

EPIDEMIOLOGÍA DEL MILDIÚ DE LAS CUCURBITÁCEAS (*PSEUDOPERONOSPORA CUBENSIS* BERK & CURT) EN MATERIALES DE MELÓN (*CUCUMIS MELO* L.)

Jairo Cristóbal Alejo,¹ Lorenza Caamal Eb,¹ José M. Tun Suárez,¹ Alfonzo Pérez Gutiérrez,¹
Luis Latournerie Moreno¹ y Omar Gutiérrez Alonso²

¹ Instituto Tecnológico Agropecuario no. 2 de Conkal, Campo Experimental Mocochoá, INIFAP, Km 25, antigua carretera Mérida-Motul, Mocochoá, Yucatán, CP 97435

² C.E. Uxmal, CIRSE, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Cotaxtla, Carretera Veracruz-Córdoba Km 34, Apdo. Postal 429, CP 91700, Veracruz, México

RESUMEN

Para estimar la intensidad de enfermedad en el patosistema *Pseudoperonospora cubensis*-*Cucumis melo* en materiales de melón Archer, Top Mark, Camino, Hy Mark (testigo regional), 0585, Calmark y Ovation, se elaboró una escala logarítmica diagramática de siete clases (0-6). Su validación con diez evaluadores generaron valores de precisión (r^2) de rango 0,78-0,92 y exactitud (b_1) de 0,84-1,07, lo que indicó reproducibilidad de la escala. Las curvas del progreso e intensidad de enfermedad se ajustaron al modelo de descripción de Weibull mediante su parámetro inverso de b^{-1} . Se determinó que los materiales Archer, Top Mark y Hy Mark presentaron las menores tasas de infección aparente con 0,012300; 0,012950 y 0,012250 unidad/día, respectivamente, y las menores de área bajo la curva del progreso de la enfermedad con 251,90; 162,37 y 234,19%/día, respectivamente. Estos materiales obtuvieron el mayor número de fruto por planta y mayor peso de fruto.

Palabras clave: *Cucumis melo*, intensidad de enfermedad, escala

ABSTRACT

A seven classes (0-6) logarithmical diagram scale was done in order to estimate disease strength of pathosystem *Pseudoperonospora cubensis*-*Cucumis melo* in melon materials Archer, Top Marker, Camino, Hy Mark, 0585, Calmark and Ovation; its validation with ten tester produce precision values (r^2) of 0.78-0.92 rank and exactitude (b_1) of 0.84-1.07, which indicate a reproducible scale. Progress and disease strength curves fitted to Weibull model description through his inverse parameter of b^{-1} , it was determined that Archer, Top Marker and Hy Mark materials showed the lowest infection rates with 0.01230, 0.01295 and 0.01225 unit/day respectively, and the lowest area under the progress curve of disease with 251.9, 162.37 and 234.19%/day, respectively. These materials obtained the highest amount of fruit per plant and the highest weight per fruit.

Key words: *Cucumis melo*, disease strength, scale

INTRODUCCIÓN

En México, el melón (*Cucumis melo* L.) es una hortaliza importante debido a que se encuentra dentro de los productos de exportación. Los principales estados productores son Durango, Coahuila, Sonora, Guerrero y Michoacán, los cuales conforman el 60% del total de la producción nacional. Uno de los factores que limitan su producción es el mildiu de las cucurbitáceas, inducido por *Pseudoperonospora cubensis* Berk & Curt. La enfermedad se manifiesta con manchas café amarillentas irregulares en el haz de las hojas; con el tiempo se tornan color café. En época de lluvias y nublados constantes en el envés, las lesiones son de color oscuro con algodoncillo ligeramente púrpura. Este parásito presenta micelio cenocítico con haustorios globosos que a veces se ramifican digitadamente, esporangióforos en

grupos de uno a cinco ramificados entre dicotómica y monopódicamente. Los esporangios son grises a purpúreos de ovoides a elípticos, papilados, germinan indirectamente y liberan zoosporas biflageladas. *P. cubensis* requiere de altas humedades relativas, así como temperaturas entre 8-30°C con óptimas de 15-27°C, siempre y cuando prevalezcan rocíos y neblinas [Mendoza, 1996]. Por lo común su control es con fungicidas de alta residualidad que generan contaminación al ambiente y resistencia en el parásito. Una opción de controles es el uso de materiales que ofrezcan tolerancia al patógeno, para lo cual es requisito, desde una perspectiva epidemiológica, estimar la intensidad de la enfermedad en estos materiales mediante el uso de parámetros epidemiológicos, apoyados primeramente con la gene-

ración y validación de escalas de medición de intensidad de enfermedad [Tovar-Soto *et al.*, 2002; Mora-Aguilera *et al.*, 2003]. Basado en lo anterior se realizó el presente trabajo con los objetivos de elaborar una escala logarítmica diagramática para estimar severidad en el patosistema *Pseudoperonospora cubensis*-*Cucumis melo* y evaluar la intensidad de enfermedad inducida por *P. cubensis* en materiales de melón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de escala logarítmica diagramática

Se estableció en campo de plantas de melón de la variedad Hy Mark, susceptible a la enfermedad. Se colectaron 62 hojas de diferentes tamaños y porcentajes de severidad, las cuales se escanearon. Con el programa computacional Photo Magic ver. 1.0 se diferencié la parte sana y enferma de cada hoja. Posteriormente, con el programa Image Tool ver. 1.27 se calculó el área total y la enferma de cada hoja correspondiente al total de las lesiones de la enfermedad [Tovar-Soto *et al.*, 2002].

La intensidad máxima de la enfermedad se obtuvo al calcular la severidad de las 62 hojas. Se seleccionó el porcentaje de severidad mayor. Este valor se introdujo al programa 2-Log ver. 1.0 [Mora-Aguilera *et al.*, 2003] y se determinaron las clases de la escala, con el criterio de una distribución normal de los porcentajes calculados y sin exceder un número no práctico de clases.

Para tener la escala en representación diagramática se incluyó una representación pictórica de cada clase, para lo cual se tomaron los valores de sus puntos medios y se seleccionaron hojas cuyos porcentajes de severidad se aproximaron a este valor.

Para la validación de la escala se realizaron dos estimaciones con 10 evaluadores que valoraron las 62 hojas por la comparación del daño de cada una de ellas con cada clase de la escala logarítmica diagramática generada. Con los porcentajes estimados se realizó un análisis de regresión simple, por medio del programa estadístico SAS ver. 8.11, con el que se correlacionaron los porcentajes reales de severidad. El valor generado por $t_i r^2$ y b_1 de la regresión para cada evaluador se consideró como precisión y exactitud, respectivamente, y parámetros de reproducibilidad [Tovar-Soto *et al.*, 2002].

Intensidad de enfermedad en materiales de melón

El trabajo se realizó en el área de producción e investigación del Instituto Tecnológico Agropecuario de Conkal, Yucatán, México. Para su establecimiento en campo se instaló un sistema de riego por goteo de tipo cintilla calibre 18 000, la cual tuvo una distancia entre

surco de 3 m y entre goteros de 40 cm. Las labores de cultivo concernientes a riego, nutrición y control de plagas se hicieron de acuerdo con las prácticas regionales [Soria *et al.*, 2000]. Se trabajó con los materiales de melón Archer, Top Mark, Camino, Hy Mark (testigo regional), 0585, Cal Mark y Ovation, establecidos en un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada repetición con un promedio de 17 plantas establecidas en una superficie de 7 x 3 m (21 m²).

La evaluación de severidad se estimó con la escala generada para este patosistema, y se inició al detectarse los primeros síntomas de la enfermedad. A partir de esta fecha las evaluaciones se realizaron cada siete días. Con el porcentaje de severidad se construyeron curvas del progreso de la enfermedad y se estimaron tasas de infección aparente con el modelo de descripción de Weibull con su parámetro inverso b^{-1} [Thal *et al.*, 1984], así como el Área Bajo la Curva del Progreso de la Enfermedad (ABCPE) mediante el método de integración trapezoidal [Campbell y Madden, 1990]. En adición se estimaron número y peso de frutos por unidad experimental. Con SAS ver. 8.11 se realizó un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey $P = 0,05$) para los parámetros de intensidad de enfermedad y variables respuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Elaboración de la escala logarítmica diagramática

Se generó una escala logarítmica diagramática con siete clases para evaluar severidad en el patosistema *Pseudoperonospora cubensis*-*Cucumis melo* (Fig. 1). El uso de los puntos medios de clase se ha empleado en otros casos, ya que este valor, y no el número de clases, es el que se usa para fines de análisis numérico [Tovar-Soto *et al.*, 2002; Mora-Aguilera *et al.*, 2003].

La escala logarítmica diagramática que se generó ofrece mayores ventajas que las arbitrarias, basadas en el porcentaje de área foliar dañadas con cuatro y seis clases, sin representación diagramática [Herver, 1999], por lo que hacen que su sistema de evaluación sea impreciso y poco reproducible en la práctica. Al contrario, las escalas logarítmicas diagramáticas basadas en el principio de Weber-Fechner permiten establecer clases con base en un sistema logarítmico que elimina la designación arbitraria de clases o categorías de enfermedad, además de incluir una representación fotográfica para cada clase o categoría de medición [Campbell y Madden, 1990], con dos atributos: una dimensión logarítmica y una representación pictórica, lo que hacen mejorar la exactitud, la precisión y la reproducibilidad, haciéndolas prácticas y de fácil uso [Tovar-Soto *et al.*, 2002].

En la validación de la escala, la primera evaluación mostró entre los evaluadores poco conocimiento sobre el uso de la escala, así como del patosistema, ya que la precisión (r^2) estuvo entre los rangos de 0,73-0,88 y la exactitud (b_1) entre 0,93-1,2. Estos valores mejoraron al realizar una segunda evaluación (Tabla 1), lo que se debió a que previamente a la segunda eva-

luación se entrenó a los 10 evaluadores sobre los síntomas de la enfermedad y sobre el de la escala [Tovar-Soto *et al.*, 2002; Spósito *et al.*, 2004]. Basado en estos resultados la escala logarítmica diagramática generada puede emplearse como herramienta confiable para la medición de severidad inducida por *Pseudoperospora cubensis* en el cultivo de melón.

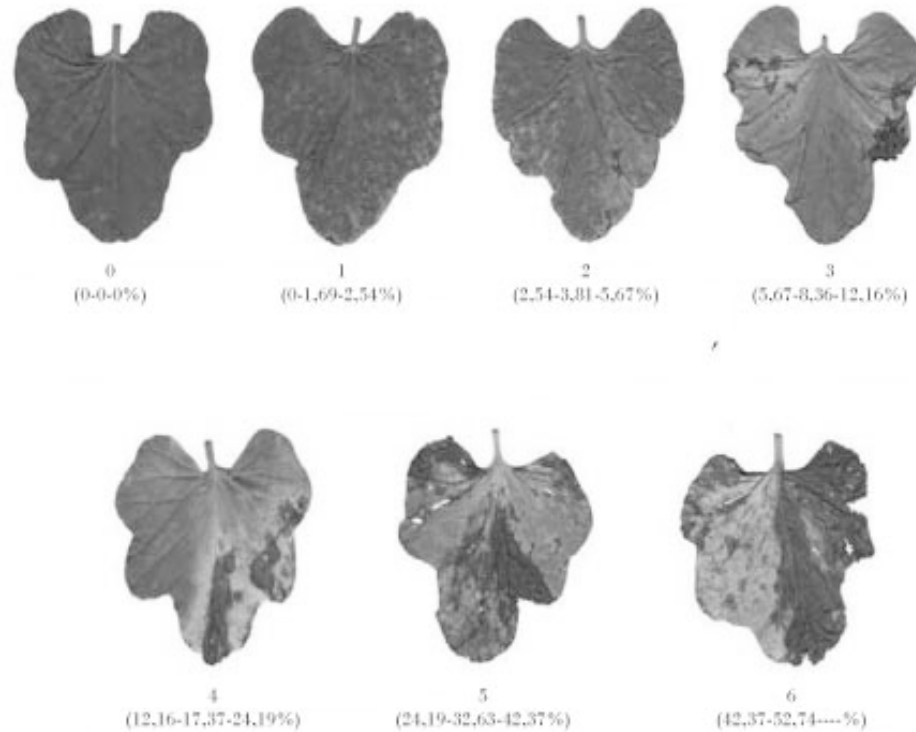


Figura 1. Escala logarítmica diagramática para evaluar severidad del mildiú de las cucurbitáceas en el patosistema *Pseudoperonospora-Cucumis melo*.

Tabla 1. Valores de la precisión (r^2) y exactitud (b_1) utilizados para la validación de la escala

Evaluador	Primera evaluación		Segunda evaluación	
	r^2	b_1	r^2	b_1
1	0,88	0,93	0,88	0,94
2	0,87	1,06	0,90	0,99
3	0,84	1,07	0,90	0,97
4	0,91	0,96	0,91	0,96
5	0,84	1,05	0,89	0,93
6	0,87	1,08	0,89	0,84
7	0,73	1,20	0,92	0,97
8	0,77	1,10	0,84	1,07
9	0,86	1,09	0,89	0,98
10	0,73	1,06	0,78	1,05

Intensidad de enfermedad en materiales de melón

La enfermedad se presentó a los 23 días después del trasplante (*ddt*) (Fig. 2).

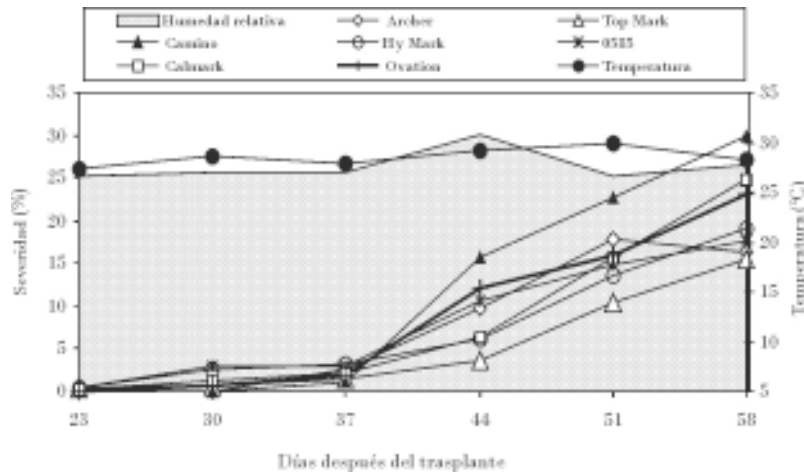


Figura 2. Curvas del progreso de la enfermedad de materiales de melón en el patosistema *Pseudoperonospora cubensis*-*Cucumis melo* de los 23 a los 58 ddt.

El parámetro inverso de b^{-1} del modelo Weibull [Thal *et al.*, 1984] determinó que las variedades Archer, Top Mark y Hy Mark permitieran las menores tasas de infección aparente, con 0,01230; 0,01295 y 0,01225 unidad/día, res-

pectivamente, y los que menores ABCPE acumularon durante el desarrollo de los cultivares con 251,9, 162,37 y 234,19%/día, respectivamente (Tabla 2), lo que hizo suponer propiedades de tolerancia a la enfermedad.

Tabla 2. Estimador de la tasa de infección aparente, obtenido mediante el modelo de Weibull y área bajo la curva del progreso de la enfermedad (ABCPE)

Materiales	b^{-1} de Weibull (unidad/día)	Ajuste del modelo (r^2)	ABCPE (%/día)
Archer	0,012300 c	0,97	251,90 bc
Top Mark	0,012950 bc	0,99	162,37 d
Camino	0,014275 a	0,95	373,28 a
Hy Mark	0,012250 c	0,96	234,19 c
0585	0,013950 ab	0,99	245,67 bc
Calmark	0,013900 ab	0,99	261,71 bc
Ovation	0,013775 ab	0,98	285,61 b

Medias con igual letra no difieren para $P = 0,05$.

El mayor número de frutos lo consiguieron Archer, Top Mark y Hy Mark, quienes en promedio obtuvieron de 3-4 frutos por planta con un peso por fruto de 415,6-731,31 g.

CONCLUSIONES

- La validación de la escala logarítmica diagramática de siete clases (0-6) generada mostró valores de precisión

(r^2) de rango 0,78-0,92 y exactitud (b_1) de 0,84-1,07, lo que indicó reproducibilidad y factibilidad de emplearse como herramienta confiable para la medición de severidad inducida por *Pseudoperonospora cubensis* en el cultivo de melón, y ofrece mayores ventajas que las basadas en el porcentaje de área foliar dañadas.

- De acuerdo con la escala las variedades de melón Archer, Top Mark y Hy Mark permitieron las me-

nores tasas de infección aparente, con 0,01230; 0,01295 y 0,01225 unidad/día, respectivamente, y los que menores ABCPE acumularon durante el desarrollo de los cultivares con 251,9; 162,37 y 234,19%/día, respectivamente, lo que hace suponer propiedades de tolerancia a la enfermedad.

- Estos materiales obtuvieron el mayor número de fruto por planta y mayor peso de fruto.

REFERENCIAS

- Campbell, C. L.; L. V. Madden: *Introduction to Plant Disease Epidemiology*, John Wiley & Sons, New York, 1990.
- Herver, R. O.: «Control químico de la cenicilla vellosa (*Pseudoperonospora cubensis* Berk. & Curt.) Rostw. en melón (*Cucumis melo* L.)». Tesis de Maestría en Horticultura Tropical, Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios, Instituto Tecnológico Agropecuario no. 2, Conkal, Yucatán, México, 1999.
- Mendoza, Z. C.: *Enfermedades fungosas de hortalizas*, Ed. Universidad Autónoma Chapingo, México, 1996, pp. 30-33.
- Mora-Aguilera, G.; P. Rivas-Valencia; C. Góngora-Canul; A. Tovar-Soto; J. Cristóbal-Alejo; E. Loeza-Kuk; S. Michereff; A. Marinelli; K. Osada-Velázquez: «Sistemas computarizados en la epidemiología: 1, 2-LOG ver 1.0 y su aplicación en el diseño de escalas logarítmicas diagramáticas», XXIX Simposio Nacional de Parasitología Agrícola, 15-17 de octubre, Puerto Vallarta, México, 2003.
- Soria, F. M. J.; J. M. S. Tun; A. R. Trejo; S. Terán: *Tecnología para producción de hortalizas a cielo abierto en la península de Yucatán*, Ed. SEP-DGETA, Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios, Instituto Tecnológico Agropecuario no.2, Conkal, Yucatán, México, 2000, pp. 231-242.
- Spósito, M. B.; L. Amorim; J. Belasque; R. B. Bassanezi; R. Aquino: «Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação de severidade da mancha preta em frutos cítricos», *Fitopatologia Brasileira* 29(1):81-85, 2004.
- Thal, W. M.; C. L. Campbell; L. V. Madden: «Sensibility of Weibull Model Parameters Estimates to Variation in Simulated Disease Progression Data», *Phytopathology* 74:1425-1430, 1984.
- Tovar-Soto, A.; M. Hernández-Martínez; J. Cristóbal-Alejo; R. Romero-Hijo; G. Mora-Aguilera: «Escala logarítmica diagramática de severidad de la mancha negra (*Colletotrichum gloesporoides* Penz.) en chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.)», *Revista Mexicana de Fitopatología* 20(1):103-109, 2002.