



Revista Mexicana de Fitopatología

ISSN: 0185-3309

mrlegarreta@prodigy.net.mx

Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.

México

Góngora Canul, Carlos Cecilio; Pérez Hernández, Oscar; Pech Cauich, Oswaldo; Escamilla Bencomo, José Armando; Mora Aguilera, Gustavo

Gradientes de Diseminación del Amarillamiento Letal en Cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán, México

Revista Mexicana de Fitopatología, vol. 22, núm. 3, diciembre, 2004, pp. 370-376

Sociedad Mexicana de Fitopatología, A.C.

Texcoco, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61222309>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Gradientes de Diseminación del Amarillamiento Letal en Cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán, México

Carlos Cecilio Góngora-Canul, Colegio de Postgraduados (CP), Instituto de Fitosanidad (IFIT), Especialidad de Fitopatología, km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Edo. de México CP 56230; **Oscar Pérez-Hernández**, Iowa State University, Department of Plant Pathology, 351 Bessey Hall, Ames, Iowa, USA 50011-1020, **Oswaldo Pech-Cauich**, **José Armando Escamilla-Bencomo**+, Centro de Investigación Científica de Yucatán, Unidad de Bioquímica y Biología Molecular de Plantas, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná, Mérida, Yucatán, México CP 97200; y **Gustavo Mora-Aguilera**, CP-IFIT. Correspondencia: morag@colpos.mx

(Recibido: Agosto 11, 2003 Aceptado: Octubre 27, 2003)

Góngora-Canul, C.C., Pérez-Hernández, O., Pech-Cauich, O., Escamilla-Bencomo, J.A., y Mora-Aguilera, G. 2004. Gradientes de diseminación del amarillamiento letal en cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán, México. Revista Mexicana de Fitopatología 22:370-376.

Resumen. La severidad e incidencia del amarillamiento letal (AL) en cocotero (*Cocos nucifera*) se evaluó en una plantación de 30.7 ha en Sisal, Yucatán, México, durante 1999, con el fin de determinar el tipo y velocidad de gradientes de enfermedad, y así aportar bases biológicas para su erradicación. Se detectaron ocho focos de infección con distancias entre sí en el rango de 114 a 432 m, y los focos sirvieron para estimar 15 gradientes de diseminación del AL, los cuales se analizaron mediante los modelos exponencial negativo, Gregory y cuadrático. La significancia estadística y la r^2 (> 0.7) se emplearon para seleccionar el mejor modelo. Los datos se ajustaron mejor al modelo exponencial negativo, con tasas de dispersión entre -0.003 y -0.010 unidades m^{-1} y con distancias de dispersión de gradientes de 48 a 312 m sin un claro efecto de direccionalidad por viento. La incidencia estimada (y) al centro de foco estuvo en el rango de 35.8 a 92%. Dependiendo de la incidencia estimada en el centro de foco se generaron los siguientes gradientes de diseminación: $\ln(y) = 3.6 - 0.032(\text{dist})$ para incidencias de 0 a 40%; $\ln(y) = 3.9 - 0.012(\text{dist})$ para 40 a 60%; $\ln(y) = 4.26 - 0.023(\text{dist})$ para 60 a 100%. Estos gradientes se pueden emplear para estimar el tamaño de cordones fitosanitarios, o para fines de muestreo.

Palabras claves adicionales: Epidemiología, dispersión, erradicación, *Myndus*.

Abstract. Severity and incidence of lethal yellowing (LY) of coconut (*Cocos nucifera*) were assessed in 1999 on a 30.7 ha stand at Sisal, Yucatan, Mexico, to determine the type and rates of disease gradients in order to provide biological basis

for eradication. Eight infection foci and fifteen LY disease gradients were detected along the plantation. Foci were separated each other on a 114 to 432 m range. The fifteen disease gradients were analyzed using the following models: negative exponential, Gregory and quadratic. r^2 values (> 0.7) and significance values were used to choose the best model to describe disease gradients. The negative exponential model described best the gradients with rates of spread ranging from -0.003 to -0.010 units m^{-1} . Length of gradients varied from 48 to 312 m without a clear wind direction effect. Expected disease incidence (y) varied on the focus center between 35.8 to 92%. Depending on the incidence of the foci, three disease gradients models were estimated: $\ln(y) = 3.6 - 0.032(\text{distance})$ for LY incidence from 0 to 40%; $\ln(y) = 3.9 - 0.012(\text{distance})$ from 40 to 60%; $\ln(y) = 4.26 - 0.023(\text{distance})$ from 60 to 100%. These models can be used to define the width of phytosanitary belts and to design sampling schemes.

Additional keywords: Epidemiology, dispersal, eradication, *Myndus*.

En México, el amarillamiento letal (AL) en cocotero (*Cocos nucifera* L.) es una enfermedad inducida por un fitoplasma que destruyó con 13,000 ha de palmas en la Península de Yucatán (Robert *et al.*, 1991). La determinación de la dispersión del AL en tiempo y espacio se ha basado en recorridos de campo para definir las distancias geográficas y el tiempo transcurrido desde su detección en diversas regiones (Carrillo y Piña, 1990; Córdova, 2000; Escamilla *et al.*, 1995). Dichos reportes han servido para estimar la velocidad de diseminación del AL en México, pero carecen de bases epidemiológicas cuantitativas. Los únicos estudios de este tipo se han realizado en Florida y Jamaica y han consistido en la comparación de tasas epidemiológicas y estimaciones de gradientes de enfermedad (Britt, 1981; McCoy, 1976). En general, se asume que la diseminación de la enfermedad

ocurre de dos maneras: diseminación local continua (a través de un foco de infección) y diseminación discontinua, denominada “a saltos”, caracterizada por la aparición de una palma enferma en una área con ausencia de focos de enfermedad (Carter, 1966; Carter y Suah, 1964; Góngora, 2000; McCoy *et al.*, 1983). En 1994, 15 años después de su detección en Cancún, la enfermedad se detectó en los límites de Campeche y Tabasco diseminándose por saltos en un total de 900 km a través de la Península de Yucatán (Escamilla *et al.*, 1995). En 1995 y 1997 se confirmó la presencia del AL en los municipios de Frontera y Cárdenas en Tabasco. En Oaxaca y Guerrero, en 1997 y 2000, respectivamente, se reportaron focos de plantas con síntomas parecidos a los del AL inducidos por un fitoplasma. Molecularmente, sin embargo, este patógeno no fue idéntico al encontrado en el Sureste de México (Córdova, 2000). Este trabajo se planteó con el propósito de determinar y caracterizar los gradientes de diseminación local del amarillamiento letal del cocotero en Yucatán, mediante modelos cuantitativos de dispersión, con el fin de contribuir al conocimiento de las tasas y distancias de dispersión del AL a nivel de plantación, que permitan sugerir estrategias erradicativas en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio. Este estudio se llevó a cabo en julio de 1999 en una plantación de cocotero ubicada en las costas del poblado de Sisal, Yucatán. La parcela limita al norte con el Golfo de México; al sur con los municipios de Tetiz y Samahil; al este con Progreso, Ucú y Umán; y al oeste con Celestún. El clima que predomina en el área de estudio es el subtipo BS1 (h')w (x')igw'' (clima seco o estepario), con regímenes de lluvia en verano y temperatura media anual de 26.4°C. La precipitación total anual es de 483.7 mm. Los suelos característicos del lugar son de tipo regosoles y solonchaks (Duch, 1998). La parcela seleccionada consistió de 30.7 ha con una población de 4,800 palmas (20 palmas x 240 surcos) del ecotipo “alto del Atlántico”. La dirección de las palmas dentro de surcos fue de norte-sur y arregladas perpendicularmente a la playa (20 palmas por surco). La ubicación de los surcos (240) fue de este-oeste y arreglados paralelos a la costa. La separación entre palmas y surcos fue de 8 m. Esta parcela no cuenta con manejo agronómico desde hace 5 años y se ha confirmado la presencia del fitoplasma del AL por PCR (Pérez-Hernández *et al.*, 2004).

Toma de datos. Se realizó un censo en campo para facilitar la identificación de cada palma y surco. Para ello, se marcaron en el tronco con pintura en aerosol los números del surco y palma según su ubicación. Cada palma se evaluó visualmente para determinar la severidad de AL, asignándoles un valor numérico de 0-9, con base a la escala modificada de severidad de McCoy (1973).

Análisis de datos. Se generaron dos gráficas para identificar los focos de infección (picos máximos de incidencia), y caracterizar los gradientes de diseminación a ambos lados del foco (derecho e izquierdo) posteriormente. El gradiente

izquierdo correspondió a la orientación este y el derecho a la oeste. La primera consistió en generar un mapa geoestadístico interpolativo (gráfica tridimensional), donde a cada palma se le asignaron coordenadas (x, y, z) de acuerdo al número de surco, palma y valor de la severidad, interpolando con el programa Surfer® Ver 6.04 por el método de Shepard, el cual genera valores relativos de intensidad de la enfermedad. La segunda gráfica (bidimensional) consistió primero en el cálculo del porcentaje de incidencia del AL en secciones de 3 surcos de ancho (24 m) y todas las palmas de fondo (20 palmas aproximadamente, equivalente a 160 m). Se graficó el porcentaje de incidencia contra la distancia en metros y se identificaron los focos de infección y los gradientes. Los modelos matemáticos usados para analizar los gradientes fueron el modelo de Gregory $y = ax - b$, y el modelo exponencial negativo $y = a - bx$, donde y representa medidas de severidad o incidencia, x representa la distancia, a es la cantidad de inóculo en el foco y b es un parámetro (Campbell y Madden, 1990). El modelo cuadrático $y = a + b_1x + b_2x^2$ se utilizó para describir los gradientes que los modelos exponencial negativo o de Gregory no describieron satisfactoriamente; los dos primeros modelos se usaron en su forma logarítmica Gregory $\ln(y) = a - b \ln(x)$, y exponencial negativo $\ln(y) = a - b(x)$. La significancia estadística $Pr > F$ y la r^2 0.7 (coeficiente de determinación o precisión del modelo), se emplearon para seleccionar el modelo que mejor describió los gradientes. Los modelos se ajustaron mediante el programa SAS® para Windows® Ver. 6.11.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Focos de intensidad de la enfermedad fueron claramente identificados mediante el método geoestadístico, estableciéndose cuatro focos en toda la plantación con este procedimiento (Fig. 1). Sin embargo, con la gráfica bidimensional se identificaron ocho focos de infección de AL, los cuales se emplearon para la identificación y ubicación de los gradientes (Fig. 2). Se analizaron los gradientes en dirección este (lado izquierdo, hacia Progreso) y en dirección oeste (lado derecho, hacia Celestún) para cada foco. Al octavo foco, localizado en el extremo oeste de la plantación, sólo se le identificó y analizó un gradiente en dirección este. En total, 15 gradientes fueron identificados y analizados. Los modelos que mejor describieron los gradientes de enfermedad fueron el cuadrático y exponencial negativo, tanto para la dirección este como oeste; cada uno describió 13 gradientes (7 en dirección este y 6 en dirección oeste). Ningún modelo se ajustó al gradiente asociado al foco número 5 en dirección este y al foco 1 en dirección oeste. El modelo Gregory solamente describió 3 gradientes, el gradiente asociado al foco 3 en dirección este y 2 gradientes en dirección oeste (gradientes 3 y 5) (Cuadros 1 y 2). En epidemiología, los modelos comúnmente reportados en estudios de dispersión son el exponencial negativo y el de Gregory, pues tienen una explicación biológica, ya que estiman un único parámetro de tasa de dispersión asociado con la distancia (Campbell y

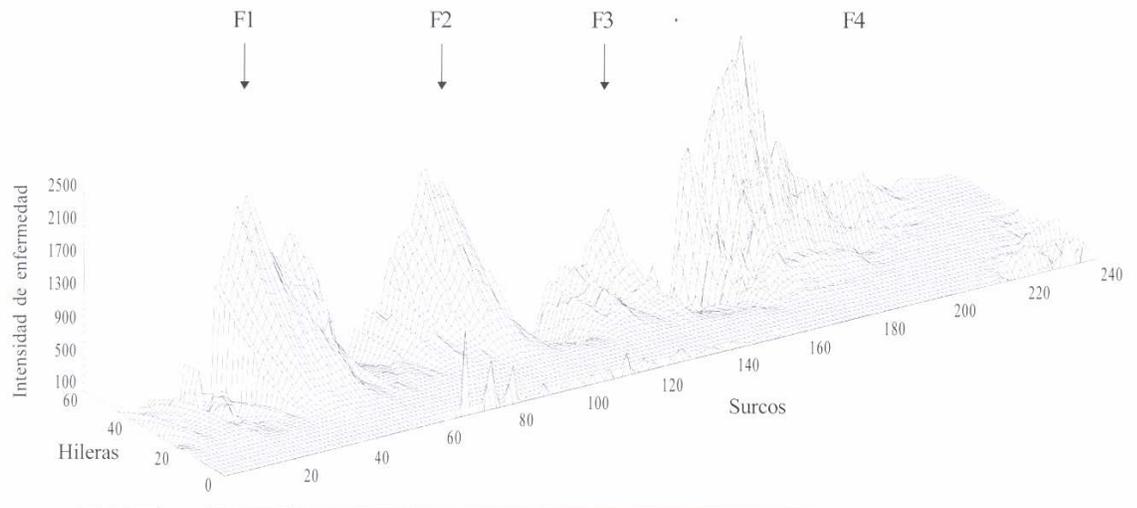


Fig. 1. Mapa geoestadístico interpolativo de la dispersión del amarillamiento letal del Cocotero (*Cocos nucifera*) en Sisal, Yucatán, México, mostrando los focos de intensidad de la enfermedad.

Madden, 1990; McCartney y Bainbridge, 1984; Minogue y Fry, 1983a), y se ajustan bien a gradientes de deposición de propágulos de patógenos para determinar su influencia en distancia para fines de control (McCartney y Bainbridge, 1984), en comparación con el modelo cuadrático que es un modelo empírico que no tiene una explicación biológica directa (Steel y Torrie, 1998). El modelo exponencial negativo se empleó para la descripción matemática de los gradientes de un foco teórico (Fig. 3). Con este modelo las tasas de

dispersión oscilaron entre -0.005 y -0.010 unidades m^{-1} en dirección este y de -0.003 a -0.032 en dirección oeste. Las distancias de dispersión oscilaron entre 48 y 312 m en dirección este y entre 48 y 288 m en dirección oeste; sin embargo, el número de gradientes más largos fue mayor en la dirección este. Estos resultados concuerdan con los reportados por Pérez (2000), quien determinó mediante un procedimiento de autocorrelación, que las distancias de dispersión del patógeno dentro de una plantación pueden ser

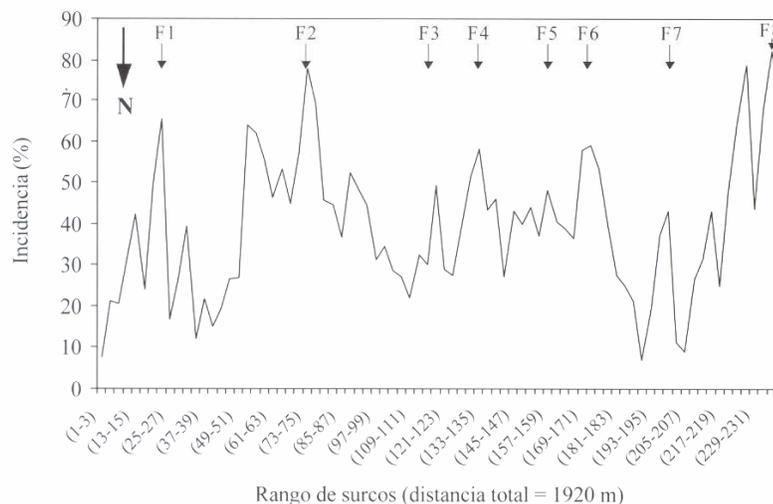


Fig. 2. Incidencia del amarillamiento letal en una plantación de coco (*Cocos nucifera*) en Sisal, Yucatán, México. Las flechas indican el centro de cada foco de infección. Los gradientes se definieron a los lados izquierdo (dirección este) y derecho (dirección oeste) de cada foco. Las distancias están expresadas en rangos de tres surcos (24 m), y la distancia entre surcos fue de 8 m.

Cuadro 1. Tasas de dispersión de los modelos exponencial negativo, Gregory y cuadrático, ajustados a los gradientes en dirección este (lado izquierdo) de los focos de incidencia de amarillamiento letal del cocotero (*Cocos nucifera*) en un huerto de Sisal, Yucatán, México, en 1999.

No. de gradiente	Gradientes en Dirección este (lado izquierdo)									
	Modelo exp. negativo			Modelo Gregory			Modelo cuadrático			
	b_1	r^2	Pr > F	b_1	r^2	Pr > F	b_1	b_2	r^2	Pr > F
1	-0.010^y	0.77	0.004	-0.182	0.44	0.0720	-0.420	0.0008	0.81	0.016
2	-0.005	0.76	0.0001	-0.168	0.34	0.0298	-0.082	-0.00030	0.73	0.0007
3	-0.010	0.83	0.089	-0.098	0.81	0.0985	-0.610	0.004	0.85	0.390
4	-0.010	0.96	0.020	-0.080	0.55	0.2596	-0.287	-0.002	0.99	0.070
5	-0.003	0.44	0.152	-0.040	0.30	0.2614	0.040	-0.001	0.51	0.341
6	-0.010	0.78	0.313	-0.049	0.37	0.5818	---- ^z	----	----	----
7	-0.025	0.91	0.046	-0.181	0.45	0.3292	-0.333	-0.002	0.98	0.137
8	-0.008	0.83	0.001	-0.171	0.36	0.0847	-0.290	-0.00002	0.95	0.0001

^yParámetros en negritas fueron estimados con modelos significativos (Pr < 0.1) y $r^2 > 0.7$.

^zEl número de observaciones fue insuficiente para estimar grados de libertad del error para el modelo cuadrático.

de hasta 64 m. Se observó que la distancia de los gradientes estuvo directamente relacionada con la intensidad de la enfermedad en sus respectivos focos de infección, requiriéndose 35.8% de incidencia para la conformación de gradientes. También concuerdan con el reporte del mismo autor, quien determinó que en el patrón espacio-temporal del AL en la misma localidad, el inicio de la agregación ocurre al 38.4% de la incidencia, incluyendo en ésta a las palmas muertas que no contribuían con inóculo en alguna fase de la epidemia. El rango de incidencia en los focos fue de 45.47 a 91.95% y al final de los gradientes de 8.65 a 39.37% estimados con base en los modelos matemáticos obtenidos en los gradientes de la dirección oeste (Fig. 3). El rango de incidencia estimada al inicio de los gradientes en dirección oeste fue de 35.8 a 70.0% y al final del gradiente con 7.5 a 35.8%. Cuando el porcentaje de incidencia estimada fue alto en el foco, la longitud de los gradientes tendió a ser más larga. Los resultados de estudios de gradientes espacio-temporales realizados en Florida (Britt, 1981), indican que la altura y la pendiente del gradiente determinan la edad del foco; así, un gradiente pronunciado con baja incidencia puede ser un gradiente joven o secundario el cual es formado a partir de un foco primario de infección con pendiente desvanecida y alta incidencia en el centro de foco, demostrando así la existencia de gradientes primarios y secundarios. Minogue y Fry (1983b) determinaron en estudios con tizón tardío que las tasas de severidad de la enfermedad (pendiente del gradiente) fue constante después de un periodo de estabilización. En este estudio sin embargo, no se puede

estimar la edad de los focos y gradientes dado que sólo existió una fecha de evaluación, aunque se ha estimado que la enfermedad apareció en la plantación desde 1987-1988 (Pérez, 2000). Adicionalmente, según lo reportado por Britt (1981), los gradientes determinados en este estudio son el resultado de un proceso temporal, donde los focos más jóvenes corresponden a gradientes de diseminación más cortos. A diferencia de otros estudios sobre la dispersión del AL, este estudio propone que dependiendo de la incidencia estimada al inicio del foco, se puede aplicar una ecuación estimada con la media de los parámetros del modelo exponencial negativo ajustados para un rango determinado de incidencia de enfermedad; si un foco tiene una incidencia de 0 a 40%, se puede aplicar el modelo $\ln(y) = 3.58 - 0.032(x)$; con incidencia de 40 a 60% se aplica $\ln(y) = 3.9 - 0.0118(x)$, y con incidencia de 60% a 100% se aplica $\ln(y) = 4.26 - 0.023(x)$. Las tasas de los gradientes varían de acuerdo al patosistema en función; en royas se ha reportado que los propágulos y las lesiones que se desarrollan decrecen aproximadamente con el inverso cuadrado de la distancia de la fuente de inóculo (Fernandino y Aylor, 1987) y que los gradientes pueden ser parcialmente independientes de otros procesos, como la tasa de esporulación o periodo de infección (Minogue y Fry, 1983a). La existencia de las diferentes longitudes de gradientes y su incidencia en el centro y final del foco, es el resultado de varios factores que operan durante los procesos de dispersión como el estado biológico del patógeno, el movimiento de los insectos (Gregory, 1968), densidad del hospedante, velocidad y la turbulencia del aire

(McCartney y Bainbridge, 1984). En este estudio del gradiente del fitoplasma causante del AL el cual es afectado por el factor vector (*Myndus crudus* Van Duzee), se determinó que este insecto es capaz de formar gradientes de infección similares a los producidos por algunos áfidos transmisores de virus (Gregory, 1968). Otra propuesta para el estudio de gradientes de patosistemas como la de Minogue y Fry (1983a), plantea que una nueva medida del gradiente de enfermedad (g) en estudios espacio temporales, es una simple relación entre la velocidad de dispersión (v) y tasa aparente de infección (r), específicamente, la relación $g = r/v$. Estos planteamientos aportarían un conocimiento más profundo de los gradientes de los patosistemas para fines de control. La información en este estudio es la única generada para el patosistema del AL del cocotero que puede usarse para definir la amplitud de cordones fitosanitarios, y para determinar áreas de muestreo en función de la incidencia de la enfermedad en un foco determinado para fines erradicativos (Jeger y Thresh, 1993; Mora-Aguilera y Escamilla-Bencomo, 2001).

CONCLUSIONES

Se detectaron focos de infección y gradientes de diseminación del amarillamiento letal(AL), en la parcela de Sisal, Yucatán, México. El modelo exponencial negativo fue adecuado para describir los gradientes en este trabajo; cuanto más alta fue la incidencia estimada en el centro del foco, mayor fue la longitud de sus gradientes. El número de gradientes con

distancias de dispersión más largas fue mayor en la dirección este y oscilaron de 48 a 312 m. No existió una clara tendencia de que los gradientes en una dirección tuvieran tasas de dispersión mayores. Dependiendo del porcentaje de incidencia que se tenga en el foco, se puede utilizar uno de los tres modelos obtenidos para fines erradicativos. Para definir la amplitud de un posible cordón fitosanitario, se puede considerar la longitud del gradiente más largo, por ejemplo, el gradiente en dirección este, asociado al foco número 8 con 312 m. Esta información sería muy útil aplicarla en el estado de Tabasco, y los estados del pacífico donde ya se ha reportado la enfermedad y que posiblemente los focos de infección no tienen alta incidencia en el centro, además que es donde se da la mayor producción de copra en nuestro País. Dado que este trabajo es uno de los pocos que cuenta con fundamentos biológicos y epidemiológicos, pudiera garantizar aún más la efectividad de un esquema de erradicación en comparación con los tradicionales, aunque con ciertas restricciones.

Agradecimiento. Los autores agradecen al proyecto SISIERRA No. 980107 y 20000120 por el financiamiento del trabajo; a la QBB Fátima Medina-Lara del Centro de Investigación Científica de Yucatán, por su valiosa ayuda en el laboratorio; y a la familia Caamal Cauch por el hospedaje y alimentación durante la fase de campo en Sisal, Yucatán.

Cuadro 2. Tasas de dispersión de los modelos exponencial negativo, Gregory y cuadrático, ajustados a los gradientes en dirección oeste (lado derecho) de los focos de incidencia de amarillamiento letal del cocotero (*Cocos nucifera*) en un huerto de Sisal, Yucatán, México, en 1999.

No. de gradiente	Gradientes en dirección oeste (lado derecho)									
	Modelo exp. negativo			Modelo Gregory			Modelo cuadrático			
	b_1	r^2	Pr > F	b_1	r^2	Pr > F	b_1	b_2	r^2	Pr > F
1	-0.009	0.44	0.22	-0.175	0.63	0.10	-0.704	0.003	0.54	0.46
2	-0.003^x	0.81	0.0001	-0.128	0.55	0.003	-0.249	0.0003	0.781	0.0005
3	-0.012	0.82	0.28	-0.095	0.99	0.01	----	----	----	----
4	-0.009	0.81	0.10	-0.076	0.55	0.26	-0.245	-0.002	0.84	0.40
5	-0.003	0.89	0.05	-0.037	0.95	0.02	-0.316	0.002	0.97	0.18
6	-0.013	0.87	0.002	-0.177	0.39	0.13	-0.434	0.0006	0.97	0.001
7	-0.032	0.85	0.25	-0.249	0.99	0.02	---- ^y	----	----	----
8	---- ^z	----	----	----	----	----	----	----	----	----

^xParámetros en negritas fueron estimados con modelos significativos (Pr < 0.1) y $r^2 > 0.7$.

^yEl número de observaciones fue insuficiente para estimar grados de libertad del error para el modelo cuadrático.

^zEl foco de incidencia número 8 no tuvo gradiente en dirección oeste (lado derecho).

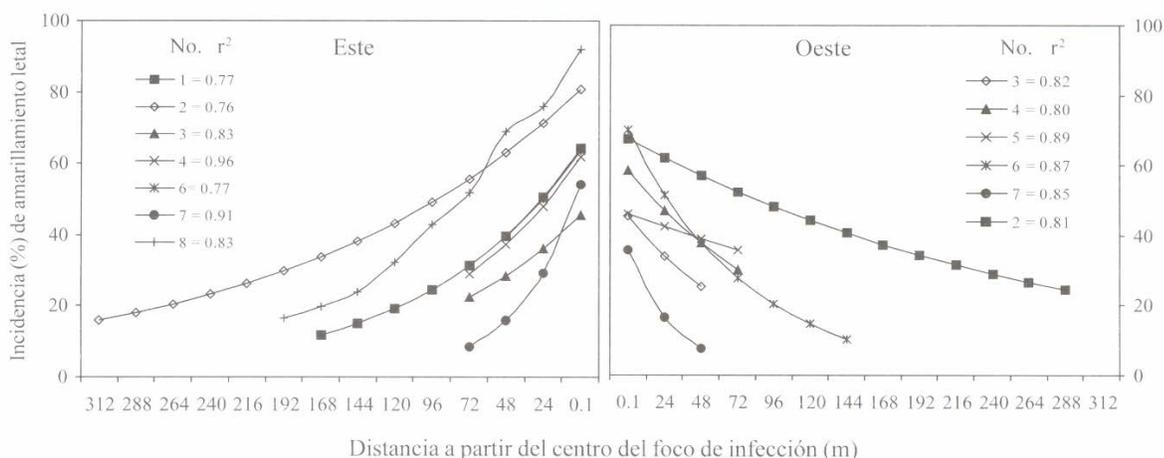


Fig. 3. Gradientes de diseminación del amarillamiento letal del cocotero (*Cocos nucifera*) en Sisal, Yucatán, México, en la dirección este (Sta. Clara) y oeste (Celestún) a partir de los focos de infección localizados en la distancia cero. El porcentaje de incidencia es el antilogaritmo de los valores de y , estimado por medio del modelo exponencial negativo. Los gradientes 5 en dirección este y 1 en dirección oeste no se graficaron porque no fueron ajustados adecuadamente por el modelo. El valor de r^2 denota que el modelo describió adecuadamente el gradiente.

LITERATURA CITADA

- Britt, L.L. 1981. A Study in Spatial Diffusion: Lethal Yellowing in *Cocos nucifera*. Master of Arts Thesis, University of Miami. Miami, Florida, USA. 115 p.
- Campbell, C.L., and Madden, L.V. 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. John Wiley and Sons, New York, USA. 532 p.
- Carrillo, R.H., y Piña, R.J. 1990. Situación del amarillamiento letal del cocotero en el sureste de México. pp. 69-93. En: M. Robert y V.D. Zizumbo (comp.). La Problemática del Amarillamiento Letal del Cocotero en México. CICY, Mérida, Yucatán, México. 197 p.
- Carter, W., and Suah, J.R.R. 1964. Studies of lethal yellowing of the coconut palm. FAO Plant Protection Bulletin 12:73-78.
- Carter, W. 1966. Susceptibility of coconut palm to lethal yellowing disease. Nature 212:320.
- Córdova, L.I. 2000. Estudio Sobre la Distribución Intraplanta y Dispersión del Amarillamiento Letal del Cocotero Mediante el uso de la Reacción en Cadena de la Polimerasa. Tesis de Maestría. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Mérida, Yucatán, México. 59 p.
- Duch, G.J. 1988. La Conformación Territorial del Estado de Yucatán. Centro Regional Universitario de la Península de Yucatán. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 427 p.
- Escamilla, B.J.A., Harrison, N.A., Nuñez, H., Alpizar, L., Córdova, I., Islas-Flores, I., and Oropeza, S.C. 1995. Practical use of DNA probe for the detection of lethal yellowing of *Cocos nucifera* L. in Mexico. pp. 93-99. In: C. Oropeza, F.W. Howard, and G.R. Ashburner (eds.). Lethal Yellowing: Research and Practical Aspects. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 250 p.
- Ferrandino, F.J., and Aylor, D.E. 1987. Relative abundance and deposition gradient of cluster of uredinospores of *Uromyces phaseoli*. Phytopathology 77:107-111.
- Góngora, C.C. 2000. Gradientes y Patrones Espaciales de Diseminación Espacial del Amarillamiento Letal del Cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán y Campeche. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 184 p.
- Gregory, P.H. 1968. Interpretation plant dispersal gradients. Annual Review of Phytopathology 6:189-212.
- Jeger, M.J., and Thresh, J.M. 1993. Modelling reinfection of replanted cocoa by swollen shoot virus in pandemically diseased areas. Journal of Applied Ecology 30:187-196.
- McCartney, H.A., and Bainbridge, A. 1984. Deposition gradients near to a point source in a barley crop. Phytopathologische Zeitschrift 109:219-236.
- McCoy, R.E. 1973. Effect of various antibiotics on development of lethal yellowing in coconut palm. Proceedings of the Florida State Horticulture Society 86:503-506.
- McCoy, R.E. 1976. Comparative epidemiology of lethal yellowing, kaintane and cadang-cadang diseases of coconut palm. Plant Disease Reporter 60:498-502.
- McCoy, R.E., Howard, F.W., Tsai, J.H., Donselman, H.M., Thomas, D.L., Bashan, H.G., Atilano, R.H., Eskafy, F.M., Britt, L., and Collins, M.E. 1983. Lethal Yellowing of Palms. University of Florida. Agriculture Experimental Station. Technical Bulletin No. 835. Gainesville, Florida, USA. 100 p.

- Minogue, K.P., and Fry, W.E. 1983a. Models for spread of disease: model description. *Phytopathology* 73:1168-1173.
- Minogue, K.P., and Fry, W.E. 1983b. Models for spread of Disease: some experimental results. *Phytopathology* 73: 1173 -1176.
- Mora-Aguilera, G., y Escamilla-Bencomo, J.A. 2001. Epidemiología del amarillamiento letal del cocotero. pp. 221-226. En: A. Bolaños Espinoza, H. Osada Velásquez, y C. Mendoza Zamora. Memoria del XXVIII Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Acapulco, Guerrero, México.
- Pérez, H.O. 2000. Patrón Espacio-Temporal del Amarillamiento Letal en Cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 108 p.
- Pérez-Hernández, O., Góngora-Canul, C., Medina-Lara, M.F., Oropeza-Salín, C., Escamilla-Bencomo, J.A., y Mora-Aguilera, G. 2004. Patrón espacio-temporal del amarillamiento letal en cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Yucatán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 22:231-238.
- Robert, M., Loyola, V.M., and Zizumbo, D. 1991. Lethal Yellowing in Mexico. *Bulletin BuroTropical* 1:1314.
- Steel, G.D., and Torrie, J.H. 1998. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. McGraw-Hill, México. 622 p.