

Ensayo de Investigación

Influencia de variables meteorológicas en el desarrollo de la infección por *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E. J. Butler en Mayabeque

Recibido: 03-11-2020 Aceptado: 10-02-2022 (Artículo Arbitrado)

Resumen

El objetivo de este trabajo es establecer la influencia de algunas variables meteorológicas en el desarrollo de la infección por *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler en Mayabeque. El estudio se realizó en el bloque experimental de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Mayabeque-Artemisa durante los meses de julio del 2013 y enero del 2018. Las evaluaciones se realizaron mensualmente durante caña planta y retoño, desde los dos hasta los nueve meses de edad. Estas evaluaciones se efectuaron en una estación de muestreo de 2 cm² en las hojas +3 y +5 de 10 plantas al azar. Se calculó el porcentaje de pustulas por centímetro cuadrado de cada hoja; además se estimó el área foliar afectada y la severidad de la enfermedad. Los porcentajes de severidad se relacionaron con las precipitaciones, temperaturas máximas, mínimas y medias, así como la humedad relativa mediante un análisis de regresión lineal simple. Los mayores porcentajes de severidad promedio en el período evaluado lo manifestaron nueve cultivares; estando asociada negativamente con las precipitaciones, las temperaturas mínimas medias; y positivamente con las temperaturas máximas y la humedad relativa.

Javier Delgado Padrón*
Arelis Rodríguez Martínez
Lázaro Pardo Mora

Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA)

Correspondencia:
*yusnel.rivero@inica.azcuba.cu

Abstract

The objective of this work is to establish the influence of some meteorological variables in the development of *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler infection in Mayabeque. The study has been made in the experimental block of the Territorial Research Station of the Sugar Cane Mayabeque-Artemisa during the months of July 2013 and January 2018. The evaluations were carried out monthly during plant and ratoon cane, from two to new months old. These evaluations were carried out in a sampling station of 2 cm² in leaves +3 and +5 of 10 random plants. The percentage of pustules per square centimeter of each leaf was calculated; In addition, the affected leaf area and the severity of the disease were estimated. The severity percentages were related to rainfall, maximum, minimum and average temperatures, as well as relative humidity through a simple linear regression analysis. The highest percentages of average severity in the evaluated period were manifested by nine cultivars; being negatively associated with rainfall, mean minimum temperatures; and positively with maximum temperatures and relative humidity.

Palabras clave: Caña de azúcar, cultivares, enfermedad, roya naranja, severidad.
Keywords: Sugar cane, cultivars, disease, orange rust, severity
Mots-clés: Canne à sucre, cultivars, maladie, rouille orangée, sévérité.

Résumé

L'objectif de ce travail est d'établir l'influence de certaines variables météorologiques dans le développement de l'infection par *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler en Mayabeque. L'étude a été réalisée dans le bloc expérimental de la station de recherche territoriale de la canne à sucre Mayabeque-Artemisa au cours des mois de juillet 2013 et janvier 2018. Les évaluations ont été effectuées mensuellement pendant la plantation et la pousse de la canne, de deux à neuf mois. Ces évaluations ont été réalisées dans une station d'échantillonnage de 2 cm² sur les feuilles +3 et +5 de 10 plantes aléatoires. Le pourcentage de pustules par centimètre carré de chaque feuille a été calculé ; De plus, la surface foliaire affectée et la gravité de la maladie ont été estimées. Les pourcentages de sévérité étaient liés aux précipitations, aux températures maximales, minimales et moyennes, ainsi qu'à l'humidité relative par une simple analyse de régression linéaire. Les pourcentages de sévérité moyens les plus élevés au cours de la période évaluée ont été présentés par neuf cultivars; étant négativement associés aux précipitations, les températures minimales moyennes ; et positivement avec les températures maximales et l'humidité relative.

Introducción

La roya naranja causada por el hongo *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler es una enfermedad emergente (Comstock et al., 2015) y en correspondencia con el peligro potencial que representa, desde el año 2009 en Cuba se estableció la vigilancia fitosanitaria sobre la dispersión e incidencia de la enfermedad en las áreas cañeras del país, registrando que durante los últimos dos años se ha incrementado el número de cul-

tivares infectados. Esta enfermedad se encuentra en todas las provincias productoras de caña de azúcar del país. Su distribución en el territorio nacional es de baja prevalencia, sin embargo, constituye un peligro potencial por los cultivares comerciales infectados (Aday et al., 2018). Para Chavarría et al. (2016), esta enfermedad está muy relacionada con las condiciones propias de producción, del sitio de plantación y de la interacción cultivar-patógeno con una fuerte influencia del ambiente.

Aunque la roya naranja no constituye por el momento una enfermedad principal en Cuba, es necesario desarrollar estudios que brinden mayor conocimiento sobre la resistencia, y que permitan mejorar las estrategias de prevención y control (Valdés et al., 2016). El objetivo de este trabajo es establecer la influencia de variables meteorológicas en el desarrollo de la infección por *Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E.J. Butler en Mayabeque.

Materiales y Métodos

El estudio 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° 23' 13'', municipio Quivicán, provincia Mayabeque, Cuba.

Se plantaron dos experimentos en bloques al azar utilizando como fuente de inóculo de la enfermedad al cultivar C89-147, altamente susceptible a la misma, determinado por la proliferación y cobertura con pústulas de *P. kuehnii* en el área foliar. Este cultivar se estableció cada dos surcos y bordeando el estudio, lo que permitió incrementar la presión de inoculo del agente patógeno. De cada individuo se plantó una parcela de un surco de seis metros de longitud al azar en dos réplicas, separadas por un pasillo de tres metros.

Un experimento se estableció en julio del año 2013 con 44 cultivares (ver la Tabla 1); se cosechó en abril del 2014 como caña planta y en este mismo mes del 2015 como retoño (soca). El otro se plantó en septiembre del año 2015 con 41 cultivares (ver la Tabla 2); y se cosechó en marzo del 2017 en caña planta y en enero del 2018 como retoño (soca).

Las evaluaciones del número y longitud de las pústulas se realizaron mensualmente durante caña planta y retoño, desde los dos hasta los nueve meses

de edad. Las mismas se efectuaron en una estación de muestreo de 2 cm² (Montalván et al., 2018), en las hojas +3 y +5 (Aday et al., 2017) según nomenclatura de Kuijper (Dillewijn, 1952), de 10 plantas al azar.

El porcentaje de pústulas por centímetro cuadrado en la superficie abaxial de cada hoja se calculó por la expresión matemática (1) propuesta por Montalván et al. (2018) para la evaluación de la roya parda y modificada para esta enfermedad.

$$\text{Pústulas/cm}^2 (\%) = (\text{CPUST} \times \text{LPUST} \times 0.42 / 2) \quad (1)$$

Donde Pústulas/cm² (%) es el área ocupada por las pústulas en cada cm², CPUST es el número de pústulas en 2 cm², LPUST es la longitud de la pústula más frecuente en la muestra en mm, 0.42 es el ancho medio de la pústula en mm (Aday et al., 2017).

El área foliar afectada se estimó mediante el uso del porcentaje de pústulas/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 %).

La severidad de la enfermedad en cada cultivar fue determinada según la expresión matemática (2) propuesta por Townsend y Heuberger (1943).

$$SE = \left(\frac{\sum n \cdot v}{i \cdot N} \right) \times 100 \quad (2)$$

Donde SE es la severidad de la enfermedad, n es el número de tallos infectados por cada grado de la enfermedad, v es el grado de la escala, i mayor grado de la escala, N es el total de muestras.

Las variables meteorológicas: precipitaciones, temperaturas máximas, medias y mínimas; así como la humedad relativa, fueron recolectados y procesados en la Estación Güira de Melena del Instituto Nacional de Meteorología (INSMET); la misma se encuentra ubicada en el municipio Güira de Melena, provincia Artemisa (ver la Tabla 3).

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 ($p \leq 0.01$); todo esto con la ayuda del paquete estadístico STATISTICA versión 8.0.

Tabla 1. Cultivares plantados en el experimento establecido en julio del año 2013.

| Cultivares comerciales | | | | Progenitores | Cultivares testigos |
|------------------------|---------|---------|-----------|--------------|---------------------------------|
| B78505 | C86-156 | C90-105 | C99-128 | CB44-52 | C132-81 (resistente) |
| B80250 | C86-165 | C90-317 | C120-78 | C86-251 | C87-51 (intermedio) |
| Co997 | C86-456 | C90-469 | C137-81 | C88-356 | PR980 (susceptible) |
| CP52-43 | C86-503 | C90-530 | C323-68 | C88-523 | C89-147 (altamente susceptible) |
| C85-1 | C88-380 | C92-325 | C1051-73 | C89-559 | |
| C85-102 | C89-148 | C95-416 | SP70-1284 | C266-70 | |
| C86-12 | C89-161 | C97-445 | | C334-64 | |
| C86-56 | C89-176 | C98-128 | | Ja64-11 | |

Tabla 2. Cultivares plantados en el experimento establecido en septiembre del año 2015.

| Cultivares comerciales | | | Progenitores | Cultivares testigos |
|------------------------|---------|-----------|--------------|---------------------------------|
| B7274 | C86-56 | C90-469 | Co213 | C132-81 (resistente) |
| B77418 | C86-156 | C90-530 | CP72-2086 | C87-51 (intermedio) |
| B78505 | C86-165 | C92-524 | C88-356 | PR980 (susceptible) |
| B80250 | C86-456 | C95-414 | C88-523 | C89-147 (altamente susceptible) |
| Co997 | C86-503 | C95-416 | C89-559 | |
| CP52-43 | C88-380 | C120-78 | C266-70 | |
| C02-319 | C89-148 | C137-81 | C334-64 | |
| C85-1 | C89-176 | C1051-73 | Ja64-11 | |
| C85-102 | C90-105 | SP70-1284 | Q124 | |
| C86-12 | | | | |

Tabla 3. Datos meteorológicos tomados de la Estación Güira de Melena

| Años | Meses | Precipitaciones (mm) | Temperaturas (°C) | | | Humedad Relativa (%) |
|------|------------|----------------------|-------------------|---------|--------|----------------------|
| | | | Máximas | Mínimas | Medias | |
| 2013 | Julio | 320.0 | 31.9 | 22.9 | 26.5 | 81 |
| 2013 | Agosto | 112.0 | 32.8 | 23.2 | 27.1 | 80 |
| 2013 | Septiembre | 143.0 | 31.9 | 23.2 | 26.6 | 81 |
| 2013 | Octubre | 76.0 | 31.8 | 22.4 | 26.2 | 78 |
| 2013 | Noviembre | 52.0 | 30.3 | 21.1 | 25.0 | 79 |
| 2014 | Diciembre | 38.0 | 29.4 | 20.4 | 24.1 | 80 |
| 2014 | Enero | 9.0 | 27.2 | 16.9 | 21.6 | 78 |
| 2014 | Febrero | 87.5 | 29.7 | 18.8 | 23.6 | 77 |
| 2014 | Marzo | 73.5 | 29.3 | 18.1 | 23.4 | 75 |
| 2014 | Abril | 56.5 | 30.6 | 19.7 | 24.9 | 73 |
| 2014 | Mayo | 119 | 31.9 | 22.0 | 26.2 | 72 |
| 2014 | Junio | 358 | 32.3 | 22.4 | 26.5 | 79 |
| 2014 | Julio | 113 | 33.4 | 23.1 | 27.3 | 78 |
| 2014 | Agosto | 103 | 33.8 | 23.6 | 27.8 | 76 |
| 2014 | Septiembre | 149 | 32.7 | 22.8 | 26.8 | 79 |
| 2014 | Octubre | 114 | 31.5 | 21.5 | 25.6 | 78 |
| 2014 | Noviembre | 64 | 28.2 | 17.5 | 22.7 | 77 |
| 2014 | Diciembre | 42.5 | 27.6 | 16.0 | 21.6 | 78 |
| 2015 | Enero | 26.0 | 28.2 | 16.7 | 21.9 | 79 |
| 2015 | Febrero | 31.0 | 26.8 | 15.2 | 20.8 | 75 |
| 2015 | Marzo | 0 | 31.0 | 19.2 | 24.7 | 70 |
| 2015 | Abril | 93.0 | 32.2 | 21.7 | 26.8 | 71 |
| 2015 | Mayo | 261.0 | 32.1 | 21.2 | 26.0 | 74 |
| 2015 | Junio | 161.0 | 32.6 | 22.8 | 27.0 | 78 |
| 2015 | Julio | 225.0 | 34.0 | 23.3 | 27.4 | 77 |

Tabla 3. Datos meteorológicos tomados de la Estación Güira de Melena (*Continuación*)

| Años | Meses | Precipitaciones (mm) | Temperaturas (°C) | | | Humedad Relativa (%) |
|------|------------|----------------------|-------------------|---------|--------|----------------------|
| | | | Máximas | Mínimas | Medias | |
| 2015 | Agosto | 238.0 | 33.7 | 23.8 | 27.5 | 79 |
| 2015 | Septiembre | 228 | 33.1 | 23.7 | 27.1 | 83 |
| 2015 | Octubre | 41 | 31.7 | 22.5 | 26.4 | 79 |
| 2015 | Noviembre | 83 | 30.9 | 21.8 | 25.5 | 80 |
| 2015 | Diciembre | 53.5 | 29.4 | 21.4 | 24.7 | 84 |
| 2016 | Enero | 192 | 26.2 | 18.0 | 21.6 | 81 |
| 2016 | Febrero | 21.5 | 26.5 | 16.2 | 21.0 | 75 |
| 2016 | Marzo | 40 | 29.7 | 19.4 | 24.0 | 75 |
| 2016 | Abril | 76.5 | 30.5 | 19.6 | 24.8 | 72 |
| 2016 | Mayo | 109 | 31.9 | 21.5 | 26.4 | 73 |
| 2016 | Junio | 276.5 | 32.1 | 23.2 | 27.1 | 81 |
| 2016 | Julio | 189 | 33.4 | 23.3 | 27.6 | 78 |
| 2016 | Agosto | 429 | 32.6 | 23.7 | 27.4 | 82 |
| 2016 | Septiembre | 295 | 32.6 | 23.6 | 27.0 | 83 |
| 2016 | Octubre | 37 | 30.9 | 21.4 | 25.7 | 80 |
| 2016 | Noviembre | 0 | 29.3 | 17.4 | 23.2 | 74 |
| 2016 | Diciembre | 11.5 | 29.9 | 19.5 | 24.5 | 81 |
| 2017 | Enero | 65.5 | 27.5 | 16.7 | 22.0 | 78 |
| 2017 | Febrero | 28.5 | 29.1 | 17.1 | 22.9 | 78 |
| 2017 | Marzo | 0 | 29.0 | 17.1 | 22.9 | 69 |
| 2017 | Abril | 141.5 | 30.7 | 20.1 | 25.0 | 73 |
| 2017 | Mayo | 165 | 31.2 | 21.5 | 26.4 | 75 |
| 2017 | Junio | 335.5 | 32.0 | 23.4 | 27.3 | 79 |
| 2017 | Julio | 260 | 33.5 | 22.8 | 27.1 | 81 |
| 2017 | Agosto | 328.5 | 33.1 | 23.6 | 27.6 | 80 |
| 2017 | Septiembre | 210 | 32.0 | 23.1 | 26.8 | 83 |
| 2017 | Octubre | 151 | 30.3 | 21.6 | 25.3 | 83 |
| 2017 | Noviembre | 67 | 28.9 | 19.0 | 23.5 | 80 |
| 2017 | Diciembre | 14.5 | 27.9 | 16.7 | 21.9 | 79 |

Resultados y discusión

Los mayores porcentajes de severidad promedio en el período evaluado lo manifestaron los cultivares C95-416, C86-456, C89-559, C88-523 y C89-147 en el experimento plantado en julio del año 2013 y los cultivares B7274, Co213, C95-416, C95-414, C89-147, C89-559, C88-523 y C85-1 en el experimento plantado en septiembre del año 2015 (ver las Tablas 4 y 5).

Los cultivares B78505, B80250, CB44-52, C85-102, C86-12, C86-56, C86-156, C86-165, C86-251, C88-356, C88-380, C89-161, C89-176, C90-317, C90-469, C92-325, C97-445, C98-128, C99-128, C120-78, C132-81, C137-81, C266-70, C323-68, C334-64, C1051-73 y SP70-1284 en el experimento plantado en julio del año 2013 no presentaron síntomas de la enfermedad; al igual que B78505, B80250, C02-319, C85-102, C86-56, C86-156, C86-165, C86-456, C88-356, C88-380, C89-148,

C89-176, C90-105, C90-469, C92-524, C120-78, C132-81, C137-81, C334-64, C1051-73 y Q124 plantados en septiembre del año 2015.

La variación del comportamiento de los cultivares ante la enfermedad puede estar relacionado con la susceptibilidad de los individuos estudiados en cada etapa y las condiciones ambientales en esta localidad; ello indica una expresión diferencial en la interacción hospedante-patógeno-ambiente y la importancia del clima en el desarrollo del patógeno en la caña de azúcar; lo cual es ratificado por Delgado et al. (2019), en estudios efectuados durante siete años (2012-2018) en Mayabeque, donde no se detectó la presencia de la roya naranja en nueve cultivares de los aquí analizados (B78503, B80250, C86-56, C88-380, C90-469, C132-81, C137-81, C334-64 y C1051-73),

Tabla 4. Severidad promedio de la roya naranja en los cultivares plantados en julio del año 2013.

| Cultivares | Severidad (%) | Cultivares | Severidad (%) | Cultivares | Severidad (%) | Cultivares | Severidad (%) |
|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| C95-416 | 28.16 | C90-105 | 22.47 | PR980 | 21.16 | C90-530 | 20.19 |
| C86-456 | 26.78 | B77418 | 22.21 | B7274 | 20.91 | Co997 | 20.16 |
| C89-559 | 26.28 | CP52-43 | 21.91 | Ja64-11 | 20.72 | C86-503 | 20.12 |
| C88-523 | 25.69 | C87-51 | 21.37 | C85-1 | 20.41 | C89-148 | 20.10 |
| C89-147 | 25.17 | | | | | | |

Tabla 5. Severidad promedio de la roya naranja en los cultivares plantados en septiembre del año 2015.

| Cultivares | Severidad (%) | Cultivares | Severidad (%) | Cultivares | Severidad (%) | Cultivares | Severidad (%) |
|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|
| B7274 | 34.31 | C88-523 | 26.87 | C266-70 | 21.16 | C86-165 | 20.09 |
| Co213 | 31.91 | C85-1 | 26.22 | Ja64-11 | 21.16 | C86-503 | 20.09 |
| C95-416 | 29.00 | C89-148 | 23.37 | B77418 | 20.71 | C86-12 | 20.06 |
| C95-414 | 28.34 | PR980 | 23.25 | SP70-1284 | 20.66 | Co997 | 20.01 |
| C89-147 | 28.31 | CP52-43 | 23.09 | C87-51 | 20.41 | | |
| C89-559 | 27.31 | CP72-2086 | 22.44 | C90-530 | 20.15 | | |

cuatro siempre presentaron síntomas (C88-523, C89-147, C89-559 y C95-416); mientras que tres (Co997, CP52-43 y C87-51), manifestaron inestabilidad en su comportamiento en el período evaluado. Así mismo Perera et al. (2020) informaron la presencia de la enfermedad en C86-156, C86-456 en esta provincia.

En este mismo sentido, Orolis et al. (2019) señalan que los cultivares C90-469 y Q128 muestran síntomas de la enfermedad cuando se realizan inoculaciones artificiales con las esporas de la roya naranja comportándose como moderadamente resistente y susceptibles respectivamente.

Con referencia a lo anterior, Aday et al. (2018), desde el año 2012 hasta el 2015 observaron una disminución de las áreas infectadas por *P. kuehni* y del número de focos de infección. Sin embargo, a partir del 2016, se apreció una tendencia al incremento de estos últimos. La mayor área foliar ocupada por pústulas en áreas de riesgo mediante muestreos sistemáticos (colección de germoplasma, jardines de variedades, áreas experimentales y bancos de semillas), las presentaban los cultivares B7274, CP52-43, C89-147, SP70-1284 y Q68 (25 %), C95-414 (entre 15 y 25 %), Co997, C86-12, C86-165, C89-148, C90-317, C90-530 y C266-70 (15 %); mientras que C86-503, C87-51 y C88-380 fueron los menos infectados.

Los cultivares que presentaron síntomas de la roya naranja en los experimentos, en Cuba se encuentran 19 en plantaciones comerciales de caña de azúcar (B7274, B77418, CP52-43, Co997, C85-1, C86-12, C86-165, C86-456, C86-503, C87-51, C88-523, C89-147, C89-148, C90-105, C90-530, C95-414, C95-416, C266-70 y SP70-1284), según Mesa et al. (2016). Esto

constituye un riesgo para la agricultura cañera y confirma la importancia potencial de la enfermedad. Su incremento en la producción debe ser discreto para evitar el aumento de la fuente de inóculo del hongo en la producción cañera y que provoque afectaciones económicas severas en el cultivo.

La severidad de la enfermedad en los cultivares evaluados está asociada negativamente: con las precipitaciones (Figura 1), las temperaturas mínimas (Figura 2) y las temperaturas medias (Figura 3); y positivamente: con las temperaturas máximas (Figura 4) y la humedad relativa (Figura 5).

La estrecha correlación en los dos experimentos evaluados entre la severidad y las precipitaciones ($R^2_{(0,01)} = 0.70$ y 0.93) indican lo desfavorable que resultan las lluvias en el desarrollo de la roya naranja al lavar las hojas y por consiguiente el arrastre de las esporas hacia el suelo. Con respecto a los valores de las temperaturas mínimas ($R^2_{(0,01)} = 0.90$ y 0.92) y las medias ($R^2_{(0,01)} = 0.83$ y 0.81) se aprecia que cuando éstas son inferiores a los 20 °C la severidad aumenta, mientras que las máximas no tienen gran peso en la aparición de los síntomas ($R^2_{(0,01)} = 0.50$ y 0.63) cuando superan los 26 °C. La humedad relativa si influyó considerablemente en la expresión de los síntomas ($R^2_{(0,01)} = 0.95$ y 0.90), lo que demuestra la importancia que tienen los valores altos de la misma en la germinación de las esporas de *P. kuehni*.

La temperatura óptima para el desarrollo de la roya naranja es de 25 °C, superiores a esta e inferiores 20 °C inhiben el progreso de la enfermedad con pústulas pequeñas y severidades del 5 % (Lima et al., 2017).

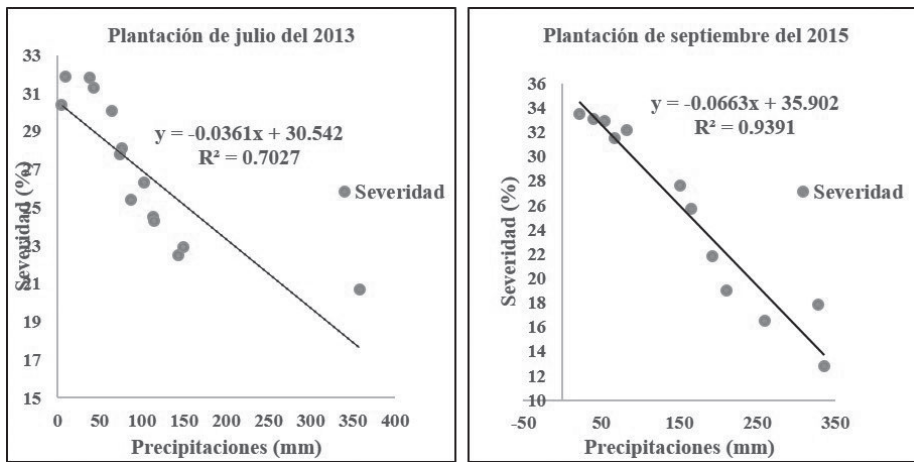


Figura 1. Relación entre la severidad promedio de la enfermedad en los cultivos evaluados y las precipitaciones, según análisis de regresión lineal simple ($p \leq 0.01$).

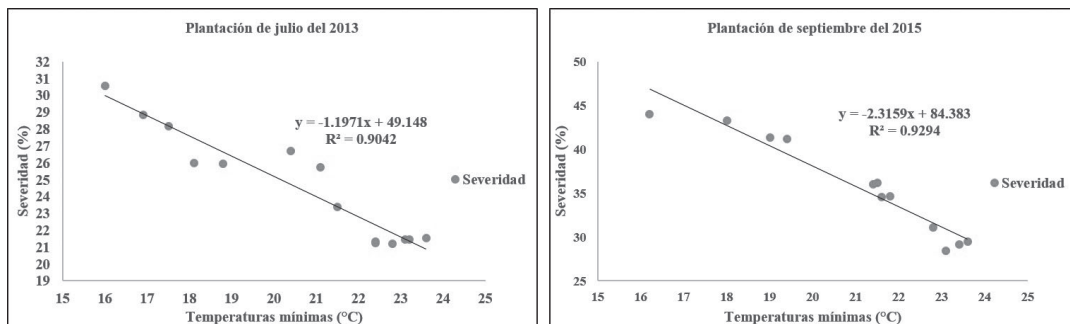


Figura 2. Relación entre la severidad promedio de la enfermedad en los cultivos evaluados y las temperaturas mínimas, según análisis de regresión lineal simple ($p \leq 0.01$).

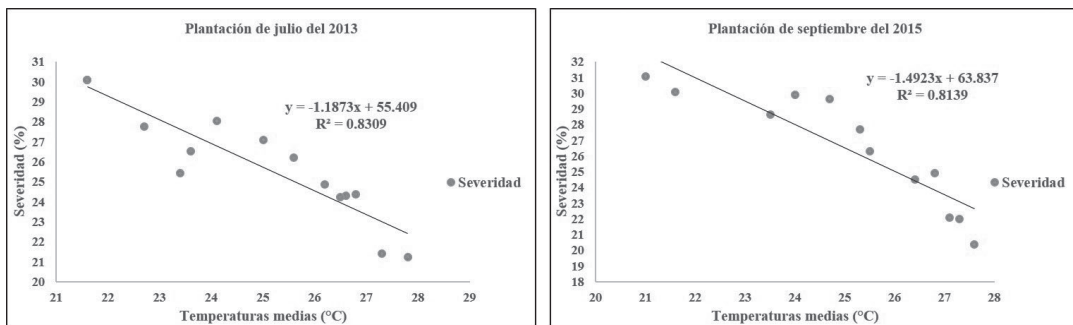


Figura 3. Relación entre la severidad promedio de la enfermedad en los cultivos evaluados y las temperaturas medias, según análisis de regresión lineal simple ($p \leq 0.01$).

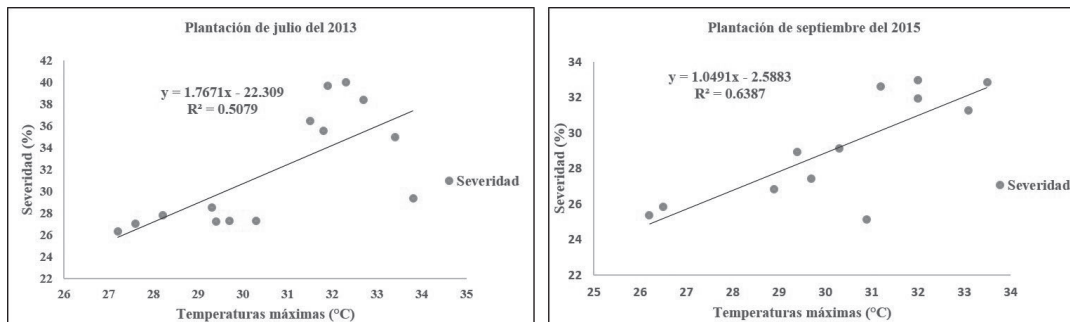


Figura 4. Relación entre la severidad promedio de la enfermedad en los cultivos evaluados y las temperaturas máximas, según análisis de regresión lineal simple ($p \leq 0.01$).

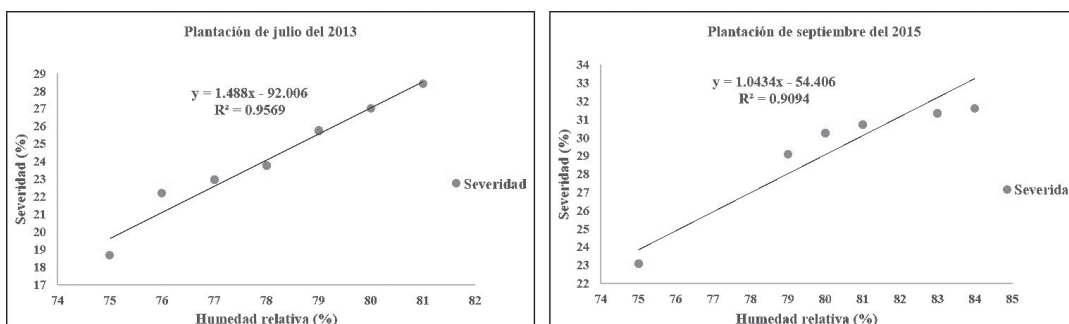


Figura 5. Relación entre la severidad promedio de la enfermedad en los cultivares evaluados y la humedad relativa, según análisis de regresión lineal simple ($p \leq 0.01$).

En este mismo sentido Huang et al., (2018) señalan que el desarrollo de la enfermedad ocurre fácilmente cuando la temperatura se encuentra entre 18 y 26 °C. Mientras que 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 los 20 °C y 22 °C durante el período nocturno y una correlación negativa para el número de horas con temperatura máxima superior a 32 °C.

Por otro lado, las esporas pueden germinar en un amplio rango de temperaturas de 5 a 34 °C y humedades relativas superiores al 90 %, siendo las óptimas 19 a 26 °C y 98 % respectivamente (Fogaca et al., 2018). Borges et al. (2021), plantea que la germinación de las esporas no ocurre cuando la humedad relativa del aire es inferior al 80 %, mientras que la esporulación se reduce a cero cuando la temperatura alcanza valores de 23 °C, por encima de este umbral los valores aumentan y logran su máximo a los 28 °C. La temperatura óptima para la infección es de 22.4 °C y 27.6 °C para la mayor esporulación, limitándose estos procesos con valores superiores a 30 °C.

En este mismo sentido, Selvakumar y Viswanathan (2019), determinaron un 50 % de germinación de urediniosporas a temperaturas entre 20 y 29 °C. Las uredosporas se redujeron del 65 % a 29 °C, 18 % a 30 °C y cero a 31 °C (Sanjel et al., 2019).

Si bien la ruptura de la resistencia en el cultivar Q124 se atribuyó al desarrollo de una nueva raza del patógeno ocurrida en Australia en el año 2000, éste parece ser un evento único. Éste no parece ser el caso en Florida, donde las rupturas sucesivas de la resistencia de los cultivares sugieren una constante evolución y especialización de *P. kuehni*. En consecuencia, el cultivo de cultivares resistentes ha tenido un éxito limitado hasta el momento (Rice et al., 2015). El desarrollo de la roya naranja y su detección parece ser

una tarea larga y tediosa en esta parte del hemisferio occidental. Las razones de esta situación son desconocidas. Pueden estar relacionados con la aparición de condiciones ambientales propicias para el progreso de la enfermedad (Rott et al., 2016).

Estos resultados brindan una guía del riesgo potencial que eventualmente puedan tener los cultivares con respecto a la roya naranja, pero hay que tomar en cuenta que el factor ambiental juega un papel muy importante, por lo que es necesario tener prudencia con la interpretación de estos resultados.

Conclusiones

1. Los mayores porcentajes de severidad promedio en el período evaluado lo manifestaron los cultivares B7274, Co213, C95-414, C95-416, C85-1, C86-456, C88-523, C89-147 y C89-559.
2. La severidad de la enfermedad en los cultivares evaluados está asociada negativamente con las precipitaciones, las temperaturas mínimas y medias; y positivamente con las temperaturas máximas y la humedad relativa.

Bibliografía

- Aday, O. C., Alfonso, I., Rodríguez, E., Díaz, F., Gil, Y., Valdés, B. y Barroso, J. (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. *Revista Centro Agrícola*. 44(2): 61-67.
- Aday, O. C., Rodríguez, E., Montalván, J., Martínez, E. y Alfonso, I. (2018). Estado de la roya naranja de la caña de azúcar en Cuba. *Revista Centro Agrícola*. 45(2): 61-68.
- Alfonso, I., Cornide, M. T., Sandoval, J., Rodríguez, I., Ojeda, E., Vallina, J. (2000). Sistema evaluativo de la resistencia a las principales enfermedades de la caña de azúcar en Cuba. *Roya (Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow). *Revista Cuba & Caña*. 33-42.
- Borges, T. T., De Souza, G. M., Manici, L. M., Giustarini, L., Bregaglio, S. (2021). A process-based model to simulate sugarcane orange rust severity from weather data in Southern Brazil. *International Journal of Biometeorology*. 65(12): 2037-2051.

- Chaulagain, B., Small, I., Shine, J. M., Fraisse, C., Raid, R. N., Rott, P. C. (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. y Valverde, W. (2016). Actualización de la reacción a la roya naranja (*Puccinia kuehnii*) de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) en ciclo de caña planta en Costa Rica. *Revista Entre Cañeros*. (4): 36-52.
- Comstock, J. C., Ovalle, W., Chavarría, E., Glynn, N. C., Castlebury, L. A., Raid, R. N. y Orozco, H. (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., Pardo, L., Alfonso, I., Ferrer M. (2019). Reacción de cultivares de caña de azúcar ante *Puccinia kuehnii* durante siete años en Mayabeque. *Revista de Protección Vegetal*. 34 (3): 1-9.
- Dillewijn, C. V. (1952). *Botánica de la caña de azúcar*. La Habana, Cuba: Ediciones Revolucionarias, Instituto del Libro.
- Fogaça, B., Peruchi, D., Moschini, I. E. (2018). Aspectos Gerais da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Iniciação Científica*. 5(5): 32-47.
- Huang, Y. K., Li, W. F., Zhang, R. Y., Wang, X. Y. (2018). *Color Illustration of Diagnosis and Control for Modern Sugarcane Diseases, Pests, and Weeds*. Singapore: China Agriculture Press and Springer Nature Singapore.
- Lima, L. L. Scaloppi, E. A., Barreto, L. F., Barreto, M. (2017). Temperaturas e períodos de molhamento foliar no desenvolvimento da ferrugem alaranjada da cana-de-açúcar (*Puccinia kuehnii*). *Summa Phytopathologica*. 43(2): 132-135.
- Mesa, J. M., González, R. M., Rodríguez, M., Hernández, G., Jiménez, A., García, H. (2016). XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semillas y Sanidad Vegetal. *Revista Cuba & Caña*. (Suplemento Especial). 32-49.
- Montalván, J., Alfonso, I., Rodríguez, J., Rodríguez, E., Puchades, Y., Rodríguez, J., Aday, O. C., Carvajal, O. y Delgado, J. (2018). Evaluación de la resistencia a roya parda de la caña de azúcar en Cuba. *Revista Centro Agrícola*. 45(2): 47-44.
- Oloriz, M. I., Valdés, B. L., Aday, O. C., Ocaña, B., Hernández, M., Gil, V., González, A., Rivero, R. (2019). Caracterización histológica de la respuesta de caña de azúcar a la infección por *Puccinia kuehnii*. *Biotecnología Vegetal*. 19 (4): 259-264.
- Perera, M. F., Bertani, R. P., Arias, M. E., Hechavarría, M. O., Zardón, M. A., Debes, M. A., Luque, A. C., Cuenya, M. I., Acevedo, R., Castagnaro, A. P. (2020). Morphological and molecular characterization of *Puccinia kuehnii*, the causal agent of sugarcane orange rust, in Cuba. *Scientia Agrícola*. 77(2). e20180038.
- Rice, R., Baucum, L., Davidson, W. (2015). Sugarcane variety census: Florida 2014. *Sugar Journal*. (78): 8-16.
- Rott, P. C., Kaye, C., Naranjo, M., Shine, J. M., Sood, S., Comstock, J. C. and Raid, R. N. (2016). Controlling sugarcane diseases in Florida: a challenge in constant evolution. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*. (29): 595-600.
- Sanjel, S., Chaulagain, B., Small, I. M., Comstock, J. C., Hincapie, M., Raid, R. N., Rott, P. (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.
- Selvakumar, R., Viswanathan, R. (2019). Sugarcane rust: changing disease dynamics and its Management. *Journal of Sugarcane Research*. 9(2): 97-118.
- Townsend, G. R., Heuberger, J. V. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *The Plant Disease Report*. 27: 340-343.
- Valdés, B., Aday, O. C., Ocaña, B., Rojas, L., Hernández, M., Acosta, M., Gil, V., González, A., Rivero, L. y Lleana, M. (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.