



Severidad de *Colletotrichum falcatum* Went en patrones de resistencia de caña de azúcar en Cuba

Severity of *Colletotrichum falcatum* Went in sugarcane resistance patterns in Cuba

Javier Delgado Padrón*, Francisco Alfonso Rodríguez, Yaquelin Puchades Izaguirre

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Carretera CUJAE Km 1 ½. Boyeros, C.P. 19390. La Habana, Cuba.

RESUMEN: La pudrición roja del tallo es una enfermedad ampliamente distribuida en el mundo y ocasiona grandes pérdidas en las plantaciones cañeras. El objetivo de este trabajo fue determinar la severidad de *Colletotrichum falcatum* en patrones de resistencia de caña de azúcar y su estabilidad ante la enfermedad. Las parcelas se establecieron en el bloque experimental del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar ubicado en Mayabeque en el mes de octubre de los años del 2014 al 2019 con los patrones de resistencia a la enfermedad. La inoculación artificial del hongo se efectuó a los 12 meses de edad en 25 tallos elegidos al azar en cada cultivar. La evaluación se realizó cuatro meses después. Se efectuó análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple y prueba de comparación de medias por Tukey ($p < 0,05$), para comparar los porcentajes de severidad de la enfermedad en los cultivares evaluados y los años; así como una regresión lineal simple para relacionar los porcentajes de severidad de la enfermedad con las precipitaciones, temperaturas máximas, mínimas y medias, así como la humedad relativa ($p < 0,01$). La severidad de la enfermedad mostró diferencias significativas, con un amplio contraste entre el altamente resistente y el altamente susceptible. En los años 2014, 2015 y 2018 se alcanzaron los mayores porcentajes de severidad; aunque tienen poca relación con los valores de las variables meteorológicas estudiadas en este período. Se ratifica a esta época del año como la propicia para la inoculación con *C. falcatum* para evaluar su comportamiento ante la pudrición roja.

Palabras clave: Enfermedad, hongo, pudrición roja, reacción.

ABSTRACT: Red stem rot is a disease widely distributed worldwide and causes significant losses in sugarcane plantations. The objective of this study was to determine the severity of *Colletotrichum falcatum* in sugarcane resistance patterns and their stability against disease. Plots were established in the experimental block of the Sugarcane Research Institute located in Mayabeque from October 2014 to 2019 with the disease resistance patterns. Artificial inoculation of the fungus was carried out at 12 months of age in 25 randomly selected stems of each cultivar. The evaluation was carried out four months later. Simple classification analysis of variance (ANOVA) and Tukey's means comparison test ($p < 0.05$) were performed to compare the percentages of disease severity in the evaluated cultivars and years; as well as a simple linear regression to relate the percentages of disease severity with rainfall, maximum, minimum and average temperatures, as well as relative humidity ($p < 0.01$). The severity of the disease showed significant differences, with a wide contrast between highly resistant and highly susceptible varieties. The highest percentages of severity were reached in 2014, 2015, and 2018; however, these rates bear little relation to the values of the meteorological variables studied during this period. This time of year is confirmed as the most favorable time for inoculation with *C. falcatum* to evaluate its behavior against red rot.

Key words: Disease, fungus, red rot, reaction.

*Autor para correspondencia: javier.delgado@inica.azcuba.cu

Recibido: 02/09/2025

Aceptado: 03/03/2026

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores: **Conceptualización, Metodología:** Javier Delgado Padrón. **Investigación, Supervisión, Curación de datos:** Javier Delgado Padrón, Yaquelin Puchades Izaguirre. **Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición:** Javier Delgado Padrón, Francisco Alfonso Rodríguez.

Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



INTRODUCCIÓN

La pudrición roja del tallo, causada por *Colletotrichum falcatum* Went (estado conidial) [= *Glomerella tucumanensis* (Spegazzini) Von Arx and E. Müller] es una enfermedad ampliamente distribuida donde se cultiva de caña de azúcar (*Sacharum* spp.) en los trópicos (1). En Cuba se encuentra dentro de las enfermedades detectadas desde 1915, con una amplia dispersión en las plantaciones cañeras de las empresas azucareras (2,3).

La enfermedad ocasiona severos daños a las plantas de caña de azúcar (4,5), lo que condiciona el período de vida en la explotación comercial de muchos cultivares élitos de esta gramínea. En el noroeste de Sao Paulo en Brasil se estima el 18,6 % de decrecimiento del rendimiento agrícola por las afectaciones de la pudrición roja en las plantaciones cañeras (6). También influye en la calidad del jugo, disminuyendo el contenido de sacarosa, la pureza, los grados Brix y la azúcar comercial (7).

Los síntomas de la pudrición roja pueden presentarse tanto en las hojas como en los tallos de caña de azúcar (8). En las primeras son de menor importancia: produciendo manchas alargadas en el haz del nervio central, de color rojo intenso al principio que evolucionan después a rojo café (9,10). Las lesiones pueden extenderse por todo el raquis en ambas direcciones del mismo, llegando a ocupar toda la nervadura (11). En los tallos causa un cambio de color de los tejidos internos a rojo con pudriciones secas en los ápices (12,13). La putrefacción en el interior de las plantas se caracteriza por la presencia de bandas blancas transversales en los tejidos infectados por *C. falcatum* (14-16). Además, provoca la decoloración del follaje y de la corteza de los tallos, lo que conlleva a la muerte de las plantas y de los nuevos brotes en el plantón (17,18).

La alta variabilidad genética de *C. falcatum* aumenta la virulencia del hongo en las plantas de caña de azúcar (19,20). Esta situación provoca la pérdida de la resistencia de los cultivares debido a las extensas plantaciones comerciales de esta gramínea que aumentan la exposición a este hongo, lo que pone en riesgo la durabilidad del cultivo (21). Sobre la base de las consideraciones anteriores el manejo de esta enfermedad a través de cultivares resistentes se dificulta (22). Igualmente algunos autores señalan una interacción genotipo-ambiente-patógeno que influye en la incidencia y severidad de la pudrición roja y alertan sobre la erosión de la resistencia en los cultivares comerciales (23,24).

En Pakistán se informa la reacción diferencial de los cultivares ante la pudrición roja en el germoplasma de caña de azúcar y cambios en la severidad de los síntomas (25); mientras indican esta misma situación en clones y cultivares comerciales en la India (26,27). En consecuencia, se hace necesario ratificar la estabilidad del comportamiento de los cultivares ante la enfermedad, por lo que el objetivo de este trabajo es determinar la severidad de *Colletotrichum falcatum* en patrones de resistencia de caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el bloque experimental del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar sobre un suelo Ferralítico Rojo típico (28); ubicado en las coordenadas georreferenciadas latitud norte: 22° 47' 12" y longitud oeste: 82° 23' 13", en el municipio Quivicán, provincia Mayabeque, Cuba.

Los experimentos se establecieron en parcelas formadas por un surco de 7,5 m de longitud y 1,6 m de ancho, sin réplicas. En estos se plantaron los cinco cultivares categorizados como patrones de resistencia a la pudrición roja de la caña de azúcar ('PR980', altamente resistente; 'Ja60-5', resistente; 'My5514', moderadamente resistente; 'B4362', susceptible; y 'C137-81', altamente susceptible) (29) en los meses de octubre de los años del 2014 al 2019. No se realizaron aplicaciones de fertilizantes y solamente se efectuaron tres riegos con normas de 250 m³ ha cada siete días a partir de la plantación para garantizar la brotación de las plantas.

En el tercer entrenudo basal de 25 tallos tomados al azar de cada cultivar a los 13 meses de edad (principio del mes de noviembre) se realizó una perforación con un punzón de 0,2 cm de diámetro y 2,0 cm de profundidad. En el interior del orificio se depositó con una jeringuilla 0,2 mL de una suspensión conidial de concentración 5 x 10⁵ ufc mL⁻¹ de *C. falcatum* procedente de plantas enfermas en condiciones naturales de 'C137-81' del bloque experimental anteriormente mencionado. El inóculo se aisló en placas de Petri en los laboratorios de protección de plantas de las Unidades Empresariales de Base del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar en Camagüe y Santiago de Cuba, de donde se preparó la suspensión conidial con la de concentración anteriormente mencionada.

Tres meses y medio después de realizar la inoculación, se cortaron y se rajaron longitudinalmente los tallos. En la evaluación de los síntomas de la enfermedad se tuvieron los siguientes criterios: coloración; largo y ancho de la lesión; presencia, abundancia y características de las manchas blancas producidas por la infección; número de entrenudos infectados; cogollo verde, amarillo o muerto. La reacción de los cultivares se determinó utilizando la escala que teniendo en cuenta los anteriores criterios señalados (Tabla 1) (17).

La severidad de la enfermedad en los cultivares se determinó teniendo en cuenta la reacción a *C. falcatum* de cada planta inoculada y se calculó según la siguiente expresión matemática (30):

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

Donde:

SE: severidad de la enfermedad.

n: número de tallos infectados por cada grado de la enfermedad.

v: grado de la escala.

i: mayor grado de la escala.

N: total de muestras.

Tabla 1. Escala de evaluación de la resistencia a la pudrición roja de la caña de azúcar

Grados	Categorías	Descripción
1	Altamente resistente (AR)	Coloración rojo intenso u oscuro que ocupa todo el entrenudo inoculado y no pasa a los entrenudos adyacentes. Ausencia de bandas blancas transversales. Cogollos verdes.
2	Resistente (R)	Coloración alargada rojo intenso u oscuro que ocupa todo el entrenudo inoculado y pasa a los adyacentes en forma de bandas anchas. Ausencia de bandas blancas transversales. Cogollos verdes.
3	Moderadamente resistente (MR)	Coloración rojo intenso u oscuro que ocupa todo el entrenudo inoculado y pasa a los adyacentes. Presencia de pequeñas bandas blancas transversales. Cogollos verdes.
4	Susceptible (S)	Coloración rojo intenso u oscuro que ocupa varios entrenudos. Presencia de bandas blancas transversales abundantes y prominentes. Cogollos verdes.
5	Altamente susceptible (AS)	Coloración rojo intenso u oscuro que ocupa varios entrenudos. Presencia de bandas blancas transversales abundantes y prominentes. Entrenudos ahuecados con producción de micelio. Cogollos amarillos o muertos.

Las variables meteorológicas: precipitaciones, temperaturas mínimas, medias y máximas; así como la humedad relativa de los períodos enmarcados entre la inoculación del hongo y la evaluación de la severidad de la enfermedad, fueron recolectadas y procesadas en la Estación Güira de Melena del Instituto Nacional de Meteorología (INSMET) (Tabla 2). La misma se encuentra ubicada a 5 Km del lugar donde se estableció el experimento en el municipio Güira de Melena, provincia Artemisa.

En el procesamiento estadístico se empleó análisis de varianza (ANOVA) de clasificación simple y prueba de comparación de medias por Tukey ($p < 0,05$), para comparar los porcentajes de severidad de la enfermedad en los cultivares evaluados y los años; además se efectuó un análisis de regresión lineal simple para relacionar

los porcentajes de severidad de la enfermedad con las precipitaciones, temperaturas máximas, mínimas y medias, así como la humedad relativa ($p < 0,01$); todo esto con la ayuda del paquete estadístico InfoStat, versión 2015.

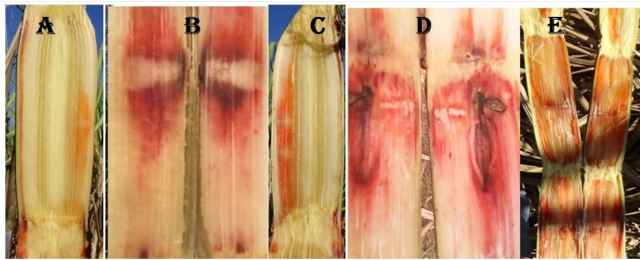
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La suspensión conidial de *C. falcatum* inyectada fue lo suficiente virulenta para producir la enfermedad en los tallos de caña de azúcar inoculados (Figura 1). Los cultivares categorizados como patrones de resistencia a la pudrición roja alcanzaron los grados de infección propuestos para evaluar su resistencia y su estabilidad ante esta enfermedad (29), lo que los ratifica como patrones en cada categoría de la escala.

Tabla 2. Datos meteorológicos tomados de la Estación Güira de Melena

Años	Meses	Temperaturas (°C)			Humedad Relativa (%)	Precipitaciones (mm)
		Mínimas	Máximas	Medias		
2015	Noviembre	21,8	30,9	25,5	80	83
2015	Diciembre	21,4	29,4	24,7	84	54
2016	Enero	18,0	26,2	21,6	81	192
2016	Febrero	16,2	26,5	21,0	75	22
2016	Noviembre	17,4	29,3	23,2	74	0
2016	Diciembre	19,5	29,9	24,5	81	12
2017	Enero	16,7	27,5	22,0	78	6,5
2017	Febrero	19,0	29,4	23,6	77	21
2017	Noviembre	20,0	29,6	24,3	81	169
2017	Diciembre	18,1	27,9	22,5	81	24
2018	Enero	17,4	27,9	22,1	75	94
2018	Febrero	17,3	28,3	17,6	74	22
2018	Noviembre	17,5	30,3	23,5	76	31
2018	Diciembre	17,3	28,4	29,9	79	52
2019	Enero	16,9	26,9	21,6	80	10
2019	Febrero	18,0	29,0	22,3	79	14
2019	Noviembre	19,2	28,1	23,6	79	43
2019	Diciembre	20,6	27,8	24,6	82	12
2020	Enero	17,3	28,5	22,5	73	0
2020	Febrero	16,7	27,8	22,5	75	39
2020	Noviembre	20,4	30,2	25,1	80	55
2020	Diciembre	18,6	28,9	23,3	80	0
2021	Enero	16,8	25,8	21,9	77	31
2021	Febrero	18,4	26,9	22,6	76	5

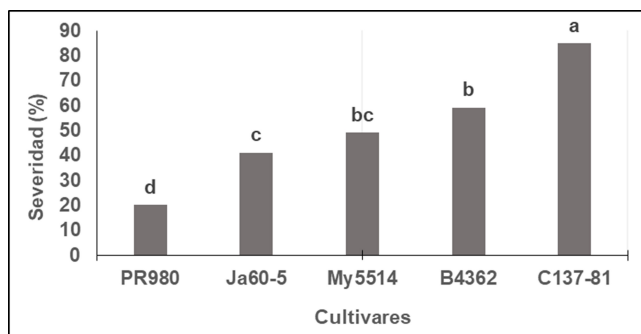
Fuente: Elaborada por INSMET (Estación Güira de Melena)



Grados de infección causada por *C. falcatum* en tallos de caña de azúcar. A, grado 1; B, grado 2; C, grado 3; D, grado 4; E, grado 5

Figura 1. Síntomas de pudrición roja en los tallos del cultivar 'C137-81' altamente susceptible a la enfermedad

Existen diferencias significativas en los porcentajes de la severidad de la enfermedad en cada cultivar categorizado como patrón de resistencia a la pudrición roja ($p \leq 0,05$) (Figura 2). La misma fluctuó desde 20 hasta el 100 %; en 'PR980' fue de 20 %, en 'Ja60-5' osciló desde 34 hasta 52 %, en 'My5514' de 38 al 58 %, en 'B4362' estuvo del 42 al 70 % y en 'C137-81' se movió desde el 70 al 100 %.



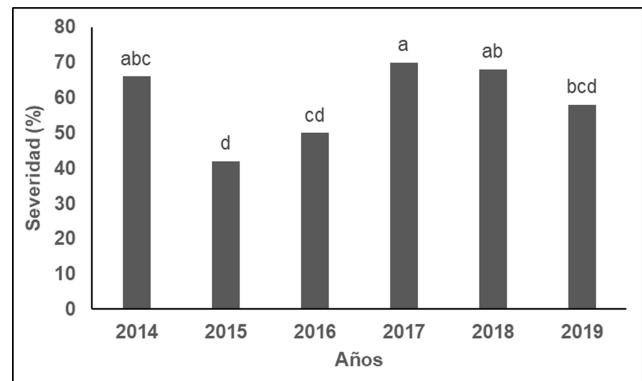
Letras desiguales difieren significativamente según prueba de comparación de medias por Tukey ($p < 0,05$)

Figura 2. Porcentajes de severidad promedio de la pudrición roja en cada cultivar evaluado en los seis años de estudio (2014 al 2019)

Los porcentajes de severidad promedio de *C. falcatum* en los cultivares empleados como patrones de resistencia mostraron diferencias significativas en los años de estudio ($p \leq 0,05$) (Figura 3). Los mayores valores se alcanzaron en 2014, 2015 y 2018 con una gran disminución en 2015 y 2016.

Los porcentajes de severidad promedios de la pudrición roja tienen poca relación con los valores de las precipitaciones (Figura 4), temperaturas mínimas (Figura 5), medias (Figura 6) y máximas (Figura 7); así como la humedad relativa en el período evaluado (2014-2019) (Figura 8). Esta situación pudiera estar relacionada con los estrechos rangos de variación de las variables meteorológicas en los meses transcurridos entre la infección del hongo y la evaluación de los síntomas en las plantas. Estos resultados corroboran a esta época del año como la propicia para la inoculación de *C. falcatum* en tallos

de caña de azúcar para evaluar su comportamiento ante esta enfermedad.



Letras desiguales difieren significativamente según prueba de comparación de medias por Tukey ($p < 0,05$)

Figura 3. Porcentajes de severidad promedio de la pudrición roja en cada año de estudio de los cultivares empleados como patrones de resistencia a esta enfermedad

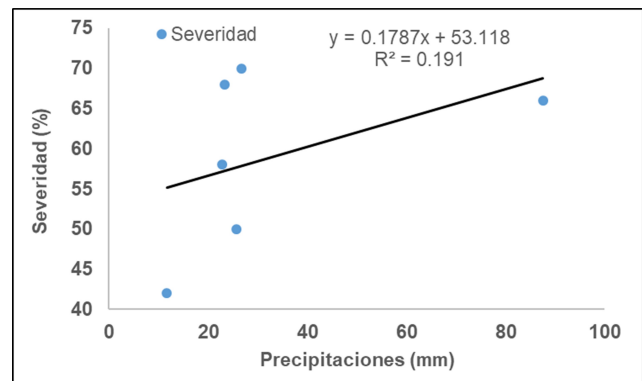


Figura 4. Relación entre la severidad promedio de la pudrición roja en los cultivares empleados como patrones de resistencia a *C. falcatum* y las precipitaciones, según análisis de regresión lineal simple ($p < 0,01$)

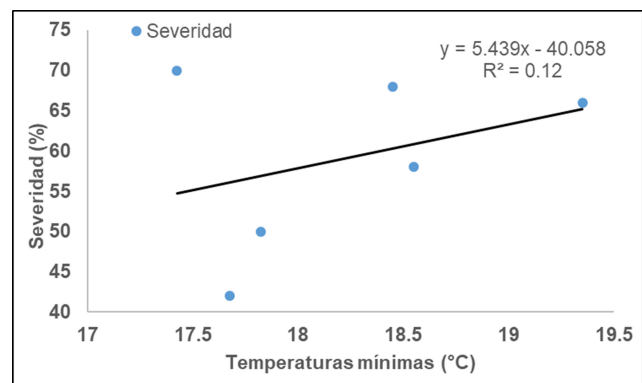


Figura 5. Relación entre la severidad promedio de la pudrición roja en los cultivares empleados como patrones de resistencia a *C. falcatum* y las temperaturas mínimas, según análisis de regresión lineal simple ($p < 0,01$)

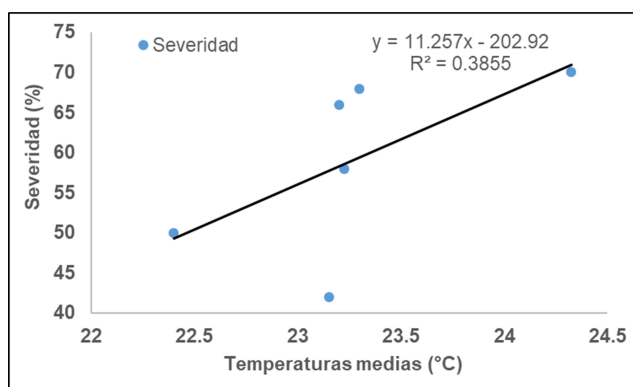


Figura 6. Relación entre la severidad promedio de la pudrición roja en los cultivares empleados como patrones de resistencia a *C. falcatum* y las temperaturas medias, según análisis de regresión lineal simple ($p < 0,01$)

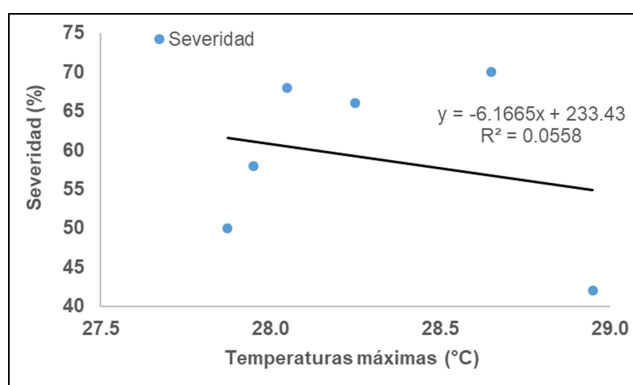


Figura 7. Relación entre la severidad promedio de la pudrición roja en los cultivares empleados como patrones de resistencia a *C. falcatum* y las temperaturas máximas, según análisis de regresión lineal simple ($p < 0,01$)

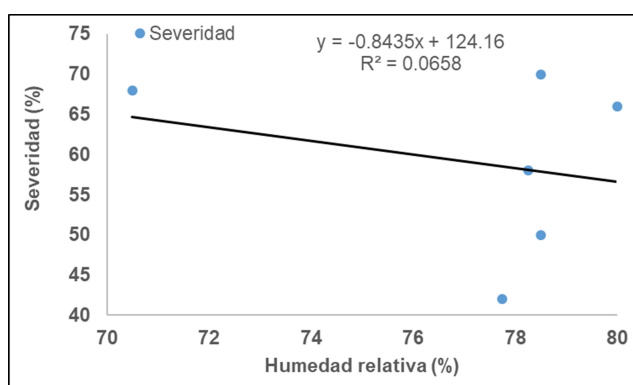


Figura 8. Relación entre la severidad promedio de la pudrición roja en los cultivares empleados como patrones de resistencia a *C. falcatum* y la humedad relativa, según análisis de regresión lineal simple ($p < 0,01$)

Existen diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de severidad promedio de *C. falcatum* alcanzados en los cultivares empleados como patrones de

resistencia a la pudrición roja en los períodos evaluados a pesar de que estos experimentos estuvieron poco influenciados por los valores de las variables meteorológicas. Sin embargo, en estudios efectuados en plantaciones comerciales de caña de azúcar se evidenció la influencia de la temperatura mínima entre 25,8 y 26,4 °C, humedad relativa en el rango de 70 a 90 % y las precipitaciones superiores a 30 mm mensualmente en el aumento de la incidencia de esta enfermedad (31).

En efecto, las precipitaciones y la humedad relativa son factores que favorecen las condiciones para el desarrollo de la pudrición roja y que los porcentajes de incidencia más altos de esta enfermedad se detectaron en las regiones donde estos anualmente alcanzaron los valores más altos, 4387 mm y 85 % respectivamente (32). También se informa el papel vital de las variables meteorológicas, particularmente las precipitaciones y las temperaturas en el desarrollo de *C. falcatum* al aumentar la severidad de la infección con temperaturas entre 23 y 24 °C (mínima), 34 y 37 °C (máxima), y un alto régimen pluviométrico (33,34).

Las precipitaciones favorecen la diseminación e infección del hongo en las plantas; mientras que las temperaturas más propicias para el desarrollo de la enfermedad están entre los 29 y 31 °C, con valores de humedad relativa superiores al 85 % (35). En este sentido (36) señalan que las temperaturas mínimas para que se produzca la infección por *C. falcatum* son 15 °C, mientras que la óptima es de 30 °C.

CONCLUSIONES

- La severidad de la pudrición roja en los cultivares empleados como patrones de resistencia a *C. falcatum* mostró diferencias significativas ($p \leq 0,05$), con un amplio contraste entre el altamente resistente y el altamente susceptible.
- Los años en que los cultivares utilizados como patrones de resistencia a *C. falcatum* alcanzaron los mayores porcentajes de severidad promedios de la pudrición roja fueron 2014, 2015 y 2018.
- Los porcentajes de severidad promedios de la pudrición roja en los cultivares están poco relacionados con los valores de las temperaturas mínimas, medias y máximas; así como con las precipitaciones y la humedad relativa en el período evaluado de los años del 2014 al 2019.

AGRADECIMIENTOS

A los investigadores, especialistas y técnicos de los laboratorios de las Unidades Empresariales de Base del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Camagüey y Santiago de Cuba, quienes aislaron y reprodujeron el hongo causante de la pudrición roja para realizar las inoculaciones del mismo en los cultivares estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

1. Olahan GS, Fatoba PO, Balogun OS. Incidence of smut and red rot diseases of sugarcane in southern part of niger state, north central Nigeria. Science World Journal. 2021; 15(2): 73-75. ISSN: 1597-6343. Available from: <https://www.google.com>
2. China A, Zayas E, Bruner S. Inventario de enfermedades de la caña de azúcar en Cuba: tercera etapa. Revista Cuba & Caña. 2019;22(3):8-14. ISSN: 1028-6527. Available from: <https://scholar.google.com>
3. Mayorga SA, Centeno SP, Toapanta OG, Haro YE. Efecto de *Colletotrichum falcatum* en los parámetros productivos de caña de azúcar, revisión integral y estrategias de manejo. Polo del Conocimiento. 2025; 10(7): 280-301. Available from: <https://doi.org/10.23857/pc.v10i7.9889>.
4. Kurian JA, Jehani M, Mohamed JM, Vaja S. Assessment and management of diverse isolates of *Colletotrichum falcatum* associated with red rot disease in sugarcane. International Journal of Research in Agronomy. 2024; 7(7): 417-425. Available from: <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i7e.1062>.
5. Ann J, Syafawati J, Mohd SRA, Edwina J, Ali H, Shah MR. Mitigating the repercussions of climate change on diseases affecting important crop commodities in Southeast Asia, for food security and environmental sustainability-A review. Frontiers in Sustainable Food Systems. 2023; 6.: 1-23. Available from: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1030540>.
6. Viswanathan R. Changing scenario of sugarcane diseases in India since introduction of hybrid cane varieties: Path travelled for a century. Journal of Sugarcane Research. 2018; 8(1): 1-35. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/304572467>.
7. Silva TC, Moreira SI, Felizardo LM, Martins RM, Suzuki AN, Faria, et al. Dry rot Caused by the complex *Colletotrichum falcatum* and *Thielaviopsis paradoxa* emerges as a key stalk disorder in newly expanded sugarcane plantations from northwestern São Paulo, Brazil. Agronomy. 2023; 13 (2729): 1-20. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy13112729>.
8. Ahmad Z, Asad M, Fatima A, Gul S, Tabassum S, Ismat B, et al. Molecular diagnosis of red rot of sugarcane in Pakistan and in vitro control of isolated pathogen using rhizobacteria. Plant Protection Science. 2023; 59(2): 124-133. Available from: <https://doi.org/10.17221/45/2022-PPS>.
9. Romero JV, Diaz AE. Recomendaciones tecnológicas para el mejoramiento del sistema productivo de caña de azúcar para panela en el occidente de Nariño. Mosquera. Agrosavia. 2022. ISBN: 978-958-740-618-4. Available from: <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/book/310>
10. Jernisha J, Poorniammal R, Sivakumar U, Harish S, Sethuraman K. Plant growth promoting microorganisms and emerging biotechnological approaches for sugarcane disease management. Journal of Pure and Applied Microbiology. 2024; 8(4): 2205-2217. Available from: <https://doi.org/10.22207/JPAM.18.4.27>.
11. Jernisha J, Poorniammal R, Sivakumar U, Harish S, Sethuraman K. Plant growth promoting microorganisms and emerging biotechnological approaches for sugarcane disease management. Journal of Pure and Applied Microbiology. 2024; 18(4): 2205-2217. Available from: <https://doi.org/10.22207/JPAM.18.4.27>.
12. Riaz S, Mustafa G, Khan MS, Abbas MA. Exploring mycoparasitic potential of indigenous *Trichoderma* strains for the effective control of red rot disease in sugarcane. Asian J Agric & Biol. 2025; 1: 1-9. Available from: <https://doi.org/10.35495/ajab.2024.136>.
13. Abdallah A, Batista JA, Maced N. *Colletotrichum falcatum* e complexo de espécies de *Fusarium* spp. na cana-de-açúcar: caracterização das doenças e estratégias de controle. Revista Caderno Pedagógico. 2024; 21(5): 1-21. Available from: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n5-134>.
14. Magarey R. Field guide diseases of australian sugarcane. Australia. Sugar Research Australia Limited. 2022. ISBN: 978-0-949678-43-0. Available from: <https://scholar.google.com>
15. Silva FR, Resende MLV, Ferreira LC, Adesina O, Xavier KV. Molecular characterization and pathogenicity of *Colletotrichum falcatum* causing red rot on sugarcane in Southern Florida. Journal Fungi. 2024; 10(742): 1-18. Available from: <https://doi.org/10.3390/jof10110742>.
16. Sharma AS, Kalia A, Sharma A, Sidhu MS, Sanghera GS, Chhabra G, et al. Expression of *Trichoderma* spp. endochitinase gene improves red rot disease resistance in transgenic sugarcane. PLOS ONE. 2024; 19(9): 1-21. Available from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310306>.
17. Viswanathan R. Red rot of sugarcane (*Colletotrichum falcatum* Went). CAB Reviews. 2021a; 16(23): 1-57. Available from: <https://doi.org/10.1079/PAVSNNR202116023>.
18. Thineshkumar J1, Surendran1 K, IndianrajN. Recent advances in control of red rot in sugarcane-An overview. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology. 2023; 3(2): 193-196. Available from: <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-8378193>.
19. Hossain MI, Ahmad K, Vadmalalai G, Siddiqui Y, Saad N, Ahmed OH, et al. Phylogenetic analysis and genetic diversity of *Colletotrichum falcatum* isolates causing sugarcane red rot disease in Bangladesh. Biology. 2021; 10: 862. Available from: <https://doi.org/10.3390/biology10090862>.
20. Cavalcanti FE, Santos MJ, Silva JM, Silva JRA, Costa JF, Feijó FM, et al. *Colletotrichum* species associated with sugarcane red rot in Brazil. Fungal Biology. 2022; 126(4): 290-299. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.02.002>.
21. Cursi DE, Hoffmann HP, Barbosa GVS, Bressiani JA, Gazaffi R, Chapola RG, et al. History and current status of sugarcane breeding, germplasm development and molecular genetics in Brazil. Sugar Technology. 2021; 24(1): 112-133. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12355-021-00951-1>.

22. Hossain MI, Ahmad K, Siddiqui Y, Saad N, Rahman Z, Haruna AO, *et al.* Current and prospective strategies on detecting and managing *Colletotrichum falcatum* causing red rot of sugarcane. *Agronomy*. 2020; 10(1253):1-19. Available from: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091253>.
23. Ul-Hassan M, Walayat HM, Akhlaq M, Shahzad M, Yasin M, Muzaffar M, *et al.* Evaluation of new sugarcane genotypes for biometric traits, resistance to red rot and borers complex under agro-climatic conditions of Faisalabad, Pakistan. *International Journal of Agriculture & Bbiology*. 2020; 23(3): 623-629. ISSN: 1560-8530. Available from: <https://www.google.com>
24. Viswanathan R. Sustainable sugarcane cultivation in India through threats of red rot by varietal management. *Sugar Technology*. 2021b; 23: 239-253. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00882-3>.
25. Khan HMWA, Ul-Hassan M, Mudassir MA, Afzal MS, Yasin M, Ahmad MF, *et al.* Resistance to red rot disease (*Colletotrichum falcatum*) varies among different germplasm sources of sugarcane. *International Journal of Agriculture & Biology*. 2021; 25(2): 381-387. Available from: <https://www.google.com>
26. Mahata G, Sardar S. Evaluation of elite sugarcane clones/varieties against red rot disease (*Colletotrichum falcatum*) and their suitability in crop improvement programme. *Agricultural Science and Technology*. 2022; 14(1): 28-33. Available from: <https://doi.org/10.15547/ast.2022.01.004>.
27. Ravichandran V, Ganapathy S, Shanmuganathan M, Jayakumar J, Gayathry G, Saravanan PA, *et al.* Resistance of sugarcane clones (*Saccharum* spp.) to red rot disease (*Colletotrichum falcatum* Went) and analysis of resistant clone by FTIR. *International Journal of Plant & Soil Science*. 2023; 35(18): 1250-1256. Available from: <https://www.google.com>
28. Hernández A, Pérez JM, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba. La Habana. INCA-IS. 2015. Available from: <https://www.google.com>
29. Alfonso F, Montalván J, Casero T, Delgado J. Adecuación del sistema evaluativo de la resistencia a la pudrición roja del tallo de la caña de azúcar (*Colletotrichum falcatum* Went) en el programa de mejora de la caña de azúcar. *Revista Cuba & Caña*. 2016; 19(1): 1-4. ISSN: 1028-6527. Available from: <https://www.cuba-cane.inica.azcuba.cu/index.php/cyc/article/view/66>
30. Townsend GR, Heuberger JV. Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Report*, 1943; 24: 340-343. Available from: <https://www.scirp.org/reference..>
31. Dubey S, Minnatullah MD, Maurya S, Chaudhary CS, Singh SP, Kumar B. Effect of weather parameters on incidence of red rot disease in sugarcane. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2020; 9(2): 1053-1055. Available from: <https://www.google.com>
32. Martínez IE, Perdomo LT, Sterling A, Hoyos JD. Intensidad de los síntomas de las principales patologías foliares presentes en 10 variedades de caña panelera (*Saccharum* spp) en dos zonas agroecológicas del Departamento de Caquetá (2019). *Scientia et Technica*. 2021; 26(3): 343-352. ISSN: 0122-1701. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=74259545>
33. Viswanathan R, Selvakumar R, Manivannan K, Nithyanantham R, Kaverinathan K. Behaviour of soil borne inoculum of *Colletotrichum falcatum* in causing red rot in sugarcane varieties with varying disease resistance. *Sugar Technology*. 2020; 22(3): 485-497. Available from: <https://doi.org/10.1007/s12355-020-00800-7>.
34. Atiq M, Akram A, Ahmed N, Nawaz A, Usman M, Jabbar A, *et al.* Management tactics towards red rot; cancer of sugarcane-a review. *Journal of Xi'an Shiyou University, Natural Science Edition*. 2023; 19(06): 263-281. ISSN: 1673-064X. Available from: <https://www.xisdxj-su.asia/viewarticle.php?aid=2360>
35. Shukla P, Kumarm A, Kumarm M, Raghuvanshi HR, Kumar A, Mishra PK. Red rot disease (*Colletotrichum falcatum*) of sugarcane and their integrated management. *Just Agriculture*. 2022; 3(4): 1-4. ISSN: 2582-8223. Available from: <https://justagriculture.in>
36. Salotti I, Ji T, Rossi V. Temperature requirements of *Colletotrichum* spp. belonging to different clades. *Frontiers in Plant Science*. 2022; 13: 1-20. Available from: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.953760>.