pústulas, porcentaje de pústulas por cm², lo cual facilitó el trabajo.

Se utilizaron pruebas no paramétricas producto a que los valores de las variables estudiadas no se ajustaron a una distribución normal y homogeneidad de sus varianzas, a pesar de realizar transformaciones en los mismos. Se realizó un análisis de varianza de clasificación simple por rangos mediante la prueba de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,01$) para determinar la influencia de los cultivares, la edad de las plantas, cepa y las hojas +3 y +5 en el porcentaje de pústulas de roya naranja por cm². Todo esto con la ayuda del paquete estadístico STATISTICA versión 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Existen diferencias altamente significativas entre los cultivares en cuanto al porcentaje de pústulas cm² (Figura 1), lo que demuestra la reacción diferencial de éstos ante la roya naranja. Los cultivares ‘C95-416’, ‘C89-559’, ‘C88-523’, ‘CP52-43’, ‘C86-456’ y ‘C89-147’ presentan más del 25 % del área foliar afectada por la enfermedad.

En estudios efectuados por Delgado *et al.* (2019) en esta localidad durante siete años (2012-2018), los cultivares ‘C95-416’, ‘C89-559’, ‘C88-523’ y ‘C89-147’ siempre presentaron síntomas y con inestabilidad en su respuesta el cultivar ‘CP52-43’. Así mismo ‘B7274’, ‘B77418’, ‘C86-456’, ‘C86-503’, ‘C90-105’, ‘C90-530’ y ‘Ja64-11’ (no evaluados durante todo el período) desarrollaron la enfermedad, lo que pone de manifiesto la interacción planta-microorganismo patógeno-clima en la infección por roya naranja.

En ese mismo sentido, la roya naranja fue informada en plantaciones cañeras de otras provincias del país infectando cultivares que no mostraron síntomas en este estudio como es el cultivar ‘C1051-73’ en Villa Clara (Aday-Díaz *et al.*,

2010). De igual forma en ‘C88-380’ y ‘Q124’ en Matanzas (Pérez *et al.*, 2012) y Villa Clara (Aday-Díaz *et al.*, 2014), en Camagüey en ‘C137-81’ y ‘C323-68’ (Tamayo *et al.*, 2014), así como en ‘B78505’, ‘B80250’ y ‘C1051-73’ en Las Tunas y ‘C334-64’ en Villa Clara (Aday-Díaz *et al.*, 2018).

También, resulta oportuno destacar que los cultivares ‘C90-469’ y ‘Q128’ muestran síntomas de la enfermedad cuando se realizan inoculaciones artificiales con las esporas de *P. kuehni*, comportándose como moderadamente resistente y susceptible, respectivamente (Valdés *et al.*, 2016).

La ruptura de la resistencia del cultivar ‘Q124’, que se atribuyó al desarrollo de una nueva raza del microorganismo patógeno en Australia, parece ser un evento único. Este no parece ser el caso de Florida, donde las rupturas sucesivas de la resistencia de los cultivares sugieren una constante evolución y especialización de *P. kuehni*, lo que puede limitar la durabilidad de la resistencia del cultivar (Sanjel *et al.* 2019).

Según González (2019), el cultivar ‘C95-416’ se encuentra en la etapa de introducción en la agricultura cañera del país por sus excelentes resultados productivos y la resistencia a los principales agentes nocivos del cultivo. En este estudio, presentó la mayor área foliar afectada de roya naranja (más del 50 %), por lo que se debe manejar su propagación en Cuba y mantener una estricta vigilancia fitosanitaria en el mismo.

Existen diferencias altamente significativas entre las edades de los cultivares evaluados, aumentando el número de pústulas en las hojas a medida que aumenta la edad de las plantas, fundamentalmente, a partir del tercero hasta el octavo mes. Esto puede estar relacionado con el aumento de la presión de inóculo del agente patógeno (Figura 2).

En la figura 3 se muestra el periodo de evaluación de los cultivares, donde en los meses de diciembre a abril (época

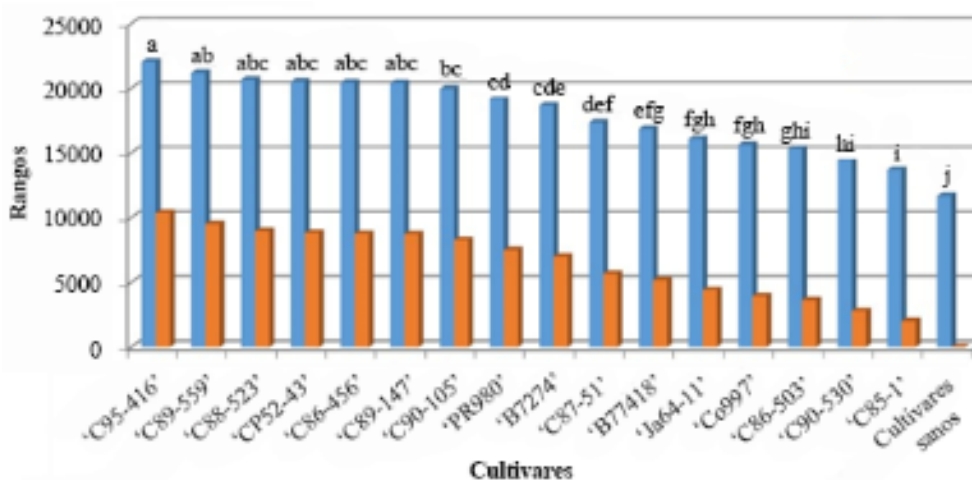


Figura 1. Cantidad de pústulas de roya naranja en los cultivares utilizados

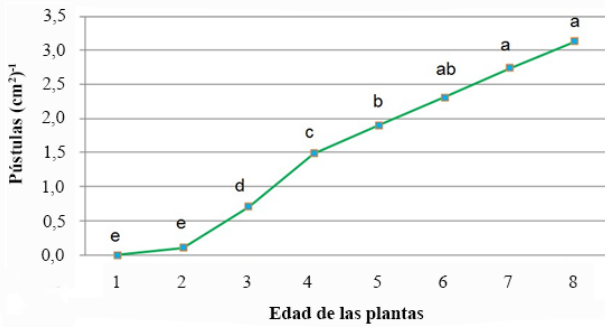


Figura 2. Cantidad de pústulas de la roya naranja y la edad de los cultivares. Letras iguales no difieren significativamente según Prueba de Kruskal-Wallis (p<0,01)

de frío en Cuba) se muestra la mayor cantidad de pústulas por cm².

Huang *et al.* (2018) señalan, que el desarrollo de la enfermedad ocurre fácilmente cuando la temperatura se encuentra entre 18 y 26 °C, que en el caso de Cuba ocurre en la época de frío. Por otro lado, las esporas pueden germinar en un amplio rango de temperaturas de 5-34 °C, siendo las óptimas de 19-26 °C (Fogaca *et al.*, 2018).

En este mismo sentido, la formación de uredosporas de *P. kuehni* se redujo del 65 % con temperaturas de 29 °C a 18 % cuando esta ascendió a 30 °C y era cero a 31 °C (Sanjel *et al.*, 2019). Selvakumar y Viswanathan (2020) determinaron un 50 % de germinación de uredosporas a temperaturas entre 20 y 29 °C. Así mismo, la esporulación de la roya naranja se reduce a cero cuando la temperatura alcanza los 23 °C, por encima de este umbral los valores aumentan y logran su máximo a los 28 °C (Valeriano *et al.*, 2021).

En la Florida, Chaulagain *et al.* (2020) obtuvieron valores de correlación más altos entre la severidad de la roya naranja y las horas con temperatura media entre 20-22 °C durante el período nocturno y una correlación negativa para el número de horas con temperatura máxima superior a 32 °C.

Para Aday-Díaz *et al.* (2020), la severidad de la roya naranja es mayor en las plantaciones que se realizan de julio a septiembre y menor en las de enero a marzo. La edad de las plantas no limita el progreso de la enfermedad, sino que esta depende de la ocurrencia de condiciones climáticas favorables para su desarrollo. Además, Aday *et al.* (2021) señalan que en Cuba las condiciones climáticas (temperaturas y humedad relativa) favorecen la infección por *P. kuehni*, fundamentalmente durante los meses menos lluviosos (diciembre hasta abril), pero con temperaturas frescas.

La cantidad de pústulas de roya naranja considerando los factores cepa y la posición de las hojas se presenta en la tabla 1, donde la caña planta difiere de la soca en cuanto al número de pústulas por cm² y no existen diferencias entre la

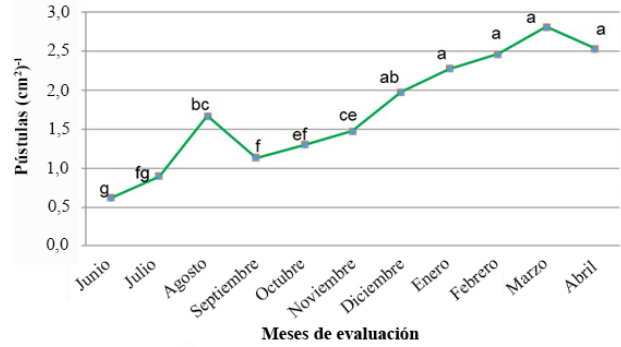


Figura 3. Cantidad de pústulas de roya naranja y los meses evaluados de los cultivares. Letras iguales no difieren significativamente según Prueba de Kruskal-Wallis (p<0,01)

cantidad de pústulas presentes en la hoja +3, con respecto a la hoja +5.

Tabla 1. Cantidad de pústulas de roya naranja considerando los factores cepa y posición de las hojas

Cepa	Rangos	Significación	No. hoja	Rangos	Significación
Planta	15139	a	+5	13452	a
Soca	11742	b	+3	13429	a

Letras iguales en una misma columna no difieren significativamente según prueba de Kruskal-Wallis (p<0,01)

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Aday-Díaz *et al.* (2017), donde en las hojas desde la +3 a la +7 se encontraron los valores intermedios de área foliar afectada (7,50-12,82 %). En esas hojas se determinaron valores máximos que oscilaron de 35,58-49,57 % desde la hoja +3. Igualmente, las primeras cuatro hojas difieren con respecto a las hojas +5 a la +8 y a su vez, las hojas +5, +6 y +7 difieren con la hoja +8 que resultó la más afectada.

A pesar de que la roya naranja se encuentra en todas las provincias productoras de caña de azúcar de Cuba, esta ha presentado inestabilidad en su comportamiento en los diferentes años, con una ligera disminución en las áreas infectadas desde el 2012 al 2015 (Aday-Díaz *et al.*, 2018). El impacto de esta enfermedad dependerá de la susceptibilidad de los cultivares plantados y de las condiciones ambientales.

CONCLUSIONES

Existen diferencias entre los cultivares en el porcentaje de pústulas por cm², donde con más del 25 % del área foliar afectada se encuentran ‘C95-416’, ‘C89-559’, ‘C88-523’, ‘CP52-43’, ‘C86-456’ y ‘C89-147’. El número de pústulas por cm² en las hojas de la caña de azúcar aumenta a medida que se incrementa la edad de las plantas, con los mayores

porcentajes en el período de enero-abril. La caña planta difiere de la soca en cuanto al número de pústulas por centímetro cuadrado y no existen diferencias entre la cantidad de pústulas presentes en la hoja +3 con respecto a la hoja +5.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Javier Delgado Padrón: Conceptualizó y formuló el objetivo de la investigación. Evaluaciones de campo, conformación de las bases de datos. Interpretó los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del manuscrito.

Tania Casero Rodríguez: Búsqueda de la bibliografía y redacción del documento. Revisión crítica del borrador y recomendación de modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo.

Arelis Rodríguez Martínez: Conformación de las referencias bibliográficas, preparación y presentación del trabajo.

Lázaro Pardo Mora: Aplicación de técnicas estadísticas utilizadas para analizar o sintetizar los datos de estudio obtenidos. Redacción del abstract y la revisión final del documento.

BIBLIOGRAFÍA

ADAY-DÍAZ, O. C., ALFONSO, I., GONZÁLEZ, R., *et al.* 2014. Severidad de la roya naranja en cultivares de caña de azúcar infectados en la provincia de Villa Clara. *Fitosanidad*, 18 (3): 143-150.

ADAY-DÍAZ, O. C., ALFONSO, I., RODRÍGUEZ, E., *et al.* 2017. Caracterización de los síntomas de la roya naranja (*Puccinia kuehni* (W. Krüger) E. J. Butler) en cuatro cultivares de caña de azúcar en Cuba. *Centro Agrícola*, 44 (2): 61-67.

ADAY-DÍAZ, O. C., FRANCISCO, J., MUJICA, F. D., *et al.* 2010. Presencia de la roya naranja *Puccinia kuehni* (Krüger) Butler en áreas experimentales de caña central de Cuba. *Fitosanidad*, 14 (2): 83-89.

ADAY-DÍAZ, O. C., MONTALVÁN, J., DELGADO, J., *et al.* 2020. Orange rust disease progress in different plantation cycles of sugarcane. *Sugar Technology*, 22: 1057-1062.

ADAY-DÍAZ, O. C., MONTALVÁN, J., DELGADO, J., *et al.* 2021. Progreso de las enfermedades roya parda y roya naranja de la caña de azúcar en Cuba. *Centro Agrícola*, 48 (3): 60-70.

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

ALFONSO, I., CORNIDE, M. T., SANDOVAL, J., *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.

CHAULAGAIN, B., SMALL, I., SHINE, J. M., *et al.* 2020. Weather-based predictive modelling of orange rust of sugarcane in Florida. *Phytopathology*, 110 (3): 626-632.

CHAVARRÍA, E., BARRANTES, J. C., VILLALOBOS, C. L., *et al.* 2016. Actualización de la reacción a la roya naranja (*Puccinia kuehni*) de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en ciclo de caña planta en Costa Rica. *Entre Cañeros*, (4): 36-52.

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): 10-19.

DELGADO, J., CASERO, T., RODRÍGUEZ, A., *et al.* 2019. Reacción de cultivares de caña de azúcar ante *Puccinia kuehni* durante siete años en Mayabeque. *Protección Vegetal*, 34 (3): 1-9.

FOGAÇA, B., PERUCHI, D. and MOSCHINI, L. E. 2018. Aspectos gerais da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*, 5 (5): 32-47.

GONZÁLEZ, R. M. 2019. *Variedades de Caña de Azúcar Cultivadas en Cuba. Cronología, Legislación, Metodologías y Conceptos Relacionados, 1ra Edición.* ICIDCA, La Habana, Cuba, 216 p.

CHINEA, A., ZAYAS, E. y BRUNER, S. 2019. Inventario de enfermedades de la caña de azúcar en Cuba: tercera etapa. *Cuba & Caña*, 22 (3): 8-14.

HUANG, Y. K., LI, W. F., ZHANG, R. Y., *et al.* 2018. *Color Illustration of Diagnosis and Control for Modern Sugarcane Diseases, Pests, and Weeds.* China Agriculture Press and Springer Nature Singapore, Singapore, 444 p.

MAGAREY, R. C., STAIER, T., BULL, J., *et al.* 2005. The Australian sugarcane orange rust epiphytotic. *Proceeding International Society Sugar Cane Technologists*, 25: 648-654.

- MONTALVÁN, J., ALFONSO, I., RODRÍGUEZ, J., *et al.* 2018. Evaluación de la resistencia a roya parda de la caña de azúcar en Cuba. *Centro Agrícola*, 45 (2): 47-44.
- PÉREZ, J. R., RUFÍN, Y., PÉREZ, Y., *et al.* 2012. 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. *Cuba & Caña*, (1): 35-40.
- PÉREZ, L., MARTÍN, E., BARROSO, F., *et al.* 2010. Definitive identification of orange rust of sugarcane caused by *Puccinia kuehnii* in Cuba. *Plant Pathology*, 59: 804.
- 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: 825-831.
- SELVAKUMAR, R. and VISWANATHAN, R. 2020. Sugarcane rust: changing disease dynamics and its Management. *Journal of Sugarcane Research*, 12: 98-118.
- TAMAYO, M., PUCHADES, Y., LA O, M.L., *et al.* 2014. Caracterización morfológica y morfométrica del organismo causal de la roya naranja de la caña de azúcar. *Cuba & Caña*, (1): 12-16.
- VALDÉS, B., ADAY-DÍAZ, O. C., OCAÑA, B., *et al.* 2016. Caracterización de la respuesta de cultivares de caña de azúcar a la roya naranja en casa de cultivo. *Biotecnología Vegetal*, 16 (1): 21-29.
- VALERIANO, T. T. B., DE SOUZA, G. M., MANICI, L. M., *et al.* 2021. A process-based model to simulate sugarcane orange rust severity from weather data in Southern Brazil. *International Journal of Biometeorology*, 65: 2037-2051.



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