



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA
AGRÍCOLA



PATRÓN ESPACIO-TEMPORAL DEL AMARILLAMIENTO LETAL
EN COCOTERO (*Cocos nucifera* L.) EN YUCATÁN, MÉXICO

TESIS PROFESIONAL

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO
ESPECIALISTA EN PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

PRESENTA:

OSCAR PÉREZ HERNÁNDEZ

BIBLIOTECA CICY

CHAPINGO, MÉXICO, DICIEMBRE DEL 2000



CONTENIDO

ÍNDICE GENERAL.....	I
Indice de cuadros.....	IV
Indice de figuras.....	V
Resumen.....	VII
Summary.....	VIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
1. Antecedentes del amarillamiento letal del cocotero en el mundo.....	4
2. Antecedentes del amarillamiento letal del cocotero en México.....	5
3. Aspectos del hospedante (<i>Cocos nucifera L.</i>).....	6
3.1. Origen y distribución.....	6
3.2. Importancia del cultivo.....	7
3.3. Descripción botánica y taxonomía de la palma de coco.....	8
3.4. Condiciones climáticas que requiere la palma de coco.....	10
4. Aspectos del patógeno.....	10
4.1. Ubicación de los fitoplasmas dentro de los procariotes.....	10
4.2. Fitoplasmas: historia y biología.....	11
4.3. Especies de palmas que se consideran susceptibles al amarillamiento letal (rango de hospedantes del fitoplasma causante del amarillamiento letal).....	13
4.4. Forma de transmisión.....	13
5. Aspectos de la enfermedad.....	14
5.1. Agente causal.....	15
5.2. Síntomas.....	15
5.3. Distribución actual del amarillamiento letal y enfermedades tipo amarillamiento letal.....	17
5.4. Métodos para la detección y diagnóstico del amarillamiento letal.....	18
5.4.1. Métodos convencionales.....	18
5.4.2. Métodos o técnicas moleculares.....	20
5.5. Métodos de control de la enfermedad.....	22
5.6. Epidemiología del amarillamiento letal.....	24
6. Información sobre el vector (<i>Myndus crudus</i> Van Duzee).....	25
6.1. Ubicación taxonómica y descripción.....	26
6.2. Ciclo biológico.....	27
6.3. Comportamiento.....	28
7. Aspectos epidemiológicos.....	28
7.1. Qué es una epidemia.....	28
7.2. Conceptos de epidemiología.....	29
7.3. Mediciones en epidemiología.....	29

7.3.1. Medición del hospedante.....	30
7.3.2. Medición del patógeno.....	30
7.3.3. Medición de la enfermedad.....	31
7.3.4. Medición del ambiente.....	31
7.4. Factores que favorecen las epidemias.....	32
7.5. Aspectos temporales y espaciales de epidemias.....	32
7.5.1. Análisis temporal.....	32
7.5.2. Análisis espacial.....	34
7.5.2.1. Gradiéntes de dispersión.....	34
7.5.2.2. Patrones espaciales.....	34
7.5.2.2.1. Importancia del análisis de patrones espaciales.....	35
7.5.2.2.2. Metodologías para el análisis de patrones espaciales.....	37
7.6. Epidemiología de enfermedades diseminadas por vectores.....	42
7.6.1. Generalidades.....	42
7.6.2. Patrones espaciales: consideraciones teóricas.....	43
7.6.3. Dinámica de vectores y movilidad.....	44
7.6.4. Ejemplos de enfermedades diseminadas por vectores.....	44
7.7. Consideraciones respecto al tamaño de cuadrante.....	45
8. Erradicación.....	47
8.1. Casos exitosos de erradicación.....	48
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	49
1. Ubicación geográfica de la zona de estudio.....	49
2. Características climáticas y edáficas.....	49
2.1. Clima.....	49
2.2. Suelo.....	51
3. Descripción de la plantación en la que se realizó el trabajo.....	51
4. Toma de datos en campo.....	52
4.1. Medición de la enfermedad.....	52
4.2. Registro de datos climáticos.....	54
4.3. Trampeo de <i>Myndus crudus</i>	55
4.4. Muestreo para nested-PCR.....	56
5. Análisis de datos.....	58
5.1. Incidencia y severidad de la enfermedad.....	58
5.2. Análisis del patrón espacio-temporal.....	58
5.2.1. Mapeo.....	58
5.2.2. Índices de agregación.....	59
5.2.2.1. Determinación del tamaño óptimo de cuadrante.....	59
5.2.2.2. Cálculo de índices de agregación.....	60
5.2.3. Análisis de autocorrelación espacial.....	61
6. Análisis temporal de epidemias de enfermedades causadas por fitoplasmas.....	62
IV. RESULTADOS.....	63
1. Comparación de datos climáticos.....	63
2. Capturas de <i>Myndus crudus</i>	63

3. Muestras analizadas por nested-PCR.....	63
4. Incidencia y severidad de la enfermedad.....	64
5. Patrón espacio-temporal.....	66
5.1. Mapeo.....	66
5.2. Índices de agregación.....	66
5.2.1. Tamaño óptimo de cuadrante.....	66
5.2.2. Valores de índices de agregación.....	68
5.3. Autocorrelación espacial.....	68
6. Análisis temporal de epidemias de enfermedades causadas por fitoplasmas.....	70
V. DISCUSIÓN.....	77
VI. CONCLUSIONES.....	85
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
VIII. APÉNDICES.....	102

RESUMEN

Un estudio sobre la determinación del patrón espacio-temporal del amarillamiento letal del cocotero (AL), se llevó a cabo en Yucatán, México, con el objetivo de proporcionar bases biológicas para un programa de erradicación. La investigación se realizó en una plantación de cocotero (*Cocos nucifera*) del ecotipo altos del Atlántico, localizada en Sisal, Yucatán. Luego se identificó dentro de la plantación un bloque de 400 palmas (20 X 20 palmas). Dicho bloque fue seleccionado principalmente debido a la baja incidencia de la enfermedad y a la ausencia de focos de amarillamiento letal definidos. En este bloque se llevaron a cabo evaluaciones mensuales de la incidencia y severidad de la enfermedad. La severidad fue medida mediante una modificación de la escala propuesta por McCoy. En Julio de 1999 se midió la enfermedad en toda la plantación (4800 palmas). La segunda evaluación fue realizada en Diciembre de 1999 y a partir de este mes, las evaluaciones fueron realizadas a intervalos de 30 días hasta Junio del 2000. El patrón espacial de la enfermedad fue analizado mensualmente mediante: 1) índices de agregación (Morisita y Lloyd), 2) autocorrelación espacial y 3) mapas geoestadísticos interpolativos. La presencia del fitoplasma y del vector potencial *Myndus crudus* fue confirmada mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) y trampeo, respectivamente. Previo al cálculo de los índices de agregación, se determinó el tamaño óptimo de cuadrante mediante el procedimiento de Greig-Smith, usando como variables el número de palmas enfermas y la severidad absoluta por cuadrante. En Julio de 1999 sólo una palma mostró síntomas de AL en el bloque de 400 palmas (grado 7). Para Junio del 2000, 42 palmas fueron evaluadas visualmente como enfermas de AL. La epidemia tuvo un comportamiento exponencial y un incremento de incidencia de 10% en todo el año de estudio, con una tasa promedio de infección aparente de 0.023 unidades mes⁻¹ ($r^2 = 0.84$). Tanto el índice de Morisita como el de Lloyd indicaron aleatoriedad para todo el periodo de estudio con un tamaño de cuadrante de 16 (4 X 4 palmas). Los análisis de autocorrelación indicaron la presencia de pequeños agregados de palmas enfermas orientados de Norte a Sur, y de palmas enfermas individuales a 4 y 8 lags espaciales en dirección Este-Oeste. Dicha agregación podría ser indicativa del posible movimiento de vectores infectivos de palma a palma. Los mapas geoestadísticos mostraron que el patrón espacial fue aleatorio hasta Abril del 2000. Sin embargo, en los últimos dos meses, mostraron agregación, la cual se hizo evidente con un 38% de incidencia de la enfermedad. Estos resultados justifican la erradicación de palmas enfermas individuales siempre y cuando la detección se realice en la fase inicial de la epidemia y cuando aún no exista el inicio de formación de agregados.

Palabras clave: amarillamiento letal, epidemiología, fitoplasma, autocorrelación espacial, *Cocos nucifera*.