

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Distribución espacial en el limbo foliar de la roya naranja (*Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E. J. Butler) en caña de azúcar

Spatial distribution in the leaf limb of orange rust (*Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E. J. Butler) in sugar cane

Osmany de la Caridad Aday Díaz^{1*}  y Héctor García Pérez² 

¹ Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (ETICA Centro Villa Clara), Ranchuelo, Villa Clara, Cuba

² Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Carretera CUJAE km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba, CP 19390

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 26/02/2019
Aceptado: 18/03/2020

CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no existir conflictos de intereses.

CORRESPONDENCIA

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



RESUMEN

La roya naranja de la caña de azúcar [*Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E. J. Butler], es una enfermedad de peligro potencial para la agroindustria azucarera en Cuba. El objetivo de la investigación fue determinar la distribución espacial de la roya naranja en el limbo de las hojas infectadas por *P. kuehnii*, tipo de distribución de las pústulas y el posible uso de una variable cuantitativa que permita estimar el área foliar afectada con una precisión superior a la observación del ojo humano. Del cultivar C01-227 (susceptible a la enfermedad) se colectaron 25 hojas y se seleccionó la hoja +5. El tipo de distribución espacial de las pústulas se determinó calculando la relación varianza / media y el índice Morisita. Se determinó un máximo de 6,88 pústulas por cm² en hojas con 25 % del área foliar afectada y un promedio de 2,26 en hojas con afectación desde 5 hasta 25 %. El número de pústulas por centímetro cuadrado fue significativamente superior en los tercios medio y apical, pero en el tercio medio de la hoja, su valor promedio o máximo no está relacionado directamente con el área foliar afectada en toda la hoja.

Palabras clave: índices de agregación, pústulas, *Saccharum* sp.

ABSTRACT

The orange rust of the sugar cane [*Puccinia kuehnii* (W. Krüger) E. J. Butler], is a disease of potential danger for the

sugar industry in Cuba. The objective of the research was to determine the spatial distribution of orange rust in leaves infected by *P. kuehni*, type of distribution of the pustules and the possible use of a quantitative variable that allows estimating the affected leaf area with a superior precision to observation of the human eye. From the cultivar C01-227 (susceptible to the disease), 25 leaves were collected and the +5 leaf was selected. The type of spatial distribution of the pustules was determined by calculating the variance / mean ratio and the Morisita index. A maximum of 6.88 pustules per cm² was determined in leaves with 25 % of affected leaf area and an average of 2.26 in leaves with affectation from 5 to 25 %. The pustules for square centimeters was significantly higher in the middle and apical thirds; but in the third of the leaf, their value average or their maximum is not related directly with area affected in the leaf.

Keywords: aggregation indices, pustules, *Saccharum* sp.

INTRODUCCIÓN

La roya naranja causada por el hongo *Puccinia kuehni* (W. Krüger) E. J. Butler, es una enfermedad con alto potencial de daño sobre los cultivares de caña de azúcar susceptibles (Minchio *et al.*, 2011). El síntoma más común es la pústula, pequeña mancha necrótica con la elevación de la epidermis que se rompe por la fuerza producida por la formación de las uredinias y uredinosporas del hongo.

Amorim y Bergamin (2011) refieren que, en la evaluación de la resistencia a enfermedades, en los estudios epidemiológicos y de estimación de daños se deben emplear métodos capaces de propiciar resultados precisos y reproducibles. Según estos autores, la severidad es la variable más apropiada para evaluar plantas donde el porcentaje de área de tejido vegetal cubierto con síntomas es alto debido a la intensidad de la enfermedad. Además, consideraron que la determinación precisa del área afectada resulta complicada.

Según Campbell y Madden (1990) es esencial conocer las características de la distribución espacial de los patógenos o de sus poblaciones en las plantas enfermas, para el desarrollo de modelos de su epidemiología y de programas de muestreos para el manejo de las enfermedades. Generalmente se usan tres clasificaciones de los modelos espaciales de distribución (agregado, al azar y uniforme), pero es necesario el análisis estadístico para describir un modelo o determinar qué clasificación de este se ajusta a la distribución espacial del patógeno en estudio (Sparks *et al.*,

2008).

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la distribución espacial de la roya naranja en el limbo foliar de las hojas infectadas por *P. kuehni*, tipo de distribución de las pústulas y el posible uso de una variable cuantitativa que permita estimar el área foliar afectada con una precisión superior a la observación del ojo humano, para su uso en una escala de evaluación sobre la resistencia de los cultivares ante la enfermedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectó la hoja +5 (quinta hoja con cuello visible desde el ápice del tallo hacia abajo) de 25 tallos de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) del cultivar C01-227, susceptible a la roya naranja según Valdés *et al.* (2016). En la hoja +5 se localizan los valores medios de área foliar afectada (AFA), muy similares a la media observada en toda la planta infectada por esta roya (Aday *et al.*, 2017).

Sobre cada hoja se colocó un plástico transparente con cuadrículas de 1 cm², la que fue escaneada con auxilio de una impresora multifuncional "HP Laser Jet Pro MFP M 127 fn"; y posteriormente, cada imagen fue analizada. Se determinó el número total de pústulas producidas por *P. kuehni* y pústulas por centímetro cuadrado, en los tercios basal, medio y apical de la hoja +5, enumerados 1, 2 y 3, respectivamente.

Se estimó, de forma visual, el porcentaje de Área Foliar Afectada (% AFA), con el uso de la escala diagramática propuesta por Alfonso *et*

al. (2000), empleada para evaluar la roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow) que actualmente es utilizada en Cuba para la evaluación de la roya naranja. Se calcularon las variables biométricas media, desviación estándar, coeficiente de variación, valor máximo y mínimo y el error estándar respecto a la media del número de pústulas por centímetro cuadrado en diferentes dimensiones de las estaciones de muestreo, desde 1 cm² hasta 10 cm², en toda la hoja y en el tercio medio.

Como una medida particular para definir el tipo de distribución espacial o índice de agregación de las pústulas se determinó la relación entre la variación o varianza de la población (σ) y la media (μ). El modelo de distribución se clasifica como uniforme cuando la varianza es menor que la media ($\sigma < \mu$); aleatorio si la varianza y la media son iguales ($\sigma = \mu$); agregado si la varianza es mayor que la media ($\sigma > \mu$), según lo expuesto por Campbell y Madden (1990).

Para definir el tipo de distribución espacial de las pústulas en 2 cm², se calculó el índice o relación entre la varianza y media en el tercio medio de las hojas, así como el índice Morisita:

$$I\delta = \frac{\sum ni(ni - 1)}{n(n - 1)} * N$$

Donde

I δ es el índice de Morisita

ni es el número de individuos en "i" ésima unidad muestral

n es el número de individuos en todas

unidades muestrales

N es el número de unidades muestrales

Valores de I δ menor, igual o mayor de 1 indican distribuciones de tipo uniforme, Poisson y agregada, respectivamente, según Morisita (1959).

Igualmente, se determinó la relación entre el número de pústulas por centímetro cuadrado con AFA en el tercio medio de la hoja y con el AFA en toda la hoja. En todos los casos se obtuvieron modelos de regresión lineal para la estimación del AFA a partir de las variables cuantitativas obtenidas del conteo de las pústulas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cultivar C01-227 se determinó un mayor número promedio de pústulas en los tercios medio y apical de las hojas (tercios 2 y 3), sin diferencias significativas en estas porciones. La variabilidad respecto al número de pústulas fue mayor en el tercio basal y apical, siendo el apical donde se localizaron los valores máximos (Tabla 1).

En correspondencia con este análisis, el número de pústulas por centímetro cuadrado fue significativamente superior en los tercios medio y apical, con menor variabilidad en el tercio medio (Tabla 2).

Estos resultados indican que para evaluar de forma cuantitativa la infección de *P. kuehnii*, cuando se utiliza como variable el número de pústulas por centímetro cuadrado, el tercio medio de la hoja resulta la porción más

Tabla 1. Pústulas producidas por *P. kuehnii* en hojas del cultivar de caña de azúcar C01-227

| Tercio | N | Media | DE | CV (%) | Valor máximo |
|--------------|----|----------|--------|--------|--------------|
| 1 | 25 | 102,24 b | 91,93 | 89,92 | 333 |
| 2 | 25 | 246,16 a | 159,41 | 64,76 | 665 |
| 3 | 25 | 314,76 a | 285,29 | 90,64 | 1098 |
| Total | 75 | 220,71 | 213,52 | 96,74 | |

CV: Coeficiente de Variación, DE: Desviación Estándar

Media con letras distintas en la misma columna difieren significativamente según la prueba Kruskal - Wallis / Mann-Whitney para $p < 0,05$ (n=25)

Tabla 2. Pústulas por centímetro cuadrado producidas por *P. kuehnii* en hojas del cultivar C01-227

| Tercio | N | Media | DE | CV (%) | Valor máximo |
|--------------|----|---------|------|--------|--------------|
| 1 | 25 | 1,14 b | 0,93 | 81,71 | 3,26 |
| 2 | 25 | 2,12 ab | 1,42 | 67,27 | 5,58 |
| 3 | 25 | 3,04 a | 2,39 | 78,60 | 8,13 |
| Total | 75 | 2,101 | 1,85 | 88,02 | |

CV: Coeficiente de Variación, DE: Desviación Estándar

Media con letras distintas en la misma columna difieren significativamente según la prueba Kruskal - Wallis / Mann-Whitney para $p < 0,05$ (n=25)

adecuada con la menor variación y un valor muy próximo a la media de toda la hoja.

Klosowski (2012) observó que la mayoría de las veces las pústulas se encuentran agrupadas y en esos casos es difícil determinar con exactitud su número que puede llegar a 37 por cm^2 (Souza, 2013). Sin embargo, en esta

investigación, se determinó un máximo de 6,88 pústulas por cm^2 en hojas con 25 % del AFA y un promedio de 2,26 en hojas con afectaciones que oscilan desde 5 hasta 25 % del AFA en el cultivar C01-227. Aunque el AFA por pústulas de *P. kuehnii* fue variable, siempre su distribución resultó ser agregada (Tabla 3).

Tabla 3. Distribución espacial de las pústulas por cm^2 producidas por *P. kuehnii* en hojas de caña de azúcar del cultivar C01-227

| Muestra | Pústulas/ cm^2 | AFA (%) | DE | Varianza | CV (%) | Índice V/m |
|---------|-------------------------|---------|-------|----------|--------|------------|
| 1 | 1,58 | 5 | 2,06 | 4,24 | 130,31 | 2,68 |
| 2 | 1,94 | 15 | 2,76 | 7,66 | 142,72 | 3,95 |
| 3 | 0,90 | 5 | 6,78 | 4,97 | 75,36 | 51,07 |
| 4 | 2,09 | 15 | 3,94 | 15,55 | 188,44 | 7,43 |
| 5 | 3,54 | 15 | 3,38 | 11,44 | 95,38 | 3,22 |
| 6 | 2,90 | 15 | 3,15 | 9,94 | 108,74 | 3,42 |
| 7 | 1,25 | 5 | 1,85 | 3,43 | 148,06 | 2,743 |
| 8 | 4,49 | 25 | 36,57 | 13,37 | 81,5 | 29,82 |
| 9 | 2,49 | 15 | 2,66 | 7,08 | 106,70 | 2,84 |
| 10 | 6,88 | 25 | 4,44 | 19,78 | 64,68 | 2,87 |
| 11 | 2,47 | 15 | 2,57 | 6,62 | 104,06 | 2,67 |
| 12 | 3,13 | 15 | 2,91 | 8,47 | 93,00 | 2,70 |
| 13 | 2,65 | 15 | 2,44 | 5,97 | 92,37 | 2,25 |
| 14 | 3,23 | 25 | 3,70 | 13,72 | 114,77 | 4,25 |
| 15 | 3,24 | 25 | 2,62 | 6,91 | 81,16 | 2,13 |
| 16 | 1,08 | 15 | 1,86 | 3,48 | 173,09 | 3,23 |
| 17 | 2,95 | 25 | 3,34 | 11,22 | 113,54 | 3,80 |
| 18 | 1,34 | 15 | 1,69 | 2,88 | 126,76 | 2,15 |
| 19 | 0,31 | 5 | 1,08 | 1,17 | 352,32 | 3,82 |
| 20 | 1,36 | 15 | 1,88 | 3,55 | 137,99 | 2,60 |
| 21 | 0,39 | 5 | 3,33 | 11,11 | 854,66 | 28,49 |
| 22 | 0,93 | 5 | 1,47 | 2,17 | 158,54 | 2,33 |
| 23 | 3,42 | 25 | 3,52 | 12,42 | 102,89 | 3,62 |
| 24 | 0,83 | 5 | 1,58 | 2,51 | 189,56 | 3,00 |
| 25 | 1,17 | 5 | 2,28 | 5,20 | 195,43 | 4,45 |

CV: Coeficiente de Variación, DE: Desviación Estándar

Según describe Badii *et al.* (2011), el patrón de dispersión agregado implica el hecho de que encontrar un individuo en un punto o unidad de muestreo (UM), incrementa la probabilidad de hallar otro en la misma UM. A la vez, estos autores refieren que la distribución espacial es una de las propiedades más características de las especies, porque producen parámetros que las segregan y estos son expresiones poblacionales del comportamiento a escala individual. Para el caso de la roya naranja, el posible uso de una variable cuantitativa para evaluar la severidad de la enfermedad necesita la determinación del tamaño más adecuado de la estación de muestreo o área de la hoja a evaluar.

El número de pústulas a contabilizar se incrementó hasta un promedio de 23,72 pústulas en 10 cm², lo que resulta muy trabajoso e incrementa la probabilidad de error (Tabla 4). Una estación de muestreo mayor de 2 cm² incrementó exponencialmente la desviación y el error estándar de la observación respecto a la media, mientras que el coeficiente de variación se mantuvo próximo al 83 %. Por consiguiente, una estación longitudinal a la hoja de 2 cm² resulta confiable y práctica para cuantificar el número de pústulas por centímetro cuadrado.

En trabajos publicados por Pérez (2013) y Giacomini (2013), sobre investigaciones con inoculación artificial del hongo para medir la frecuencia de infección, cuantificando el número de pústulas por centímetro cuadrado, en las metodologías de trabajo mencionan el uso de una platilla con dos ventanas continuas de 1 cm² cada una como estación de muestreo, colocadas en el área donde mayor cantidad de pústulas aparecen después de la inoculación. Estos autores consideran apropiada la dimensión del área de muestreo (2 cm²) en la evaluación de la roya naranja para evaluar resistencia de los cultivares de caña de azúcar a esta enfermedad.

La distribución de las pústulas producidas por *P. kuehnii* en 2 cm² en el tercio medio de hojas infectadas arrojó un promedio de 4,75 pústulas y un máximo de 54, en hojas con un AFA entre 5 y 25 %. Su distribución espacial fue agregada en esa porción de la hoja según los resultados del cálculo de los índices relación varianza / media y el de Morisita (Tabla 5). No obstante, en la práctica lo que puede medirse con un programa de muestreo es la media y la varianza. Al respecto Badii *et al.* (2011) expresan que estas dos medidas se pueden combinar de varias formas para producir coeficientes o índices de agregación, como

Tabla 4. Variables biométricas y estadísticas para cada una de las dimensiones de estación de muestreo para evaluar el número de pústulas por cm² producidas por *P. kuehnii*

| EM (cm ²) | N | Media | DE | CV (%) | Mínimo | Máximo | E.E. |
|-----------------------|-----|-------|-------|--------|--------|--------|------|
| 1 | 25 | 2,39 | 1,98 | 83,22 | 0,22 | 9,05 | 0,39 |
| 2 | 25 | 4,78 | 3,98 | 83,36 | 0,43 | 18,16 | 0,79 |
| 3 | 25 | 7,09 | 5,67 | 79,98 | 0,65 | 25,00 | 1,13 |
| 4 | 25 | 9,52 | 7,98 | 83,89 | 0,86 | 36,32 | 1,59 |
| 5 | 25 | 11,90 | 9,91 | 83,31 | 1,08 | 45,41 | 1,98 |
| 6 | 25 | 14,30 | 11,85 | 82,87 | 1,25 | 53,96 | 2,37 |
| 7 | 25 | 16,69 | 13,87 | 83,11 | 1,53 | 63,35 | 2,77 |
| 8 | 25 | 19,00 | 15,86 | 83,52 | 1,73 | 72,65 | 3,17 |
| 9 | 25 | 21,36 | 17,67 | 82,71 | 2,00 | 80,16 | 3,53 |
| 10 | 25 | 23,72 | 19,78 | 83,40 | 2,16 | 90,81 | 3,95 |
| Total | 250 | 13,08 | 13,84 | 105,82 | 0,22 | 90,81 | 2,76 |

EM: Estación de muestreo, CV: Coeficiente de Variación, DE: Desviación Estándar, EE: Error Estándar

Tabla 5. Distribución espacial de pústulas en 2 cm², en el tercio medio de hojas infectadas del cultivar C01-227

| Hoja | Media | Máximo | AFA (%) | Varianza | Índice V/m | Í. de Morisita |
|------|-------|--------|---------|----------|------------|----------------|
| 1 | 2,81 | 16 | 5 | 2,44 | 2,11 | 1,08 |
| 2 | 3,91 | 24 | 5 | 32,39 | 8,27 | 2,80 |
| 3 | 1,48 | 18 | 5 | 11,05 | 4,47 | 6,19 |
| 4 | 5,58 | 54 | 15 | 98,53 | 17,64 | 4,47 |
| 5 | 4,10 | 16 | 15 | 17,48 | 4,26 | 1,76 |
| 6 | 4,85 | 19 | 15 | 20,83 | 4,29 | 1,75 |
| 7 | 2,97 | 19 | 5 | 21,54 | 7,25 | 2,99 |
| 8 | 7,24 | 23 | 15 | 28,22 | 3,89 | 1,39 |
| 9 | 6,52 | 14 | 15 | 17,27 | 2,65 | 1,26 |
| 10 | 18,16 | 37 | 25 | 50,69 | 32,32 | 1,08 |
| 11 | 4,02 | 23 | 15 | 21,11 | 5,25 | 2,07 |
| 12 | 6,96 | 21 | 15 | 23,19 | 3,33 | 1,26 |
| 13 | 5,05 | 15 | 15 | 15,21 | 3,00 | 1,31 |
| 14 | 8,26 | 36 | 25 | 81,60 | 9,14 | 1,85 |
| 15 | 9,31 | 25 | 25 | 18,97 | 2,03 | 1,10 |
| 16 | 1,95 | 12 | 5 | 7,76 | 3,97 | 2,39 |
| 17 | 4,09 | 17 | 15 | 18,08 | 4,42 | 1,71 |
| 18 | 2,54 | 11 | 15 | 6,91 | 2,72 | 1,67 |
| 19 | 1,46 | 13 | 5 | 9,18 | 6,29 | 4,82 |
| 20 | 1,93 | 13 | 15 | 8,18 | 4,24 | 2,47 |
| 21 | 0,43 | 9 | 5 | 2,11 | 4,87 | 9,88 |
| 22 | 2,12 | 11 | 5 | 6,83 | 3,22 | 2,11 |
| 23 | 11,20 | 30 | 25 | 60,78 | 5,43 | 1,37 |
| 24 | 0,98 | 6 | 5 | 1,55 | 1,57 | 1,75 |
| 25 | 0,84 | 4 | 5 | 1,56 | 1,32 | 1,55 |

Índice V/m: Varianza/media, Í. de Morisita: Índice de Morisita

apoyo conceptual para el manejo de datos.

Los análisis de regresión simple de modelos lineales y ajustados no mostraron una fuerte relación entre el número promedio de pústulas por centímetro cuadrado en el tercio medio de la hoja con el AFA por pústulas en el tercio medio de la hoja y en toda la hoja. La relación fue muy débil cuando se relacionó el máximo número de pústulas por centímetro cuadrado observadas en el tercio medio de la hoja con el AFA en tercio medio y en toda la hoja. Similares resultados se obtuvieron al considerar el promedio y el máximo de pústulas en 2 cm² (Tabla 6).

Badii *et al.* (2011) determinaron que independientemente de las causas de la agregación, su ocurrencia conduce a

dificultades tanto en el muestreo como en el análisis. Generalmente, las densidades de las poblaciones con distribuciones de tipo agregada tienden a subestimarse, porque un número desproporcionadamente grande de individuos se presentan en pocos agregados, los cuales son raramente incluidos en proporciones significativas en las muestras. Esto es lo que sucede con la roya naranja según los resultados obtenidos.

Montalván (2017) empleó una escala que considera el área foliar afectada con pústulas de roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow) en 2 cm² del tercio medio de la hoja. Este autor encontró correlación entre las afectaciones por roya parda en los 2 cm² y toda el área foliar, lo que aumentó la precisión de las

Tabla 6. Relaciones entre el número medio y máximo de pústulas por cm² y la cantidad de pústulas en 2 cm² con el área foliar afectada

| Relación | CC | R2 | EE | P |
|---|------|-------|------|--------|
| AFA del Tm y Pústulas/cm ² | | | | |
| Modelo lineal: AFA = 5,39912 + 3,01756* Pústulas/2 cm ² | 0,83 | 68,62 | 4,14 | 0,0000 |
| AFA del Tm y Máx. Pústulas/cm ² | | | | |
| Modelo lineal: AFA = 7,56574 + 0,418128* Máx. Pústulas/cm ² | 0,44 | 19,05 | 6,64 | 0,0291 |
| AFA de la hoja y Pústulas/cm ² | | | | |
| Modelo lineal: AFA = 7,2464 + 2,91394* Pústulas/cm ² | 0,76 | 58,06 | 5,02 | 0,0000 |
| AFA de la hoja y Máx. Pústulas/2 cm ² | | | | |
| Modelo lineal: AFA = 9,44367 + 0,395044* Máx. Pústulas/2 cm ² | 0,39 | 15,43 | 7,13 | 0,0520 |
| AFA del Tm y Pústulas/2 cm ² | | | | |
| Modelo lineal: AFA = 5,41035 + 1,50431* Pústulas/2 cm ² | 0,83 | 68,64 | 4,13 | 0,0000 |
| AFA del Tm y Máx. Pústulas/2 cm ² | | | | |
| Modelo lineal: AFA = 4,9387 + 0,3941* Máx. Pústulas/2 cm ² | 0,59 | 35,34 | 5,94 | 0,0017 |
| AFA de la hoja y Pústulas/2 cm ² | | | | |
| Modelo lineal: AFA de la hoja = 7,2512 + 1,45391* Pústulas/2 cm ² | 0,76 | 58,19 | 5,01 | 0,0000 |
| AFA de la hoja y Máx. Pústulas/2 cm ² | | | | |
| Modelo lineal: AFA = 6,65841 + 0,387942* Máx. Pústulas/2 cm ² | 0,56 | 31,08 | 6,44 | 0,0038 |

Pústulas/cm²: Valor medio del número de pústulas observadas en un cm² en el tercio medio de la hoja; **Pústulas/2 cm²:** Valor medio del número de pústulas observadas en dos cm² en el tercio medio de la hoja; **AFA:** Área Foliar Afectada (%); **Tm:** Tercio medio; **Máx. Pústulas:** Máximo número de pústulas observadas en el tercio medio de la hoja; **CC:** Coeficiente de Correlación; **EE:** Error Estándar del estimado

observaciones y concluyó que a partir de las dimensiones de las pústulas de roya parda (largo y ancho) si se determina el número de pústulas en una estación de muestreo de 2 cm² del tercio medio de la hoja, se puede calcular el área ocupada por pústulas (Pústulas cm⁻² (%)) en dicha estación y basado en ello, clasificar la resistencia de los cultivares a esa enfermedad.

En el caso de la enfermedad roya naranja, en condiciones de campo e infección natural, el número de pústulas por centímetro cuadrado en el tercio medio de la hoja o su valor máximo no están relacionados directamente con el área

foliar afectada en toda la hoja, por lo que no son indicadores confiables para su estimación, por ello deberá ser estimada visualmente por expertos o por medio de otras técnicas como el escaneado y procesamiento de imágenes, para mayor precisión.

CONCLUSIONES

Se determinó en el cultivar C01-227, susceptible a *P. kuehnii*, un máximo de 6,88 pústulas por cm² en hojas con 25 % del AFA y un promedio de 2,26 en hojas con una

afectación desde 5 hasta el 25 % del AFA.

El número de pústulas producidas por *P. kuehnii* por cm² fue significativamente superior en los tercios medio y apical, con menor variabilidad en el tercio medio, donde se observó un valor muy próximo a la media de toda la hoja.

Aunque el área foliar afectada por pústulas de *P. kuehnii* en las hojas evaluadas fue variable, siempre su distribución resultó ser agregada.

En condiciones de campo e infección natural, el número promedio de pústulas por centímetro cuadrado en el tercio medio de la hoja o su valor máximo no están relacionados directamente con el área foliar afectada en toda la hoja.

CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Osmany de la Caridad Aday Díaz: conceptualizó y formuló los objetivos generales de la investigación y la ejecución de las actividades de investigación. Interpretó los resultados del análisis estadístico y redactó el borrador del manuscrito.

Héctor García Pérez: contribuyó en la aplicación de las técnicas estadísticas utilizadas para analizar o sintetizar los datos obtenidos. Hizo la revisión crítica del borrador y recomendó modificaciones, supresiones y adiciones en el mismo.

CONFLICTO DE INTERESES

No se declaran conflictos de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

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

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.

AMORIM, L. y BERGAMIN, A. 2011. Fenología. Patometria e quantificação de danos. In: AMORIM, L., REZENDE, J.A.M., BERGAMIN, A. (Ed.). Manual de fitopatología, 4 Ed., V. 1: Princípios e conceitos. Piracicaba, São Pablo, Agronômica Ceres, 517-542. ISBN: 978-85-31800-53-5.

BADII, M.H.A., GUILLEN, E. and LANDEROS, J. 2011. Analyses and Application of Multi stage Sampling, Sub-sample Estimation and Random Response Sampling. *International Journal of Good Conscience*, 6 (2): 88-95.

CAMPBELL, C.L. and MADDEN, L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley & Sons, New York, 532 p.

GIACOMINI, R. 2013. Reação de variedades de cana-de-açúcar à ferrugem alaranjada (*Puccinia Kuehnii*). Tese apresentada para obtencã do titulo de Doutor em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia, Universidade de São Paulo, Escola Superior do Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brazil, 62 p.

KLOSOWSKI, A.C. 2012. Escala diagramática, segregação da resistência em progênies de cana-de-açúcar e reação de cultivares à ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*). Tese de Mestre Ciências, Universidade Federal do Paraná, Brasil, 72 p.

MINCHIO, C.A., CANTERLAND, M.G., ROCHA, J.A. 2011. Germinação de uredósporos de *Puccinia kuehnii* submetidos

- a diferentes temperaturas e tempos de incubação. *Summa Phytopathologica Botucatu*, 37: 211-214.
- MONTALVÁN, J. 2017. Adecuaciones al sistema evaluativo de la roya parda (*Puccinia melanocephala* Sydow & P. Sydow) en pruebas de resistencia de cultivares de caña de azúcar en Cuba. Tesis de Doctorado, Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar y Universidad Agraria de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez, Cuba, 100 p.
- MORISITA, M. 1959. Measuring the dispersion of individuals and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E.* 2: 215-235.
- PÉREZ, S.G. 2013. Quantificação de parâmetros monocíclicos da ferrugem alaranjada (*Puccinia kuehnii*) em cana de açúcar. Dissertação apresentada para
- obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia, Universidade São Paulo, Escola Superior do Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brazil, 53 p.
- SOUZA, A. 2013. Ferrugem alaranjada da cana de açúcar no Brasil: estudo de populações do patógeno e comotamento varietal. Tese Doutorado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Brazil, 87 p.
- SPARKS, A.H., ESKER, P.D., ANTONY, G., *et al.* 2008). *Ecology and Epidemiology in R: Spatial Analysis*. The Plant Health Instructor. Doi: 10.1094/PHI-A-2008-0129-03.
- VALDÉS, B.L., ADAY, 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 en cualquier medio, siempre que la obra sea debidamente citada.