



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

V N A M

**EVALUACION DE OXITETRACICLINA (OTC) PARA
PREVENCION Y REMISION DE SINTOMAS DEL
AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO
(Cocos nucifera, L) EN QUINTANA ROO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA AGRICOLA

P R E S E N T A
GRACIELA LEMUS TEJEDA

DIRECTOR :
M. C. HUMBERTO CARRILLO RAMIREZ
ASESOR :
BIOL. MARCOS ESPADAS RESENDIZ

CUAUTITLAN - IZCALLI, EDO. DE MEX.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

UNAM



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

- I. INDICE GENERAL
- II. INDICE DE CUADROS
- III. INDICE DE FIGURAS
- IV. ANEXOS

I. INDICE GENERAL

	PAG
RESUMEN	v
1.- Introducción	1
1.1. Objetivos e Hipótesis	3
2.- Revisión de Literatura	4
2.1. Cultivo-Vector-Enfermedad	4
2.1.1. El Cocotero, Importancia y Superficie Nacional	5
2.1.2. Antecedentes del Amarillamiento Letal	7
2.1.2.1. Etiología	10
2.1.2.2. Síntomas	14
2.1.3. El Vector, Clasificación y Bioecología	18
2.1.4. Especies Atacadas por Amarillamiento Letal	21
2.2. Métodos de Detección del Amarillamiento Letal	23
2.2.1. Por Sintomatología	25
2.2.2. Por Sondas de ADN	27
2.2.3. Por Monitoreo del Comportamiento de Estomas	29
2.2.4. Por Microscopía	32
2.3. Métodos de Control del Amarillamiento Letal	35
2.3.1. Control Cultural	36
2.3.2. Control Legal	38
2.3.3. Control Físico	39
2.3.4. Control Biológico	39
2.3.5. Control Genético	40
2.3.6. Control Químico	44
2.3.6.1. Oxitetraciclina (OTC)	45
2.3.6.1.1. Remisión de Síntomas	46
2.3.6.1.2. Modo de Acción	49
2.3.6.1.3. Mecanismo de Acción	52
2.3.6.1.4. Prevención, Protección y Control	53
2.3.6.1.5. Dosificación y Frecuencia de Aplicaciones	56

2.4. Métodos de Aplicación de Oxitetraciclina (OTC)-----	60
2.4.1. Aplicador Mauget-----	60
2.4.2. Inyección por Gravedad-----	61
2.4.3. Inyección de Aire a Presión-----	62
3.- Materiales y Métodos-----	65
3.1. Area de Estudio y Fitómetro Empleado-----	65
3.2. Tratamientos Evaluados y Diseño Experimental-----	68
3.3. Método de Aplicación Empleado-----	71
3.4. Evaluación de los Tratamientos-----	72
4.- Resultados y Discusión-----	74
4.1. Caracterización del Fitómetro Empleado-----	74
4.1.1. Categoría 1 (C-1)-----	74
4.1.2. Categoría 2 (C-2)-----	75
4.1.3. Categoría Sano Aparente (S.A)-----	75
4.2. Respuesta a los Tratamientos en C-1-----	77
4.2.1. Amarillamiento de Hojas Inferiores (AHI)-----	77
4.2.2. Secamiento de Hojas Inferiores-Amarillamiento de Hojas Medias (SHI-AHM)-----	78
4.2.3. Amarillamiento Total-Hoja Guía Sana (AT-HGS)-----	79
4.2.4. Colapso del Follaje-Hoja Guía Muerta (CF-HGM)-----	79
4.3. Respuesta a los Tratamientos en C-2-----	93
4.3.1. Secamiento de Hojas Inferiores-Amarillamiento de Hojas Medias (SHI-AHM)-----	93
4.3.2. Amarillamiento Total-Hoja Guía Sana (AT-HGS)-----	95
4.3.3. Colapso del Follaje-Hoja Guía Muerta (CF-HGM)-----	96
4.4. Respuesta a los Tratamientos en Palmas Sanas Aparentes (S.A)-----	107
5.- Conclusiones-----	113
6.- Bibliografía-----	115

II. INDICE DE CUADROS

	PAG
1.- Requerimientos ecológicos del cocotero-----	5
2.- Superficie sembrada de coco a nivel nacional por región y estado-----	6
3.- Distribución geográfica del Amarillamiento letal a nivel internacional-----	8
4.- Presencia y dispersión del Amarillamiento letal en la Península de Yucatán-	9
5.- Escala para evaluar severidad de ataque del Amarillamiento letal -----	17
6.- Hospederas de adultos de <u>Myndus crudus</u> Van Duzee, vector del Amarillamiento letal del cocotero en la Península de Yucatán-----	22
7.- Lista de especies de palmas susceptibles al Amarillamiento letal-----	24
8.- Nombres comunes y científicos de especies de palmas ornamentales y económi - camente importantes que no son susceptibles al Amarillamiento letal-----	25
9.- Respuesta de palmas afectadas por A. letal tratadas con diferentes agentes químicos en etapa de pre-amarillamiento-----	59
10.- Relación general de los tratamiento evaluados-----	70
11.- Relación de los tratamientos por categoría de infección-----	71
12.- Caracterización del fitómetro empleado-----	76
13.- Días a AHI en categoría de infección C-1-----	77
14.- Días a SHI-AHM en categoría de infección C-1-----	78
15.- Días a AT-HGS en categoría de infección C-1-----	79
16.- Días a CP-HGM en categoría de infección C-1-----	81
17.- Días a SHI-AHM en categoría de infección C-2-----	94
18.- Días a AT-HGS en categoría de infección C-2-----	95
19.- Días a CP-HGM en " de " C-2-----	96
20.- Días transcurridos para cada etapa del Amarillamiento letal por categoría de infección-----	107
21.- Palmas que contrajeron el Amarillamiento letal antes y después de los - 140 días posteriores a la aplicación-----	109
22.- Porcentaje de palmas Sanas Aparentes dentro de los primeros 140 días de - la aplicación-----	110

III. INDICE DE FIGURAS

	PAG
1.- Area de estudio-----	67
2.- Categoría 1 (C-1)-----	82
3.- Terramicina Inyectable (T.I) en Categoría C-1-----	84
4.- Ingrediente Activo (I.A) en Categoría C-1-----	88
5.- Terramicina Soluble (T.S) en Categoría C-1-----	91
6.- Categoría 2 (C-2)-----	98
7.- Terramicina Inyectable (T.I) en Categoría C-2-----	100
8.- Ingrediente Activo(I.A) en Categoría C-2-----	102
9.- Terramicina Soluble (T.S) en Categoría C-2-----	105
10.- Porcentaje de palmas Sanas Aparentes-----	112

IV. ANEXOS

1.- Presencia y dispersión del Amarillamiento letal del cocotero en la Península de Yucatán-----	121
2.- Aplicador Mauget-----	122
3.- Inyección por Gravedad-----	123
4.- Método de Aplicación Empleado-----	124

RESUMEN

Desde su detección en el norte de Quintana Roo, el Amarillamiento letal del cocotero (Cocos nucifera, L.) en importantes zonas turísticas del estado, ha causado severos estragos al destruir poblaciones de palmas utilizadas como ornato.

Los efectos devastadores de su dispersión se han dejado sentir en algunas otras áreas de la Península de Yucatán. Lo más alarmante de esta enfermedad, es que amenaza con invadir localidades donde la producción de copra es la actividad principal.

La aplicación de oxitetraciclina (OTC) a cocoteros afectados por Amarillamiento letal como método de diagnóstico y posible control; así como la prevención del mismo en palmas sanas aparentes a nivel regional, no ha sido probada; por lo que la presente investigación estuvo encaminada a generar información con el empleo de este antibiótico.

Se evaluaron tres formulaciones de oxitetraciclina (OTC) como ingrediente activo; los productos utilizados fueron: Terramicina Inyectable, Ingrediente Activo y Terramicina Agrícola 5%. Las dosis probadas fueron 0.5, 1.0 y 2.0 gramos.

Se empleó el diseño de completamente al azar con 3 repeticiones y para tratamiento fueron seleccionados 54 cocoteros (27 para cada categoría de infección) de los C.V. Híbridos o Criollos Regionales con síntomas tempranos (Caída de Frutos e Inflorescencias Necróticas) a inicialmente tardíos (Caída de Frutos, Inflorescencias Necróticas y Amarillamiento en Hojas Inferiores). Además se incluyeron 27 palmas sanas aparentes y 9 testigos (3 por categoría).

El antibiótico fué inyectado a presión en el tronco de cada palma, utilizando el método recomendado por Oropeza (1991).

Las observaciones y resultados demostraron, que la remisión de síntomas no fué obtenida con las formulaciones y dosis probadas; sin embargo, si fué evidente un retraso en la expresión y progreso de los síntomas del Amarillamiento letal con la terramicina inyectable en dosis de 2.0 g. de ingrediente activo por palma; la terramicina soluble por el contrario ocasiona sedimentos que dificultan su uso en el método de aplicación empleado.

Como método curativo, la oxitetraciclina (OTC) no mostró efectos que pudieran calificarlo como herramienta en el diagnóstico de la enfermedad; y como método preventivo los estudios requieren de mayor precisión a pesar de la tendencia a ser positivos.

1.0. INTRODUCCION

El cocotero (Cocos nucifera, L.) es un cultivo típico de las zonas tropicales y subtropicales. Reviste una gran importancia, tanto por su adaptación a distintas zonas ecológicas, como por el alto valor que representa por la producción de copra. Por otro lado, incide también en la economía nacional a través de la elaboración de artesanías y el pequeño comercio de frutos, y al generar fuentes de trabajo tanto fijo como eventual en campo e industria transformadora. Como atractivo turístico, el cocotero significa un importante ingrediente del paisaje tropical, y es considerado el símbolo del trópico húmedo más estimado en las áreas turísticas.

En los últimos años, la producción y todo lo que gira alrededor del cultivo se ha visto amenazado por el Amarillamiento letal, enfermedad que a partir de su detección en el norte de Quintana Roo, ha invadido paulatinamente el resto de la Península de Yucatán estimándose hasta 1991 una superficie afectada de 6450 has. El número de palmas muertas asciende a 600 mil aproximadamente.

Se tienen evidencias de que un Organismo Tipo Micoplasma (OTM) es el agente causal y que existe un insecto conocido como chicharrita pálida (Myndus crudus Van Duzee) (Homóptera: Fulgoroidea: Cixiidae) involucrado en la transmisión.

El diagnóstico seguro de esta enfermedad incluye la observación directa del patógeno a través de microscopía electrónica, sin embargo es costoso y de muy difícil implementación; por lo que se ha planteado la urgente necesidad de investigar más a fondo otros medios alternativos igualmente sensibles y confiables. Por esta razón, científicamente se ha aceptado el diagnóstico del

Amarillamiento letal del cocotero por sintomatología y la posterior confirmación de la participación del Organismo Tipo Micoplasma (OTM) mediante la inyección directa al tronco de antibióticos bajo presión de aire. La respuesta positiva de las palmas infectadas involucra la remisión de síntomas; entendiéndose ésto, como el crecimiento sano de brotes nuevos. Además, esto puede ser una buena opción para el diagnóstico de la enfermedad.

El ingrediente activo más utilizado es la oxitetraciclina. La quimioterapia a base de este antibiótico ha probado en algunos lugares del mundo ser eficiente como método curativo (remisión de síntomas) y nada impide pensar en la posibilidad de evitar (método preventivo) que la enfermedad afecte a cocoteros altamente estimados por su ornato o valor genético. Es importante señalar por tanto, que la oxitetraciclina puede integrarse como método de control buscando la protección entre la muerte inexorable de un cultivar susceptible y el desarrollo de un cultivar resistente trasplantado como reemplazo.

De todo esto se desprende la importancia de contar con información generada regionalmente sobre la respuesta de las palmas afectadas por Amarillamiento letal a la aplicación de oxitetraciclina, y que dicha información afirme o en su caso niegue el valor de este antibiótico como método práctico, seguro y económico. No se descarta la utilidad de la oxitetraciclina como medida preventiva de la enfermedad.

En la presente investigación se trató de generar dicha información, para lo cual se plantearon los siguientes objetivos:

1.1. Objetivos e Hipótesis

1. Evaluar formulaciones y dosis del antibiótico oxitetraciclina (OTC) en categorías de infección preestablecidas para la prevención y remisión de síntomas del Amarillamiento letal del cocotero.

2. Generar una herramienta confiable en el diagnóstico del Amarillamiento letal del cocotero a través del tratamiento selectivo con el antibiótico oxitetraciclina (OTC).

El trabajo se fundamentó en las siguientes hipótesis :

1. Si se aplica el antibiótico oxitetraciclina (OTC) con carácter curativo, entonces inducirá en las palmas una visible remisión de síntomas como respuesta al efecto del antibiótico.

2. Si se aplica oxitetraciclina (OTC) de manera preventiva, entonces ninguna palma mostrará síntomas del Amarillamiento letal durante los 4 primeros meses posteriores a la aplicación del antibiótico.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 Cultivo-Vector-Enfermedad

La presencia de una alta incidencia de la chicharrita pálida (Myndus crudus Van Duzee), vector del Amarillamiento letal, en plantaciones de coco deben originar una secuencia de acciones de protección, investigación, etc. ya que hay muchas probabilidades de que la afluencia de estos insectos adultos, en estado infectivo, sea motivo de diseminación hacia palmas sanas.

La chicharrita pálida (Myndus crudus Van Duzee) pasa los estados de huevecillo y ninfales cerca de la superficie del suelo en raíces de pastos y malezas cercanas al cultivo, hospederos de los que emerge como adulto para después iniciar la alimentación y cópula en el follaje de las palmas, regresando a las raíces de gramíneas u otras hospederas para ovipositar y continuar así su ciclo biológico. La dispersión ocurre cuando el insecto adulto se alimenta en el floema de palmas infectadas, donde se encuentran confinados los microorganismos tipo micoplasma y repite la operación en cocoteros sanos. Cualquier estudio encaminado a generar alguna información sobre Amarillamiento letal, sea de la naturaleza que fuere, debe invariablemente contemplar la consulta sobre el trinomio cultivo-vector-enfermedad y establecer la relación entre sus componentes; esto eficientizará el diseño, conducción, ejecución y análisis del estudio en cuestión. Estas consideraciones motivan la siguiente revisión bibliográfica.

2.1.1 El Cocotero, Importancia y Superficie Nacional

Acerca del origen del cocotero Harries (1977) (citado por Hernández, 1990) en relación al origen de la palma de coco (Cocos nucifera L.) señala que no es originaria de América. A México llegó siguiendo dos rutas: La del Océano Atlántico, favorecida por el tráfico de esclavos entre África y América en la primera mitad del siglo XVI; así mismo, De la Peña (1949) (citado por Hernández, 1990) menciona como otra ruta la del Océano Pacífico, establecida en la segunda mitad de esa misma centuria, y propiciada por la "Nao de China".

Sobre el origen y morfología del cocotero (Fremont et.al, 1966; Ochse et. al, 1976) hacen una completa descripción. Así mismo Ohler (1986) hace una recopilación en relación a usos y subproductos.

El Cuadro 1 tomado y modificado de González (1990) resume los requerimientos ecológicos de la palma de coco.

CUADRO 1.-REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS DEL COCOTERO

CONDICIONES CLIMATICAS Y CARACTERISTICAS DEL SUELO	REQUERIMIENTO
Temperatura media anual	27°C.
Precipitación anual	1300-2500 ml.
Temperatura de germinación	32° C-35°C
Luminosidad	2000 hrs/sol/año
Humedad relativa	78%-90%
Suelos	Airsados, drenados. De 1 m de profundidad.
pH	7 óptimo. Tolera desde 5.5-7.5.
Salinidad	6 milliomhs.

González (1990) estima que la superficie de cocotero a nivel nacional es de 204,470 has. de las cuales 53,753 has.(26.3%) corresponden a la región Golfo-Caribe y 150,717 has.(73.7%) a la región Costa del Pacífico (Cuadro 2).

CUADRO 2.- SUPERFICIE SEMBRADA DE COCO A NIVEL NACIONAL POR REGION Y ESTADO

REGION Y ESTADO	SUPERFICIE	SOLA	ASOCIADA	RIEGO	TEMPORAL
Golfo-Caribe	53,753	42,723	11,030	-	53,753
Tabasco	27,770	17,772	9,998	-	27,770
Veracruz	11,600	10,728	882	-	11,600
Campeche	7,151	7,001	150	-	7,151
Yucatán	3,732	3,732	-	-	3,732
Q. Roo	3,500	3,500	-	-	3,500
Pacífico	150,717	107,796	42,921	59,865	90,852
Guerrero	80,000	78,000	2,000	16,000	64,000
Colima	33,831	7,784	26,047	33,448	383
Oaxaca	11,700	3,092	8,608	-	11,700
Michoacán	8,109	4,883	3,226	5,917	2,192
Sinaloa	6,868	6,868	-	-	6,868
Jalisco	6,577	3,748	2,829	4,500	2,077
Chiapas	2,011	1,600	411	-	2,011
Nayarit	1,621	1,621	-	-	1,621
Total	204,470	150,519	53,951	59,865	144,605

(Cabello et.al, 1986; CONAFRUT, 1987) (citados por Robert y Zizumbo, 1990) mencionan que se producen cerca de un millón de toneladas de coco que rinden 166,000 ton. de copra y una vez procesadas dan aproximadamente 100,000 ton. de aceite.

Teliz (1990) estimó en 1988 una producción de 170,000 ton. de copra, cuyo valor de una hectárea en producción fué de 10 millones de pesos.

(Berdeja, 1987) (citado por Robert y Zizumbo, 1990) enfatiza, que la palma de coco es fuente de trabajo para más de 50,000 personas entre pequeños propietarios, comuneros, ejidatarios, obreros, jornaleros, transportistas.

2.1.2. Antecedentes del Amarillamiento Letal

Colli y Hernández (1990) resumiendo la labor de varios investigadores indican que la enfermedad del Amarillamiento letal del cocotero (Cocos nucifera, L.) fué citada primeramente en Jamaica en 1891. Sin embargo la descripción más antigua por sintomatología data de 1834 en las Islas Gran Caimán; se reporta más tarde en Cuba, Haití, Bahamas y República Dominicana. En 1955 es aplicado por primera vez el nombre de Amarillamiento letal por Nutman y Roberts. Y es en 1978 cuando la enfermedad se reporta en Texas, E.U.A.

En el Cuadro 3 tomado y modificado de Colli y Hernández (1990) se condensa la distribución geográfica del Amarillamiento letal a nivel internacional.

La enfermedad del cocotero, el Amarillamiento letal invadió México en 1977 aunque fué oficialmente declarada su presencia hasta 1982; la zona norte de Q.Roo fué la puerta de entrada y se especula que los vientos dominantes procedentes del área caribeña fueron el vehículo transportador del insecto en estado infectivo. Otra explicación es que importaciones de pasto y otros ornatos desde la Florida, E.U., destinados a embellecer la infraestructura turística del área, fueron la causa de diseminación del vector infectivo.

Cualquiera que haya sido la causa, a mediados de 1992 la enfermedad se localiza invadiendo los tres estados que integran la Península de Yucatán y amenaza seriamente a las entidades vecinas.

Por lo que respecta a los antecedentes y dispersión de la enfermedad en México, Carrillo (1992) proporciona los siguientes datos; mismos que se presentan en el Cuadro 4, y que se representan en el Anexo 1.

CUADRO 3. DISTRIBUCION GEOGRAFICA DEL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCO - TERO A NIVEL INTERNACIONAL. Collí y Hernández (1990).

PAIS	AÑO EN QUE SE REPORTA LA ENFERMEDAD	PERDIDAS EN LA POBLACION DE PALMAS DE COCO
Isla Gran Caimán Jamaica	1834*	
	1870	Una enfermedad análoga destruyó - gran número de palmas.
	1891*	
	1944	Destruyó plantaciones a una ve - locidad de 200,000 palmas/año.
	1972	Se confinó en B. Montego, matando 100,000 palmas en el occidente.
	1965-1985	Se perdieron 8 millones de pal - mas aproximadamente.
Cuba	1870*	
	1940	Habían sido destruidas casi to - das las plantaciones de coco.
Haiti	1880*	
	1920	Se le nombra enfermedad descono - cida de Jamaica.
	1940	Fueron destruidas 8,000 palmas.
	1945	La enfermedad atacó palmas dati - leras.
	1955	Se reemplazó el nombre por Ama - rillamiento letal.
República Dominicana	1929*	
	1962	Se diagnosticó Amarillamiento - letal.
	1980	Hubo muy pocos casos de enfer - medad o no se detectó.
Bahamas	1946	La enfermedad estaba presente - desde 20 años antes.
Ghana	1932-1959	Destruyó 100,000 palmas de coco.
	1976	La enfermedad fue altamente acti - va.
Togo	1932*	
	1937-1941	Destruyó 1,000 palmas de coco.
	1947-1954	Destruyó 4,000 palmas de coco.
	1961-1964	" 40,000 cocoteros.
Cameroon	1937	Se le nombró enfermedad Kribi.
	1977	Se confirmó el Amarillamiento.
Nigeria	1917	Destruyó 500 palmas de coco.
	1951	Se comprobó el Amarillamiento.
Estados Unidos	1937	Afectó 30 palmas en Florida.
	1955	Se cita que dicha enfermedad - apareció en este lugar.
	1971-1985	Se han perdido cerca de 500,000 cocoteros en el sur de Florida.

* = Se reporta por primera vez el Amarillamiento letal.

CUADRO 4. ANTECEDENTES Y DISPERSION DEL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO EN LA PENINSULA DE YUCATAN. Tomado y modificado de - Carrillo (1992).

ESTADO	LOCALIDADES AFECTADAS	AÑO EN QUE FUE DETECTADO EL AMARILLAMIENTO	PERDIDAS EN LA POBLACION DE PALMAS
Quintana Roo	Isla Mujeres y Cancún	1977*	
		1982**	
	Tulum, Xel-ha, Cozumel, Isla Holbox, P. del Carmen, Puerto Morelos	1984	80% de la población original.
	Tramo Holbox-Tulum, Punta Allen	1986	Devastó 40 Km. de costa.
	Felipa Carrillo Puerto, José Ma. Morelos	1986	
	Punta Pájaros, P. Herrero	1987	
	Area urbana de Chunhuhub	1989	
	Chetumal	1989	
	Limonas, Pco. Villa, Tramo Majahual-Xcalac	1990	
	Isla Holbox-Chetumal		Fueron afectados - 600 Km. de costa y una pérdida de 400 mil palmas.
Yucatán	El Cuyo	1985	120 has. de cocoteros de ornato.
	Valladolid	1985	
	Chichén-itza, Mérida	1987	
	8 localidades del ote. del edo. entre ellas San Crisanto	1988	
	Sta. Clara, Telchac, Progreso y Celestán	1989	
	Chixulub, Progreso	1989	Infecciones del - 15-20%.
	Chixulub, Progreso	1990	Afectadas el 90% de las palmas.
	Yucalpetén	1989-1990	6,000 palmas muertas.
Campeche	Chelem	1990-1991	Síntomas solo en 15% de cocoteros.
	Hecelchecán,	1990	55 palmas afectad.
	Champotón	1990	
	Isla Aguada	1990	

*= Poco original de infección.

** =Confirmación oficial de la enf.

Es importante mencionar que la dispersión y avance de la epifitía ocurre en dos formas principales: local o radial, y por saltos. En la primera forma la enfermedad se disemina alrededor de 1 ó varias plantas enfermas; en la segunda, se detectan nuevas palmas con síntomas a varias decenas e incluso centenas de Km. del foco de infección más próximo (Tsai, 1980).

Carrillo y Piña (1985) y Carrillo (1991) mencionan que ambas formas de dispersión han sido detectadas en el estado de Quintana Roo y que sin duda el más peligroso patrón de dispersión es el patrón por saltos, al que se le atribuye la infección en la Península de Yucatán y que se pronostica causará la afectación del estado de Tabasco.

2.1.2.1. Etiología

McCoy et. al (1983) reportan que el primer estudio para investigar el agente causal del A. letal del cocotero se inició en 1880 por biólogos cubanos.

Debido a que las palmas afectadas presentaban necrosis en tejidos jóvenes y pudriciones blandas en la corona, desde fines de 1800 hasta 1970 se llevaron a cabo estudios sobre bacterias y hongos; sin embargo, después de pruebas de patogenicidad, aislamientos y observaciones al microscopio electrónico, se concluyó que únicamente actúan como invasores secundarios, McCoy et.al (1983).

De igual manera, se aceptó, que los nemátodos no están correlacionados con el Amarillamiento letal, después de estudios con diferentes tipo de suelo infectado (Carter y Suah, 1965; Latta, 1966; Bruner y Boucle, 1943) (citados por Ferrales, 1987).

Durante mucho tiempo prevaleció la idea entre los investigadores de que el Amarillamiento letal, era causado por virus (Price, et.al., 1968; Martínez y Roberts, 1967) (citados por Ferrales, 1987).

Fué hasta 1972, cuando el patógeno del Amarillamiento letal fué descubierto (Beakbane, et.al, 1972; Plavsic-Banjac, et.al., 1972) al observar por microscopia electrónica Organismos Tipo Micoplasma (OTM) en tejidos del floema de palmas afectadas. En apoyo a tal descubrimiento existen dos evidencias: La primera es que los Organismos Tipo Micoplasma (OTM) son encontrados en forma consistente en palmas enfermas y no en sanas, y la segunda, es que las palmas enfermas responden favorablemente a la aplicación de oxitetraciclina (OTC). Los micoplasmas y Organismos Tipo Micoplasma (OTM) son sensibles al efecto de la tetraciclina (McCoy, 1972, 1973, 1975).

Oropesa (1990) en términos generales define a un micoplasma como un organismo delimitado por una membrana, que contiene ribosomas y DNA; a diferencia de las bacterias carecen de pared celular, son más pequeños y son insensibles a la penicilina. Añade que un Organismo Tipo Micoplasma (OTM) es un organismo que se sospecha es micoplasma pero que no ha sido aislado para confirmarlo.

(Davis et.al, 1978; Behncken, 1983; Schaad, 1988) coinciden en señalar, que el término Organismo Tipo Micoplasma se refiere a un organismo procarionte, altamente pleomórfico, carece de pared celular, está limitado por una única membrana trilaminar; varía en morfología de redondo hasta filamentosos, libres o en agregaciones como cuerpos compactos de 50-100 nm, o como cuerpos globulares hasta de 10 micras

en diámetro; contienen ribosomas y DNA y posee por tanto, la maquinaria macromolecular mínima para su reproducción autónoma.

En términos generales, los Organismos Tipo Micoplasma (OTM) se han asociado con por lo menos 200 enfermedades en plantas en todo el mundo (Maramorosch, 1974; Maramorosch et.al, 1970; Nienhaus y Sikora, 1979) (citados por Behncken, 1983). McCoy et.al (1989) reportan plantas de 98 familias como infectadas por Organismos Tipo Micoplasma ya en forma natural o experimental. Tully y Whitcomb (1989); al respecto agregan, que la ocurrencia de los Organismos Tipo Micoplasma es prácticamente mundial ya que se tiene conocimiento de reportes que enlistan a 85 naciones incluyendo México.

Los Organismos Tipo Micoplasma (OTM) causantes del Amarillamiento letal en cocoteros fueron detectados como cuerpos pleomórficos en inflorescencias de palmas infectadas, limitados por una estructura de 3 capas incluyendo 2 capas de densos electrones entre una capa transparente. Esta membrana limitante tuvo 10 nm. de grosor (Plavsic-Banjac et.al, 1972). El material central fibroso estuvo rodeado por una zona periférica granular conteniendo partículas de tipo ribosomal (Plavsic-Banjac et.al, 1972; Parthasarathy, 1974).

Algunos cuerpos elongados medían más de 2 micras de longitud. Algunas veces las formas filamentosas aparecieron como cadenas de rosario (Plavsic-Banjac et.al, 1972).

Parthasarathy (1974) indica que las formas ovoides de los Organismos Tipo Micoplasma (OTM) en observaciones al microscopio electrónico de secciones ultrafinas de inflorescencias jóvenes de cocoteros con Amarillamiento letal, variaron de 0.6-0.8 micras en

diámetro y estuvieron envueltos por una típica membrana de triple capa de aproximadamente 80 Å. La parte central de los microorganismos tenía una red de material fibrilar de alrededor de 25-30 Å en diámetro.

El retículo endoplásmico y vesicular fué escaso en elementos cribosos con Organismos Tipo Micoplasma (OTM) (Parthasarathy, 1974).

Las formas delgadas y alargadas de los organismos variaron en diámetro de 400-600 Å y estuvieron presentes frecuentemente en y cerca de los poros de las placas cribosas. Los Organismos Tipo Micoplasma (OTM) ocurrieron en la posición parietal de la célula en contacto frecuentemente con el plasmalema. Los organismos en tales elementos cribosos casi siempre tenían una forma oval o ligeramente elongada y rara vez formas delgadas (Parthasarathy, 1974).

La ocurrencia de Organismos Tipo Micoplasma (OTM) en elementos cribosos del protofloema maduro y en elementos cribosos de metafloema precoz de hojas e inflorescencias abiertas, sugiere que los organismos tienen movimiento a lo largo de los tubos cribosos con la corriente de asimilados (Parthasarathy, 1974).

La habilidad de los Organismos Tipo Micoplasma (OTM) para sintetizar calosa, aunado con la apariencia relativamente normal de algunos elementos cribosos conteniendo OTM, especula que su presencia no afecta drásticamente el funcionamiento de elementos cribosos madurados recientemente (Parthasarathy, 1974).

La plasticidad extrema de los Organismos Tipo Micoplasma (OTM) indica que ellos pueden pasar através de poros con diámetro de \pm 600 Å (Parthasarathy, 1974). Agrega que los poros de placas cribosas no necesitan estar bien diferenciados para que los

microorganismos sean capaces de atravesarlos. Archer y Daniels (1982) señalan que la carencia de rigidez, origina el nombre de mollicutes y explica la habilidad de los micoplasmas para pasar através de poros tan pequeños como 220 nm. aún cuando el diámetro de un organismo viable es mayor a 300 nm.

Respecto al periodo de incubación del Organismo Tipo Micoplasma (OTM) en la palma de coco Robert y Zizumbo (1990) señalan que puede ser de 7-15 meses. (Carter et.al, 1964) (citados por Maramorosch y Hunt, 1981) agregan que éste es afectado por la variación estacional siendo para palmas en producción de 9 a 12 meses.

2.1.2.2. Síntomas

El Amarillamiento letal puede confundirse fácilmente con la pudrición del cogollo causado por el hongo Phytophthora palmivora, deficiencias nutricionales, ataque de insectos o nemátodos, y daños ocasionados por rayos, anillo rojo y otras enfermedades (Pujals, 1977). Sin embargo, las observaciones realizadas a través de los años han dado como resultado el reconocimiento de 4 etapas de los síntomas del Amarillamiento letal: Caída de Frutos, Necrosis de las Inflorescencias, Amarillamiento del Follaje, Poste Telefónico (Pujals, 1977).

Caida de Frutos

El primer sintoma es el desgrano, caida prematura o aborto de todas las nueces (Pujals, 1977). Se debe aclarar, que la caida de frutos pequeños solamente no es un indicio seguro para diagnosticar la enfermedad (Carrillo y Piña, 1990).

La modalidad en la caida de las nueces es un principio unilateral, cayendo todas las nueces de un lado de la palma, después se produce la caida general. En algunas ocasiones empiezan a desprenderse nueces, se detiene la caida durante dos semanas reanudándose posteriormente (Carter et.al, 1965).

Necrosis de las Inflorescencias

El ennegrecimiento o necrosis de los extremos de las nuevas inflorescencias (pedúnculos de las flores) se observa a medida que salen de la espata (Carrillo, 1991). Además, casi todas las flores masculinas mueren en el pedúnculo y no se forman frutos (Pujals, 1977).

Las espatas pueden abrir normalmente y mostrar una inflorescencia sana, volviéndose los ápices de las espículas portadoras de las flores masculinas negras o de color pardo oscuro. Esta coloración prosigue hasta afectar las flores femeninas de tal manera que al cabo de 4 semanas se presenta el ennegrecimiento total de la inflorescencia.

Es común que en las últimas fases de la enfermedad las espatas se transformen de color verde en amarillo y se desequen sin abrir (Carter et.al., 1965).

Amarillamiento del Follaje

Generalmente empieza con las hojas o pencas viejas u hojas inferiores, avanzando después a las hojas superiores (Pujals, 1977; Carter et.al, 1965). Aunque el amarillamiento foliar ocurre en plantas infectadas con Organismos Tipo Micoplasma (OTM), este sintoma no debe ser definitivo para un diagnóstico (Behncken, 1983).

En muchos casos, la hoja bandera (hoja # 14) es la que primero se amarillea (Pujals, 1977; McCoy et.al, 1983).

Después del amarillamiento viene el secamiento de las hojas que primeramente se amarillaron tornándose de color café bronceado o marrón y cuelgan pero muestran tendencia a quedar adheridas al cocotero. La muerte del cogollo ocurre aproximadamente a la mitad de la secuencia del amarillamiento, la hoja guía pronto se colapsa y cae (Carrillo y Piña, 1990).

Poste Telefónico

Se presenta después de que han sido destruidas todas las pencas, después de la muerte del cogollo sigue la caída del penacho principal, dejando un tronco desnudo y con apariencia de poste telefónico (Ferrales, 1987; Tsai, 1980; McCoy, 1973; McCoy et.al, 1983,; Pujals, 1977).

Respecto a la evolución de los síntomas en las raíces; (Eden-Green, 1976) menciona que después de presentarse los primeros síntomas de la enfermedad, transcurre un corto periodo durante el cual todas las raíces siguen al parecer sanas; en algunos casos este intervalo supera los 3 meses. El mismo autor agrega, que el desprendimiento del sistema radical se relaciona con el amarilleo progresivo de la fronda.

Carrillo y Piña (1990) reportan que las palmas infectadas mueren entre los 4 y 6 meses posteriores a la aparición de los primeros síntomas.

Carrillo (1991) enlista varios criterios a considerar antes de emitir cualquier diagnóstico sobre la presencia o ausencia de la enfermedad en determinada localidad; menciona que no debe diagnosticarse si el número de palmeras sospechosas es aún pequeño (menos de 15), si es Amarillamiento letal el número de plantas con síntomas aumentará rápidamente. Además, los síntomas desde caída de frutos hasta poste telefónico deberán estar representados en las distintas palmas sospechosas.

McCoy (1973) resume la sintomatología del Amarillamiento letal el cual se muestra en el Cuadro 5.

CUADRO 5. ESCALA PARA EVALUAR SEVERIDAD DE ATAQUE DEL AMARILLAMIENTO LETAL EN COCOTERO.

CATEGORIA	RANGO	SINTOMAS
PRIMARIA	0	Palmas sanas o incubando la enfermedad
	1	Caída de frutos solamente *
	2	Una inflorescencia necrótica *
AMARILLAMIENTO	4	Amarillamiento en hojas inferiores solamente
	5	Amarillamiento en hojas inferiores y - hojas medias
	6	Todas las hojas amarillas, hoja guía - sana
ETAPA FINAL	7	Hoja guía muerta, algunas hojas verdes
	8	Hoja guía muerta, todas las hojas ama- rillas
	9	Palma muerta (Poste telefónico)

* Puede haber o no Hoja Bandera amarilla en el centro de la corona.

2.1.3. El Vector, Clasificación y Bioecología

Desde 1890 hasta 1978 los numerosos investigadores compartían la idea de que independientemente de cual fuera el agente causal del Amarillamiento letal, estaba involucrado un vector en la transmisión de la enfermedad. Los estudios llevados a cabo, no mostraron resultados concluyentes por errores en la metodología y manejo de los trabajos (McCoy et.al, 1983; Betanzos et.al, 1984).

Fue hasta 1983, cuando en Florida, E.U. después de infestaciones inducidas de chicharritas a palmas; concluyeron que Myndus crudus Van Duzee si transmitió Amarillamiento letal a cocoteros, palmas manila y palmas thurston, y comprobaron la presencia del Organismo Tipo Micoplasma (OTM) através de microscopia electrónica (McCoy et.al, 1983). (Howard et.al, 1984; Howard, 1991) comparten esta afirmación respecto al vector de la enfermedad.

En Florida, E.U. la distribución geográfica del Amarillamiento letal coincidió con la de Myndus crudus Van Duzee y el control químico de este insecto redujo la velocidad de dispersión de la enfermedad (Howard, 1983).

En México en el estado de Quintana Roo, la presencia de Myndus crudus Van Duzee fue reportada en 1983 por Howard y confirmada por Villanueva et. al, en 1985, siendo detectado también en la mayoría de los estados productores de copra (Villanueva, et.al.,1985; Villanueva, 1986, Villanueva, 1991).

La chicharrita pálida, nombre común del insecto vector se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera (Ferrales, 1987):

Filum:	Artropoda
Subfilum:	Mandibulata
Clase:	Insecta
Subclase:	Pterigota
Division:	Exopterigota
Orden:	Homóptera
Suborden:	Auchenorrhinca
Superfamilia:	Fulgoroidea
Familia:	Cixiidae
Género:	<u>Myndus</u>
Especie:	<u>Myndus crudus</u>

Howard (1991) señala una reubicación de los taxones superiores de esta clasificación al identificar a Myndus crudus Van Duzee como un insecto del orden Hemiptera, suborden Homóptera, serie Auchenorrhinca.

En relación a la bioecología de Myndus crudus Van Duzee, McCoy et.al., (1983) señalan que los huevecillos son ovipositados cerca de la superficie del suelo y en las raíces de plantas hospederas. Las ninfas durante sus 5 estadios se agrupan en nidos en raíces de gramíneas y malezas circundantes a los cocoteros, pueden ser detectadas fácilmente porque secretan a través de ductos en el abdomen un material floculente de color blanco, muy distintivo y similar a saliva.

Los adultos presentan dimorfismo sexual, el macho es de color amarillo o verde pálido con alas delicadas y transparentes, la hembra se diferencia por ser ligeramente más grande y robusta, de color un poco más oscuro y por presentar un ovipositor esclerosado claramente visible en la parte terminal del abdomen (Carrillo y Piña, 1990). Son de rápidos movimientos y escapan con facilidad cuando se les disturba. Se localizan principalmente en el envés de los folíolos. En

este estado adulto, es cuando emigran al follaje de las palmas para alimentarse y copular, llegando a vivir en la fronda del cocotero hasta por 50 días, regresando de nuevo al suelo para repetir el ciclo (Ferrales, 1987).

La relación de un insecto vector con Organismos Tipo Micoplasma sugiere una forma circulatoria de transmisión en el cual se requiere de un periodo latente de varios días (2-3 semanas). Esto implica que el organismo se multiplique en el vector antes de que la transmisión pueda ocurrir (Dehncken, 1983). Matthews (1991) a este respecto agrega, que la transmisión circulatoria involucra el movimiento de los virus ingeridos en las glándulas salivales. Algunos virus circulatorios se replican en el vector (propagativos). Este principio es aplicado a los organismos tipo micoplasma, en donde la transmisión por la chicharrita es del tipo circulatoria-propagativa.

Agrios (1986) agrega que la propagación del Organismo Tipo Micoplasma dentro del insecto, se realiza primeramente en las células intestinales pasando luego a la hemolinfa. Finalmente, el cerebro y las glándulas salivales son invadidas por el patógeno. Cuando la concentración del microorganismo en las glándulas salivales llega a un cierto nivel, es entonces, cuando la chicharrita comienza a transmitir el patógeno eficazmente.

Carrillo y Piña (1990) mencionan que en la Península de Yucatán existen 15 especies de gramíneas y otras plantas conocidas tanto a nivel mundial como regional, y que se han reportado como hospedantes del insecto en estado ninfal. Cuatro especies son registradas en forma relativamente reciente y presentan un amplio

rango de dispersión en la Península de Yucatán, además de ser altamente preferidas por las chicharritas. Dichas especies son :

Chloris inflata Link, Chloris petraea Swartz, Andropogon bicornis L., Fimbristylis spathaceae Roth.

(Carrillo y Piña, 1990) reportan, que entre las principales especies de gramíneas hospederas se encuentran:

Pangola (Digitaria decumbens Stentz), San Agustín (Stenotaphrum secundatum) Walt O. Kuntze, Bahía (Paspalum notatum Flugge), Estrella de África (Cynodon Plectostachyus Pilger), Pará o Egipto (Brachiaria mutica Forsk, Staph).

La presencia de hospederas está íntimamente relacionada con la dinámica poblacional del vector y ésta a su vez, con la manifestación de la enfermedad. Es muy marcada la influencia de las hospederas en la fluctuación de las poblaciones de chicharritas (Carrillo, 1990).

(Carrillo y Piña, 1990) indican que la chicharrita pálida se ha detectado en 11 especies de palmas que se encuentran en forma silvestre y de ornato en la Península de Yucatán, mismas que se condensan en el Cuadro 6.

2.1.4 Especies Atacadas por Amarillamiento Letal

En Florida E.U., donde las palmas son valoradas principalmente como ornamentales, el Amarillamiento letal ha llegado a ser un serio problema desde 1976. Al menos la mitad de las 26 variedades de palmas comunes en Florida han sido afectadas. Desde la detección de la enfermedad, ésta ha matado más del 70% de los cocoteros de la costa este de Florida (Romney, 1981).

CUADRO 6. HOSPEDERAS DE ADULTOS DE Myndus crudus Van Duzee, VECTOR DEL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO EN LA PENINSULA DE - YUCATAN, CIFAP-Q. ROO. Tomado de Carrillo y Piña (1990).

NOMBRE CIENTIFICO	EFEECTO DEL A. L.	NOMBRE COMUN	OBSERVACIONES
<u>Heliconia bihai</u> L.f.*	N.D.	Platanillo	En terrenos bajos Uso : Ornato
<u>Phoenix canariensis</u> H.Ch.	S	Palma Cana ria.Datiler- ra.	Distribución res- tringida. Ornato.
<u>Phoenix sargentii</u> (Wendl) Sargent	N.D.	Caribeña	Amplia distribu- ción en Q. Roo y Yucatán;es silves- tre.
<u>Thrinax radiata</u> Lodd ex. J.A. y J.H. Schutt	R	Chit	Igual que la ante- rior.
<u>Sabal mexicana</u> Mart	R	Huano	P. de Yucatán.Es silvestre.
<u>Acaelorrhaphe wrightii</u> H. Wendl	R	Tasiste	Igual que el ante- rior.
<u>Roystonea regia</u> (H.B.K.) O.F.Cook	R	Palma Real	Silvestre y orna- to. Regular dis- tribución.
<u>Sabal yapa</u> Wright ex- Beccari	R	Palmeto	Amplia distribu- ción en la P. de Yucatán.
<u>Washingtonia robusta</u> H.- Wendl	R	Palma Washington	Ornato
<u>Caryota mitis</u> Lour	S	Cola de - Pescado	Ornato. Poca den- sidad.
<u>Cocos nucifera</u> , L.	S	Palma de - Coco	Amplia distribu- ción.

N.D = No detectado S = Susceptible
R = Resistente * = Familia Musaceae

El Amarillamiento letal ataca por lo menos 30 especies de la familia palmae además del cocotero (Cocos nucifera, L.) y una especie de la familia Pandanaceae (Pandanus utilis). Estas plantas presentan síntomas idénticos o similares, y se les ha detectado Organismos Tipo Micoplasma (OTM) en el tejido vascular enfermo (Martyn y Midcap, 1975; Parthasarathy, 1973; 1974; McCoy y Gwin, 1977; Thomas, 1979; Thomas y Doselman, 1979; McCoy et.al.,1980; Waters et.al.,1980;

Ennis, 1982 y McCoy et.al.,1983) (citados por Colli y Hernández, 1990).

McCoy et.al (1983) enlistan las especies de palmas involucradas como susceptibles al Amarillamiento letal (Cuadro 7).

De igual manera estos autores enlistan las especies de palmas conocidas como no susceptibles a la enfermedad (Cuadro 8).

2.2. Métodos de Detección del Amarillamiento Letal.

La generación o validación de tecnología para detectar en forma práctica, económica y segura el Amarillamiento letal en cocoteros, es un aspecto de indudable importancia dentro del rubro de investigaciones alrededor de este problema.

Como ya se ha mencionado, uno de los múltiples usos que puede darse a esta tecnología es la selección de cultivares de cocotero en base a su resistencia a la enfermedad; cualquier método que directa o indirectamente determine la presencia de Amarillamiento letal en palmas, y que además cumpla con las características señaladas, permitirá desechar los cultivares susceptibles y continuar evaluando los tolerantes o resistentes hasta lograr formar y/o seleccionar un genotipo apto para emplearse con éxito contra esta enfermedad.

El empleo de OTC como alternativa de diagnóstico será descrita en otros apartados por lo que la siguiente recopilación versa sobre los métodos de diagnóstico restantes.

CUADRO 7. LISTA DE ESPECIES DE PALMAS SUSCEPTIBLES AL AMARILLAMIENTO LETAL. Tomado de McCoy et.al (1983).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	SUSCEPTIBILIDAD RELATIVA AL A. LETAL EN FLORIDA
Palma Arikury	<u>Arikuryroba schizophyla</u> (Mart.) L.H. Bailey	M.S
Palma Palmira	<u>Borassus flabellifer</u> L.	M.S
Palma Cola de Pescado	<u>Caryota mitis</u> Lour.	M.S
Palma Cabada	<u>Chrysalidocarpus cabadae</u> H.E. Moore	L.S
Palma de Coco	<u>Cocos nucifera</u> L.	A.S
Palma Gebang	<u>Corypha elata</u> Roxb.	A.S
Palma Princesa	<u>Dictyosperma album</u> (Bory) H. Wendl. Drude ex Scheffer.	M.S
Palma de Puerto Rico	<u>Gaussia attenuata</u> (O.F. Cook) Becc.	S
Palma Belmore	<u>Howea belmoreana</u> (C. Moore F.J. Muell)	S
Palma Huso	<u>Hyophorbe verschaffeltii</u> H. Wendl.	M.S
Palma Latana	<u>Latania spp.</u>	M.S
Palma Abanico - China	<u>Livistona chinensis</u> (Jacq.) R. Br. ex Mart.	S
Palma Mazari	<u>Nannorrhops ritchiana</u> (W.Griffith) J.E.T. Hitch.	S
Palma Datilera de Islas Canarias	<u>Phoenix canariensis</u> Hort.ex - Chabaud.	M.S
Palma Datilera	<u>P. dactylifera</u> L.	A.S
Palma Datilera	<u>P. reclinata</u> Jacq.	L.S
Palma Datilera Silvestre	<u>P. sylvestris</u> (L) Roxb.	S
Palma Kona	<u>Pritchardia affinis</u> Becc.	A.S
Palma Abanico de Isla Fiji	<u>P. pacifica</u> Seem. H. Wendl	A.S
-----	<u>P. remota</u> Becc.	S
Palma thurston	<u>P. thurstonii</u> F.J. Muell Drude	A.S
---	<u>Pritchardia spp.</u>	A.S
---	<u>Ravenea hildebrandtii</u> H.Wendl. ex Bouche	S
Palma Molino de Viento	<u>Trachycarpus fortunei</u> (Hook) H. Wendl	M.S
Palma Manila ó - de Navidad	<u>Veitchia merrillii</u> (Becc) H.E. Moore	M.S
	Veitchia, otras especies	L.S

A.S = Altamente Susceptible
M.S = Moderadamente Susceptible

L.S = Ligeramente Susceptible
S = Susceptible

CUADRO 8. NOMBRES COMUNES Y CIENTIFICOS DE ESPECIES DE PALMAS ORNAMENTALES Y ECONOMICAMENTE IMPORTANTES QUE NO SON SUSCEPTIBLES AL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO. McCoy et.al (1983).

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
Palma Africana de aceite	<u>Elaeis quineensis</u> Jacq.
Palma Areca	<u>Chrysalidocarpus lutescens</u> H.Wendl.
Palmeto	<u>Sabal palmeto</u> (Walt.) Lodd. ex - Schult. y Schult. f.
Palma Real Cubana	<u>Roystonea regia</u> (HBK) O.F Cook.
Palma Abanico Europea	<u>Chamaerops humilis</u> L.
Palma Real de Florida	<u>Roystonea elata</u> (Bartr.) F.Harper.
Palma Real Española	<u>Roystonea hispaniolana</u> L.H.Bailey.
Palma Gelatinosa	<u>Butia capitata</u> (Mart.) Becc.
Palma Chit	<u>Thrinax morrisii</u> H. Wendl.
Palma MacArthur	<u>Ptychosperma macarthurii</u> (H.Wendl) Nichols.
Palma Tasiste	<u>Acetoinhaphe wrightii</u> (Griseb y - H. Wendl).H. Wendl. ex Becc.
Palma Durazno	<u>Bactris gasipaos</u> (HBK) L.H Bailey.
Palma de Sombrero de Puerto Rico	<u>Sabal causiarum</u> (O.F. Cook) Becc.
Palma Datilera Pigmea	<u>Phoenix roebelenii</u> O'Brien.
Palma Reina	<u>Arecastrum romanzoffianum</u> (Cham.)- Becc.
Palma de Plata	<u>Coccothrinax argentata</u> (Jacq) L.H. Bailey.
Palma Solitaria	<u>Ptychosperma elegans</u> (R.Br.)Blume.
Palma de Azúcar	<u>Arenga pinnata</u> (Wurmb) Merrill.
Palma para techar	<u>Thrinax radiata</u> Lodd. ex Schult. y Schult. F.
Palma de Washington	<u>Washingtonia robusta</u> H.Wendl.

2.2.1. Por Sintomatología

El método de detección del Amarillamiento letal del cocotero por síntomas visuales es práctico, más requiere de una buena capacidad de observación en campo y debe usarse con cautela (Escamilla, 1991b). Los monitoreos realizados en la Península de Yucatán han estado apoyados principalmente en este método, y han permitido detectar el avance de la enfermedad con relativa seguridad. Siempre existe la posibilidad de que en una palma se dificulte el

diagnóstico visual por la interacción del A. letal con otra enfermedad o disfunción (Carrillo comunicación personal).

Hasta la fecha el organismo tipo micoplasma causante del Amarillamiento letal no ha podido cultivarse, de tal manera que no es posible realizar el diagnóstico tradicional a través de los postulados de Koch. Es por ello que por sintomatología se ha aceptado científicamente el diagnóstico de micoplasmosis en plantas. De todas maneras, un diagnóstico positivo basado en síntomas visuales deberá ser comprobado por medio de técnicas adicionales de diagnóstico (Cardeña, 1991). Respecto a este último aspecto, Carrillo (1990) afirma que la sintomatología puede ser fácilmente confundida con la presencia de anillo rojo, deficiencias nutricionales, etc., recomendando en estos casos aplicar otras técnicas de detección.

La sintomatología que describe y resume McCoy (1973) es de gran utilidad para el diagnóstico en campo del Amarillamiento letal de palmas, pues detalla el desarrollo de síntomas a través de una escala de severidad.

Carrillo (1991) considera que el diagnóstico por sintomatología de un nuevo foco de infección puede fortalecerse si se consideran los siguientes criterios:

1. Un elemento importante de diagnóstico en una determinada área sospechosa, aún en infección inicial, es la detección en palmas con síntomas en las distintas etapas de la enfermedad, es decir, desde caída de frutos hasta poste telefónico.

2. La caída de frutos y la necrosis de las inflorescencias son síntomas que siempre van ligados, aún cuando los demás síntomas no se apeguen al patrón general.

3. Es recomendable inspeccionar el sitio sospechoso para reunir elementos de apoyo al diagnóstico, tales como la presencia del vector y sus ninfas, así como las hospederas tanto del insecto como del organismo tipo micoplasma.

Menciona también que cuando se sospeche la presencia de un nuevo foco de infección, y el número de palmas sospechosas es aún reducido, no debe precipitarse el diagnóstico y esperar cuando menos 15 días; si se trata de Amarillamiento letal el número de palmas con síntomas aumentará considerablemente. Por otro lado, agrega que los elementos de diagnóstico deben buscarse en palmas adultas y no en jóvenes, por la presencia de estructuras reproductivas (frutos e inflorescencias) básicas para el diagnóstico, en las palmas adultas.

2.2.2. Sondas de ADN

En Florida se desarrollaron sondas de ADN para la detección de organismos tipo micoplasma (OTM) asociado con el Amarillamiento letal (Harrison et.al,1990) (citados por Escamilla y Alpizar, 1991). La tecnología del ADN recombinante ha resultado en el estudio del comportamiento de los organismos tipo micoplasma (OTM) mediante el uso de sondas de ADN (Kirkpatrick et.al,1987) (citados por Escamilla y Alpizar, 1991)

Escamilla y Alpizar (1991) mencionan que fragmentos clonados del ADN de los organismos tipo micoplasma (OTM) usados como una sonda han permitido:

- * Detectar varios organismos tipo micoplasma (OTM) en la planta e insecto hospedero (Kirkpatrick, et.al,1987) (citados por Escamilla y Alpizar, 1991).

* Proporcionar información de la interrelación entre los organismos tipo micoplasma (OTM) de varios hospederos, y las regiones geográficas (Lee and Davis, 1988) (citados por Escamilla y Alpizar 1991).

* Distinguir diferentes tipos de organismos tipo micoplasma (OTM).

Escamilla y Alpizar (1991) indican que de manera general la tecnología de sondas de ADN para detectar OTM se basa en lo siguiente:

* El ADN de los organismos tipo micoplasma (OTM) tiene secuencia de bases específicas y desconocidas de pares de bases nitrogenadas.

* Un fragmento del ADN de los organismos tipo micoplasma (OTM) se corta y se le inserta a un plásmido de la bacteria Escherichia coli; un plásmido es una molécula de ADN que infecta a las bacterias, y que una vez dentro de ella utiliza su metabolismo para reproducirse.

* La bacteria al reproducirse multiplica la porción del ADN del organismo tipo micoplasma (OTM).

* Al extraer los plásmidos de la bacteria y marcar el ADN se obtiene una sonda de ADN enriquecida con fragmentos de ADN provenientes del organismo tipo micoplasma (OTM).

* Esta sonda debe ser capaz de hibridizar o reconocer fragmentos de ADN de un organismo tipo micoplasma (OTM) similar.

* De manera general una cadena abierta de ADN espontáneamente formará una cadena doble de ADN si la otra cadena que se le une o hibridiza es idéntica en su secuencia de bases hidrogenadas; al unir

la sonda de ADN y el extracto de ADN de la palma enferma, éstos hibridarán cuando la muestra contenga ADN del organismo tipo micoplasma (OTM) específico de donde se originó la sonda.

En la P. de Yucatán fueron detectados los organismos tipo micoplasma (OTM) causantes del Amarillamiento letal usando las sondas LY143 y LYD9 desarrolladas por el Dr. Harrison de la Universidad de Florida. Los resultados positivos con ambas sondas demuestran su utilidad como una herramienta de diagnóstico específica para la detección de organismo tipo micoplasma (OTM) asociados con el Amarillamiento letal (Escamilla y Alpizar, 1991).

Datos preliminares sugieren que sondas de ADN es el único método capaz de detectar organismos tipo micoplasma (OTM) de Amarillamiento letal cuando la palma está en periodo de incubación.

Sondas de ADN es una técnica específica para OTM y también está siendo aplicada para detección de OTM en Myndus crudus Van Duzee y puede emplearse para monitoreo de OTM en malezas u otras plantas hospederas (Escamilla y Alpizar, 1991).

Carrillo (comunicación personal) indica que esta técnica, por lo sofisticado de la misma y la infraestructura necesaria, está restringida a muy pocos investigadores incluso instituciones.

2.2.3. Por Monitoreo del Comportamiento de Entomas

Santamaría y Oropeza (1991) mencionan que el Amarillamiento letal así como otras enfermedades causadas por organismos tipo micoplasma (OTM) causan una serie de alteraciones fisiológicas en las plantas. Una de estas alteraciones es una reducción en la

conductancia estomatal la cual es el resultado de cierto grado de cierre de los estomas.

Basham y Eskafi (1980) y Eskafi et.al.(1986) citados por Santamaria y Oropeza (1991) comparando palmas sanas aparentes contra enfermas, detectaron una menor conductancia estomatal durante el mediodía en palmas de coco que presentaban Amarillamiento letal. Por lo tanto se ha sugerido que el cierre de estomas es un síntoma de patogénesis relacionada a organismos tipo micoplasma (Matteoni y Sinclair, 1983) (citados por Santamaria y Oropeza, 1991).

No es muy claro porque se cierran los estomas como resultado de infecciones por OTH's, se puede pensar que se debe a desbalances hormonales (León et.al, 1991) (citados por Santamaria y Oropeza 1991) aunque no se puede descartar que se deba a la producción de toxinas por parte de los OTH. Cualquiera que sea la causa, aparentemente el cierre de estomas ocurre antes de la aparición de síntomas visuales. Se ha sugerido que el monitoreo del grado de cierre estomatal puede ser una útil herramienta en la detección de enfermedades causadas por organismos tipo micoplasma (Santamaria y Oropeza, 1991).

Uno de los métodos más prácticos para monitorear el grado de apertura estomatal es el uso de porómetros de difusión, los cuales estiman la resistencia estomatal, o su inverso, la conductancia estomatal. La porometría de difusión se basa en la tasa de pérdida de vapor de agua transpirada en una hoja confinada en una cámara hermética. La conductancia del vapor de agua medida por porómetros de difusión es una estimación efectiva del grado de cierre de estomas, por lo que se puede extrapolar que el monitoreo de la conductancia estomatal por medio de porómetros puede ser útil en la detección

temprana de enfermedades causadas por OTM's (Santamaria y Oropeza, 1991).

Basham y Eskafi (1980) citados por Santamaria y Oropeza (1991), estimaron que en palmas de coco afectadas por Amarillamiento letal en Jamaica, la reducción en la conductancia estomatal ocurre hasta dos semanas antes de la caída de frutos. Santamaria y Oropeza (1991) señalan una significativa disminución en la conductancia estomatal en palmas que empiezan a tirar cocos y continúa disminuyendo conforme la enfermedad avanza en Yucatán, México. Agregan, sin embargo, que es extremadamente difícil establecer a ciencia cierta cuanto tiempo antes de la aparición de síntomas visuales se detecta una disminución significativa en la conductancia estomatal en palmas con Amarillamiento letal. De cualquier forma, el descenso de la conductancia estomatal una o dos semanas antes de la caída de frutos hace limitado el uso de porómetros como método de detección temprana de la enfermedad si lo que se busca son marcadores que indiquen la presencia de la enfermedad meses antes de la aparición de síntomas. Sin embargo el monitoreo de la conductancia estomatal por porometría es sin lugar a dudas útil en la confirmación del diagnóstico de amarillamiento letal ya que en muchas ocasiones los síntomas visuales pueden confundirse. El descenso de la conductancia estomatal es suficientemente dramático y rápido para detectar la presencia de amarillamiento letal en una plantación. El monitoreo por porometría es hasta cierto grado práctico porque los porómetros de difusión son relativamente portátiles y no demasiado caros.

Por otro lado, los investigadores indican que al estar los estomas cerrados la temperatura foliar aumenta, por lo que debe evaluarse el uso de pistolas infrarrojas para la detección remota (sin subir a la palma) del cierre estomatal. En otras palabras, si la temperatura de una palma (usando pistolas infrarrojas) o de una plantación (por fotografía aérea infrarroja) se encuentra aumentada anormalmente, debe ser el resultado del cierre estomatal y esto puede indicar la presencia de Amarillamiento letal en un área aparentemente no afectada y puede ayudar en el monitoreo del frente de la enfermedad.

Carrillo (comunicación personal) concuerda con lo expresado por los autores en el sentido de que el uso de esta técnica puede estar limitado por la circunstancia de que otras enfermedades, deficiencias hídricas y/o cualquier otra causa, ocasionen la misma respuesta (cierre estomatal).

2.2.4 Por Microscopia

Los Organismos Tipo Micoplasma (OTH) no pueden ser identificados positivamente con microscopio de luz, ya sea en savia de plantas infectadas o in situ (McCoy et.al, 1989). Los mismos autores indican que recientemente ya se han desarrollado nuevos métodos de microscopia de luz que han permitido realizar diagnósticos de enfermedades asociadas con organismos tipo micoplasma (OTH) o al menos apoyan la evidencia en caso de una sospechada etiología de OTH.

La microscopia de campo oscuro y la de contraste de fases son ambas los métodos más disponibles de observación de mollicutes. Sin

embargo, solo son de utilidad para la observación de espiroplasmas. Son prácticamente inútiles para OTM debido a que el pleomorfismo de éstos organismos es semejante a los organelos y partículas celulares del huésped, los cuales siempre están presentes en extractos crudos. Una técnica para observaciones en vivo desarrollada por (Lee y Davis 1983) (citados por Chen, et.al., 1989) permitió la observación de organismos tipo micoplasma vivos en sus hábitats intracelular en tres enfermedades.

Respecto a la microscopia de fluorescencia puede decirse que los métodos para la detección de mollicutes no helicoidales en tejidos de plantas confían sobre técnicas histoquímicas. Diversos trabajos han empleado la Tinción de Diene's (Dienes et.al., 1948) (citados por Chen et.al., 1989) para localizar agregados de OTM en células del tejido del floema de plantas enfermas (Deeley et.al., 1979; Ghush et.al., 1984; Raj Bhansal y Shukla, 1985; Hibben et.al., 1986) (citados por Chen et.al., 1989).

Los métodos histoquímicos detectan en el floema de plantas afectadas por Amarillamiento letal cambios inducidos en los tejidos del huésped, o en el ADN de los mismos; sin embargo, estos cambios histológicos son respuestas muy inespecíficas hacia diversos agentes infecciosos (Ayers et.al., 1985) (citados por Cardeña, 1991) y el ADN al ser una molécula común a cualquier patógeno, las acumulaciones anormales no pueden atribuirse inequívocamente a la presencia de OTM. Ninguna de estas estrategias de detección permite asegurar que una observación positiva se deba a la presencia de OTM. A pesar de su inespecificidad, la histoquímica ha sido de utilidad ya que las observaciones positivas se han visto reforzadas con los síntomas

característicos detectados en plantas afectadas. Además, la facilidad y rapidez de éstos métodos permiten la evaluación de un gran número de plantas (Cardaña, 1991).

Algunos otros investigadores han usado el fluorocromo azul de anilina para detectar la formación de calosa en tejidos infectados por OTM (Hiruki y Shukla, 1973; Ghosh et.al, 1984) (citados por Chen et.al, 1989). A este respecto, Cardaña (1991) en un análisis de tejidos de inflorescencia, raíz, hoja espada, peciolo de hojas juveniles y tejido próximo al meristemo apical, encontró una estrecha relación entre la presencia de acumulaciones de ADN y la formación de calosa en floema detectada mediante tinción con el fluorocromo azul de anilina. Para diferenciar tejidos de floema sanos de enfermos han sido empleadas varias tinciones específicas para ácidos nucleicos (Dijkstra y Vander Want, 1970; Cousin, 1974; Kartaha et.al, 1975; Puroh et.al, 1978; Yuan et.al, 1978; Petzold y Marwitz, 1979; 1980) (citados por Chen et.al, 1989). El empleo de métodos histoquímicos también involucra el uso de dos colorantes fluorescentes o fluorocromos: el 4'-6'-diamidino-2-fenilindol (DAPI), que es un agente intercalante específico para pares de bases A-T (Cardaña, 1991) y el bisbenzimidazol (Chen et.al.,1989).

El único caso en que la microscopia óptica ofrece una alternativa segura de diagnóstico se presenta cuando se dispone de anticuerpos específicos que permiten la aplicación de métodos de inmunofluorescencia. Estos métodos han sido aplicados en algunos de los pocos casos en que se dispone de anticuerpos contra OTM (Lin and Chen, 1986) (citados por Cardaña, 1991). Si no se requiere la detección de un OTM específico los anticuerpos policlonales pueden

ser apropiados para un diagnóstico general de enfermedades de amarillamiento en plantas asociadas con OTM, usando técnicas de inmunofluorescencia (de Rocha et.al, 1986) (citados por Chen et.al, 1989).

Respecto a la microscopia electrónica, McCoy et.al (1989) afirma que la verificación de la participación de OTM involucrados con cualquier enfermedad depende esencialmente de la observación de cuerpos tipo micoplasma en tejidos de plantas bajo microscopia electrónica. Cardaña (1991) coincide en aseverar que la microscopia electrónica es la herramienta más aceptada para establecer la etiología micoplásmica de enfermedades vegetales. Su principal desventaja es que solo permite analizar muestras muy pequeñas, la distribución irregular del patógeno en la planta puede resultar errónea.

Deeley et.al (1979) añade a este respecto que la observación al microscopio electrónico para demostrar la presencia de OTM en plantas enfermas es un proceso elaborado, e involucra el uso de equipo y reactivos costosos.

2.3. Métodos de Control del Amarillamiento Letal.

El impacto que ha causado el Amarillamiento letal en la Península de Yucatán, y en especial en Q. Roo, es principalmente la pérdida de paisaje en áreas turísticas; esto se ha traducido en una búsqueda de soluciones para contrarrestar los efectos de la enfermedad (Carrillo y Piña, 1990).

Los mismos autores reportan como circunstancias que pueden facilitar la dispersión de la epifitía, que la mayoría de las plantaciones comerciales de coco en el país son susceptibles al Amarillamiento letal; que existe la dificultad de impedir el movimiento de material vegetativo y/o vectores; la presencia de hospederas del vector y/o micoplasmas en estado silvestre; y la presencia del vector en todas las entidades copreras. A lo anterior se agrega el poco apoyo dado a la investigación. Ante este panorama, se han implementado diversas estrategias de control que involucran la contención del vector por cuarentena, aplicaciones de insecticidas para reducir las poblaciones del mismo, la remisión de síntomas por aplicación de antibióticos, y principalmente la sustitución de las poblaciones de cocotero por variedades tolerantes o resistentes.

Carrillo (1991) enfatiza, que una palma enferma por Amarillamiento letal está destinada a morir pues no existe tecnología para atacar al agente causal; esto obliga a enfocarse sobre la resistencia varietal, única vía posible para evitar el ataque de la enfermedad. Esta opinión es compartida por McCoy (1988) quien afirma que las variedades resistentes son la única esperanza para el futuro.

2.3.1 Control Cultural

Dentro del control cultural, se encuentra el derribe, remoción e incineración de palmas afectadas. Esto se ha llevado a cabo en varias localidades y municipios del estado de Q. Roo, tales como: Punta Allen, Punta Pájaros, Cozumel, Benito Juárez, Felipe C. Puerto, José M. Morelos, Lázaro Cárdenas y Cancún (Teliz, 1990).

Carrillo y Piña (1990) reportan que después de que la enfermedad destruyó una población de 120 has. de cocotero en El Cuyo, Yucatán, los siguientes muestreos periódicos indicaron que solo el 30% de las palmas fueron derribadas, factor importante para que el 70% restante constituyera un foco de infección que aceleró la dispersión de la enfermedad en el área.

Teliz (1990) menciona que desde marzo de 1981 hasta mayo de 1989, se han derribado e incinerado aproximadamente 120,251 palmas, de las cuales 109,186 corresponden al estado de Q. Roo, y 11,065 a Yucatán. Betanzos et.al (1984) indican que derribando y removiendo palmas enfermas disminuye la tasa de mortalidad de palmas en una zona determinada; sin embargo, el detectar los síntomas hasta que el A. letal ha avanzado impide deshacerse de gran parte de las fuentes de inóculo. Esto coincide con lo expresado por McCoy et.al (1983) quienes indicaron que la erradicación en etapas tempranas es importante para detener el avance del A. letal; en etapas tardías pierden su valor.

La eliminación de malezas dentro de los cocales para disminuir la presencia de chicharritas y la dispersión de la enfermedad es un aspecto abordado por Carrillo y Piña (1990).

Algunas prácticas adecuadas, como el uso de leguminosas de cobertura, pueden ayudar a disminuir la velocidad de dispersión del Amarillamiento letal (Villanueva et.al, 1987) esto atribuido a la sustitución de gramíneas y otras malezas hospederas del vector, por las leguminosas.

2.3.2 Control Legal

Se han implementado medidas cuarentenarias con base a la Ley del 15 de Enero de 1987 publicada en el Diario Oficial de la Federación : La Cuarentena Interior Permanente No 15 Contra el Amarillamiento letal del cocotero y otras palmas susceptibles; su aplicación se sujeta a ciertas condiciones como: el incremento del cultivo en diversas regiones del país, aumento en la producción de copra, y la muerte de miles de palmeras afectadas por la enfermedad. A la fecha de su aplicación se declaran zonas cuarentenadas los municipios de Lázaro Cárdenas, Benito Juárez, Isla Mujeres y Cozumel en Q. Roo y Tizimin en Yucatán (Teliz, 1990). Para 1992 la cuarentena ha sido modificada y extendida acorde a los frentes de avance en Campeche y el resto de la Península (Sanidad vegetal comunicación personal).

Para la aplicación de las disposiciones contenidas en la cuarentena se establecieron casetas de vigilancia fitosanitaria en las que se desarrollan acciones como :

- Inspección de transportes provenientes de zonas cuarentenadas
- Verificación de certificados fitosanitarios
- Decomiso de materiales de cuarentena absoluta

De esta manera, se pretende evitar la dispersión de la enfermedad de las áreas afectadas hacia zonas libres (Teliz, 1990). Sin embargo, no se excluye con esta cuarentena la posibilidad de que material infectado con Organismos Tipo Micoplasma (OTM) u hospederas con chicharritas infectivas, se dispersen a través del viento, como posiblemente sucedió después del paso del huracán Gilberto por zonas afectadas (Carrillo y Piña, 1990).

2.3.3 Control Físico

Después de la evaluación de algunas trampas para la captura del insecto transmisor del Amarillamiento letal, se determinó que las trampas adhesivas de color amarillo o verde son las más eficientes para atraer y/o capturar chicharritas. Son sencillas de construir y económicas, constan de un plato de plástico plano de 18 cms. de diámetro, al que en su cara interior se le impregna con Tanglefoot o Sticken o adhesivo similar. El plato se cuelga en la fronda de las palmas y se cambia cada 15 días (Ferrales, 1987; Carrillo y Piña, 1990).

Aunque esta práctica no se considera como una medida de control de las poblaciones de chicharritas, es una herramienta útil para medirlas y predecir o evaluar el riesgo de que una determinada zona sea afectada por la enfermedad (Ferrales, 1987; Carrillo y Piña, 1990).

El monitoreo periódico de plantaciones no afectadas con el fin de detectar oportunamente la enfermedad y poder reubicar las estaciones cuarentenarias, además de derribar las palmas enfermas, es un método de control señalado por Carrillo y Piña (1990).

2.3.4. Control Biológico

Carrillo y Piña (1990) reportan 3 enemigos naturales de la chicharrita pálida Myndus crudus Van Duzee en la Península de Yucatán, que pueden constituir una alternativa de control del vector. El primero es un ácaro no identificado; las chicharritas parasitadas presentan 1 ó 2 ejemplares del mismo adheridos externamente en cualquier sitio de su cuerpo, son de color rojo brillante, miden 0.5

mm y son de forma redonda. Como signo de su ataque las chicharritas muestran una ligera disminución en su movilidad. El segundo es un himenóptero de la Familia Drinidae (probablemente) que parasita a las chicharritas en un 15% en Holbox y Punta Sam, Q. Roo; es común encontrar chicharritas parasitadas con el artrópodo fuertemente adherido a la porción laterodorsal derecha del abdómen, a la altura de los terguitos 6 y 7 con la apariencia de un tumor. Miden 1 mm aproximadamente y por su posición ocasiona que el ala derecha del insecto este ligeramente levantada. Todas las chicharritas se encuentran vivas sin ningún sintoma aparente de afectación. Finalmente, el hongo entomopatógeno Hirsutiella spp. es el enemigo natural del vector que presenta mayores probabilidades de integrarse a un programa de control; los porcentajes de vectores parasitados son hasta del 50% en condiciones naturales. Las chicharritas atacadas se encuentran cubiertas por un sinemata mucilaginoso de color gris, café o blanco; la cobertura se presenta en forma de red ramificada alrededor del espécimen en un área cercana a 2 cm². En el 100% de los casos las chicharritas atacadas se encuentran muertas, momificadas y adheridas fuertemente al haz o envés de los folíolos. Está bien definido que la zona sur de Q.Roo y el periodo de septiembre-enero son el lugar y tiempo idóneo para encontrar a este parasitoide.

2.3.5. Control Genético

Carrillo y Piña (1990); Betanzos et,al., (1984); McCoy (1988); Howard (1991) mencionan que todas las estrategias deben girar alrededor de, y servir de complemento a, la estrategia básica: El Mejoramiento Genético, única esperanza para el futuro.

Betanzos et.al (1984) indican que la única vía posible y económica para evitar los estragos del Amarillamiento letal, consiste en utilizar variedades resistentes, lo que se considera factible conseguir en México, en virtud de que existe el germoplasma de cocotero en el cual se puede conseguir fuente de resistencia y rendimiento.

Los mismos autores sobre los antecedentes de la resistencia al Amarillamiento letal del cocotero, destacan lo siguiente. Al parecer en 1968, en Jamaica, se reporta por primera vez resistencia genética de la palma de coco al Amarillamiento letal; los enanos de origen malayo (amarillo, rojo y verde) son resistentes a esta enfermedad. Esto es confirmado posteriormente por numerosos investigadores.

En 1979 las pérdidas que causó el Amarillamiento letal a los cultivares enanos de origen malayo fueron de 5.5% en 1,046 palmas expuestas a esta enfermedad entre 7 y 11 años; en cambio, para Jamaica alto las pérdidas fueron totales en el mismo lapso. En un experimento posterior con más de 2,800 palmas de este enano malayo expuesto a la enfermedad entre 3 y 11 años, las pérdidas no superaron el 2.3%.

Un trabajo concluyente sobre resistencia de la palma de coco al Amarillamiento letal menciona que 28 variedades, entre locales e introducidos, fueron plantadas en un ensayo de resistencia a lo largo de las principales áreas del este de Jamaica; poco después de que la enfermedad comenzó a dispersarse en esa región se concluye que los enanos de Sri-lanka, de Indonesia y de Malasia, así como el coco rey, parecen ser altamente resistentes, mientras que los altos de

Bugambilia, Camboya, Valle Markham, Panamá, Perú, Rotuma, Sarawak, Tailandia, Yab, así como los enanos de Fiji, parecen ser menos resistentes; en cambio, son altamente susceptibles las variedades altas de India, Jamaica y Nuevas Híbridas, así como los enanos de Rangiroa; mientras que el grupo menos susceptible lo forman los altos de Ceylán, Fiji, Rangiroa, Rennell, Samoa, Seychelles, Tahiti y Tonga.

Los materiales altamente resistentes son aquellos cuya mortalidad por efecto de esta enfermedad, es menor al 15%, como los enanos de Sri-lanka, India, Malasia y el coco rey. Los menos resistentes son los que tienen mortalidad entre 15 y 50%, como los cocoteros altos que provienen de la Península de Indochina y las Islas de Borneo, Nueva Guinea y Bugambilia, y algunos del continente americano, como los de Perú y Panamá.

Por otro lado, son muy susceptibles los altos de India, Jamaica y Nuevas Híbridas, con mortalidad superior al 85%; asimismo, los que tienen mortalidad entre 50 y 85% son menos susceptibles, como los genotipos altos de Sri-lanka, Fiji, Rangiroa, Rennell, Samoa, Seychelles, Salomón, Tahiti y Tonga.

Hasta 1979 la mayor parte de los híbridos que han entrado en los estudios de ensayo de resistencia al Amarillamiento letal, muestran tener niveles de resistencia intermedia a la de los padres aunque, generalmente, esta resistencia es más próxima a la de los padres más resistentes; el comportamiento general del híbrido es mejor que el de cada padre. Los híbridos que tienen buena resistencia al Amarillamiento letal, próximo al del enano malayo, son las cruzas de Fiji X Malayo, Fiji-Malayo X Jamaica alto, Malayo enano X Panamá alto, Malayo enano X Camboya alto y Jamaica alto X Camerún enano.

Existe la factibilidad de detectar material resistente mediante estudios cromatográficos de los aminoácidos libres del follaje y del floema, pues se ha observado una correlación entre las palmas susceptibles y la presencia de arginina. (Witehead, 1968; Romney, 1979; Been, 1981; Coconut Industry Board, 1979; Harries, 1979; Coconut Industry Board, 1979; Barcelón, McCoy y Donselman, 1983) (citados por Betanzos et.al., 1984).

Carrillo y Piña (1990) señalan que una medida básica es el impulso al mejoramiento genético y el fomento de Huertas Madre para producir material genético resistente en cantidad y calidad acorde al problema. Agregan que el CIFAP-Q. Roo cuenta con 10 has. de Huerta Madre que producirán el material genético requerido. Carrillo (Comunicación personal) menciona que hasta agosto de 1992 INIFAP-Q. ROO produjo 15, 000 nueces de enano malayo amarillo, pero que esta producción, o las 20 has. de H. Madre de la Finca Los Pinos en Tabasco, o una superficie similar en el CIFAP-Guerrero, no son suficientes para atacar el problema a nivel nacional.

Otra estrategia de control, reportada por Carrillo y Piña (1990), es la reforestación, cuando sea para fines de ornato, con cocoteros que presentan mayores probabilidades de resistencia al Amarillamiento Letal, tales como el Enano Malayo Amarillo e Híbridos.

También se recomiendan palmas resistentes, como la Palma Real Roystonea regia (H.B.K) O.F. Cook, La Palma Reina Arecastrum romanzoffianum (Cham) Becc., La Carpentería Carpenteria acuminata (H. Wendl y Drude) Becc.

2.3.6. Control Químico

En este renglón, McCoy et.al (1983) concluyen, en Florida E.U., que a pesar de que la aplicación de insecticida a palmas y a pastos abate las poblaciones del insecto Myndus crudus Van Duzee y disminuye el índice de palmas infectadas, existe la dificultad de aplicar insecticidas con la frecuencia requerida en las zonas turísticas; por otro lado, sería incosteable la aplicación masiva de insecticidas a zonas copreras.

Siendo el Organismo Tipo Micoplasma (OTM) transmitido por el vector, la aparición de brotes nuevos depende en gran parte de la dispersión de este último, debiendo considerarse al control químico como una alternativa para evitarlo.

Carrillo (comunicación personal) afirma que la buena producción de una plantación, lo homogéneo y compacto de la misma, la abundancia de malezas, y otras consideraciones pueden justificar la protección química de dicha plantación contra Myndus crudus; si el análisis de éstas consideraciones es afirmativo, el Diazinón 25% lto. en 250 litros de agua es una buena alternativa.

El ácido picolínico (Tordon 101) puede emplearse para eliminar focos de infección y acelerar la muerte de palmas enfermas en zonas urbanas, donde frecuentemente no pueden derribarse por el riesgo que constituye a líneas eléctricas, vehiculos, inmuebles, etc., Inyecciones de 50 cc. de producto comercial al tronco de la palma permiten que en 30 días solo el 3% del follaje permanezca verde (Carrillo y Piña, 1990).

2.3.6.1. Oxitetraciclina

Dentro de las acciones de investigación sobre el Amarillamiento letal, se encuentran trabajos de investigación básica e investigación aplicada; no es recomendable seleccionar una línea desechando la otra. A últimas fechas, sin embargo, la investigación sobre este grave problema se ha enfocado sobre la investigación aplicada por ser sus resultados de más urgente demanda. La justificación es que los recursos obligan a una jerarquización.

Es menester indicar que algunos tópicos de investigación básica de indudable prioridad, han sido afectados por esta jerarquización. La implementación de métodos de diagnóstico del Amarillamiento letal es uno de ellos.

Como líneas atrás se mencionó, el diagnóstico temprano, práctico, económico y seguro del Amarillamiento letal, es una herramienta de indudable valor para concluir sobre la resistencia o susceptibilidad de cultivares de cocotero en evaluación con respecto a la enfermedad. Los métodos de diagnóstico que existen no cumplen con alguno o algunos de los atributos exigidos para ellos; es prioritario abarcar este aspecto de la investigación básica tratando de generar un método que no sea cuestionado en este sentido.

El empleo de oxitetraciclina (OTC) para lograr remisión de síntomas en palmas afectadas por Amarillamiento letal, es una posibilidad que podría convertirse en alternativa de diagnóstico de la enfermedad. Las razones para inferir lo anterior se basan en que es un producto que actúa sobre los organismos tipo micoplasma (OTM) responsables del Amarillamiento letal, y ocasiona una respuesta positiva en palmas enfermas; es de bajo costo; no es difícil de

adquirir, no es tóxico, es de fácil aplicación y se espera confiabilidad en la respuesta.

2.3.6.1.1. Remisión de Síntomas

McCoy (1972) reporta la remisión de síntomas -crecimiento sano de brotes nuevos- de Amarillamiento letal en palmas de coco tratadas con tetraciclina.

En nuevos tejidos producidos durante la remisión en palmas tratadas con antibióticos de tetraciclina, no son encontrados organismos tipo micoplasma (OTM), sin embargo, los organismos reaparecen al reanudarse el desarrollo de los síntomas, es decir, al final del periodo de remisión (Bowyer y Atherton, 1972) (citados por McCoy y Williams, 1982).

McCoy (1972; 1973) menciona la respuesta de cocoteros enfermos a la aplicación de oxitetraciclina (OTC); los micoplasmas y organismos tipo micoplasma (OTM) son sensibles al efecto de la tetraciclina.

McCoy (1973) señala que los antibióticos con tetraciclina suprimen el desarrollo del Amarillamiento letal, mientras que la penicilina es altamente ineficiente en la remisión de síntomas; esta remisión se juzga por la retención y fijación de nueces y por la producción de crecimiento sano incluyendo inflorescencias nuevas, agrega que esto solo es inducido por antibióticos de tetraciclina y acromicina.

El tratamiento de plantas afectadas por amarillamientos con antibióticos a base de tetraciclina, ha resultado en una mejoría casi

universal en la sanidad de la planta afectada (McCoy, 1974; Nyland y Moller, 1973) (citados por McCoy y Williams, 1982). Ellos mismos agregan que, en algunos casos, el período de remisión es de tal duración que la aplicación del antibiótico ha llegado a ser una práctica medida de control en campo.

McCoy (1975b) encontró que un único tratamiento de oxitetraciclina (OTC-HCl) en estados tempranos de cocoteros enfermos por Amarillamiento letal, ha mantenido en remisión de síntomas de 4 a 7 meses, aunque la oxitetraciclina (OTC-HCl) fué detectable en el follaje solo por 2 meses ó menos.

McCoy (1974) (citado por McCoy y Williams, 1982), indica respecto a la duración del período de remisión en plantas tratadas con tetraciclina, que éste es variable y depende de la dosis, duración de exposición, severidad de la enfermedad y tipo de planta. Generalmente, dosis altas y una larga exposición a los antibióticos resulta en un largo período de remisión de síntomas. El Amarillamiento letal en palma de coco puede mantenerse en remisión por 3 a 7 meses con una dosis única de 2 gramos de oxitetraciclina (OTC-HCl).

Pujals (1977) reporta que en el Centro de Investigaciones Agrícolas de la Universidad de la Florida, en Fort Lauderdale, se encontró que la inyección del antibiótico oxitetraciclina (OTC) en el tronco de cocoteros enfermos produce la remisión o detención de síntomas del Amarillamiento letal. Agrega que este tratamiento puede prolongar la vida de los cocoteros enfermos si se aplica antes de que las pencas comiencen amarillear; sin embargo, este tratamiento con antibióticos no cura la planta.

Según experiencias de Hunt et.al (1974) el Amarillamiento letal en cocoteros puede detenerse si estos presentan síntomas iniciales, es decir, caída prematura de todos los frutos, ennegrecimiento prematuro de la parte apical de las inflorescencias y amarillamiento del follaje en valores inferiores al 25% (no más de 3 hojas amarillas). Añaden que éstos son los 3 síntomas primarios de la enfermedad y los más importantes en determinar la respuesta subsiguiente a terapias de tetraciclina.

La aplicación de químicos sistémicos contra las enfermedades de amarillamiento, han demostrado concretamente que los grupos de antibióticos de tetraciclina son efectivos en suprimir el desarrollo de síntomas (McCoy y Williams, 1982).

McCoy (1982) indica que la remisión de la enfermedad del Amarillamiento letal se caracteriza por un crecimiento nuevo que esta libre de síntomas, aunque el tejido deformado no recupera su estado normal. La corta duración en la remisión de síntomas en plantas herbáceas limita la aplicación del antibiótico oxitetraciclina (OTC), pero es válido como un método de diagnóstico.

McCoy et.al (1989) reafirman que entre las técnicas más comúnmente usadas para constatar que una enfermedad es causada por un organismo tipo micoplasma (OTM), se encuentran: la microscopia electrónica, la microscopia de luz, y la remisión de síntomas por el uso de tetraciclina.

2.3.6.1.2. Modo de Acción de la Oxitetraciclina (OTC)

Las plantas afectadas por amarillamiento responden a menudo a la antibioticoterapia a base de tetraciclinas, mientras que no hay respuesta a la penicilina (Sinha, 1979) (citado por Jauch, 1985).

Los exámenes de tejidos de plantas tratadas con tetraciclina revelaron, además de una menor cantidad de organismos tipo micoplasma (OTM), una degradación de éstos con la pérdida de contenido celular (Delay y Darmanaden, 1977; Sinha y Peterson, 1972) (citados por McCoy y Williams, 1982). Era frecuente que en tales tejidos los organismos tipo micoplasma (OTM) aparecieran quebrados o incompletos, y algunos desprovistos de ribosomas y de la red de ADN (Bowyer y Atherton, 1972) (citados por McCoy y Williams, 1982).

Oropeza (1990) señala que los micoplasmas son insensibles a la penicilina y sensibles a los antibióticos del tipo de las tetraciclinas, actuando a nivel ribosomal.

Se ha demostrado que los compuestos de tetraciclina tienen movilidad en el floema, además de su habilidad para inducir remisión de enfermedades de sospechada etiología micoplasmal (Wilson, 1979) (citado por McCoy y Williams, 1982).

Las tetraciclinas se mueven en el xilema y parecen ser una opción excelente para tratamientos sistémicos de árboles (McCoy, 1982). El mismo autor agrega que las enfermedades de amarillamiento pueden tratarse con tetraciclina, ya que esta tiene un amplio espectro de actividad y es de fácil distribución sistémica en las plantas.

Dentro de las características de los antibióticos del grupo de las tetraciclinas, McCoy (1982) señala que casi la mitad de éstos

son solubles en agua en solución ácida, y son translocados de este modo por las plantas. Además, agrega que las tetraciclinas son degradadas por la luz y que deben mantenerse en recipientes opacos o aplicarse en regiones sombreadas del árbol.

Jauch (1985) sugiere el uso de tetraciclina en el control de enfermedades producidas por organismos tipo micoplasma (OTM), ya que los antibióticos que inhiben la síntesis bacteriana, como la penicilina, no son efectivos contra OTM.

Raychaudhuri (1988) indica que los compuestos sistémicos usados en el control de enfermedades provocadas por micoplasmas, probablemente maten al patógeno, retarden o disminuyan su multiplicación o crecimiento, o bien alteren la fisiología del hospedero de tal manera que el huésped muestre resistencia al patógeno.

El efecto de la quimioterapia depende de su solubilidad y estabilidad en los tejidos del hospedero. Para obtener un mejor efecto, deberá ser altamente soluble en agua a un pH bajo. De este modo entra eficientemente dentro de la hilera vascular y, en el caso de árboles, dentro de los vasos del xilema de la corriente de anillos anuales para una mejor distribución interna (Raychaudhuri, 1988).

Debido a que las plantas monocotiledóneas leñosas tienen paquetes vasculares dispersos en el interior de la planta, con conexiones laterales, estas plantas requieren de un solo sitio de inyección para una distribución uniforme del antibiótico, tal es el caso en el tratamiento del Amarillamiento letal en cocotero (Hunt et.al., 1974; McCoy, 1974) (citados por McCoy y Williams, 1982).

La inyección a árboles de la formulación oxitetraciclina (OTC-HCl) terramicina (Pfizer, Inc.), la cual ha sido registrada para su uso en el control del Amarillamiento letal en cocoteros, es estabilizada y solubilizada por la adición de ácido cítrico (Sands, 1974; Sands y Walton, 1975) (citados por McCoy y Williams, 1982).

McCoy (1973) en una evaluación de antibióticos utilizó como agentes estabilizantes al ácido cítrico y al ácido tartárico, indicando que esto fué necesario para prevenir la hidrólisis de la solución del antibiótico; solo fueron efectivos los tratamientos con ácido tartárico como agente estabilizante, atribuyéndose la causa de no efectividad al bajo pH (2.0) del ácido cítrico y su concentración (40,000 ppm).

Son más efectivas, en inyección al tronco, las formulaciones ácidas de tetraciclina porque los compuestos ácidos o neutros son transportados más fácilmente por el xilema (Dimond, 1965) (citado por McCoy y Williams, 1982). Sustancias básicas tienden a ser absorbidas por cargas negativas sobre las paredes celulares del xilema (Marsh, 1977; Raychadhuri, 1988) (citado por McCoy y Williams, 1982).

Los antibióticos del grupo de las tetraciclinas pierden rápidamente su actividad en el suelo o son absorbidos por el complejo de arcillas (Gonsalves y Tucker, 1977; Martín y Gottlieb, 1952) (citados por McCoy y Williams, 1982). Es por esto que el método de aplicación de drenes en el suelo es inefectivo en la inducción de remisión de síntomas en enfermedades de amarillamiento (Igwegbe y Calavan, 1973; Ishie et.al., 1967; McCoy, 1974) (citados por McCoy y Williams, 1982).

Cuando se trata de antibióticos del grupo de las tetraciclinas, la penetración al tejido debe ser lo más rápida posible pues son compuestos inestables (Oropeza, 1990).

2.3.6.1.2. Mecanismo de Acción

La acción fundamental de las tetraciclinas es la inhibición de la síntesis proteica en el proceso de la translocación (Davis et.al, 1978; Braude et.al, 1984; Litter, 1988; Raychaudhuri, 1988).

El sistema sintetizador de proteínas de micoplasmas es susceptible a los inhibidores usuales de síntesis de proteínas de procariotes. Algunos de los antibióticos tipo tetraciclina, eritromicina y clorafenicol inhiben la síntesis de proteínas sobre el ribosoma 70S (Tourtellote, 1969; Stanbridge y Doorsen, 1978) (citados por Raychaudhuri, 1988). (Kirkyworowitz, 1969; Johnson y Horowitz, 1971) (citados por Raychaudhuri, 1988) agregan al respecto, que los ribosomas 70S de micoplasmas son disociados en partículas 50S y 30S.

Las tetraciclinas se ligan a la subunidad 30S de los ribosomas de procariotes y bloquean la unión RNAt a la subunidad ribosomal 30S de RNAm. En otras palabras, impiden la introducción de nuevos aminoácidos en la cadena peptídica para completar el complejo de iniciación de la síntesis de proteínas (Davis et.al; Braude et.al, 1984; Litter, 1988).

Si se parte del DNA, el RNAm recibe el código para la secuencia de aminoácidos en el proceso de la transcripción. El mensaje es llevado a los ribosomas en forma de tripletes de nucleótidos.

El siguiente proceso, es la disociación del ribosoma 70S. La síntesis de proteínas empieza cuando el RNAt más la formilmetionina (aminoácido) se unen. Las tetraciclinas se ligan a la subunidad 30S e impiden la ligadura de RNAt (Braude et.al, 1984; Litter, 1988)

2.3.6.1.4. Prevención, Protección y Control

La oxitetraciclina (OTC) ha sido usada primeramente como una herramienta para el control de enfermedades inducidas por micoplasmas. La remisión de síntomas después de la inyección del antibiótico a plantas perennes indica la participación de un organismo tipo micoplasma (OTM) (McCoy, 1972; Pearson y Sands, 1978) (citados por Fry, 1982).

Con la demostración de que las plantas con amarillamiento pueden producir crecimientos sanos nuevos, después de tratamientos con tetraciclina, se iniciaron numerosas investigaciones para el control del agente causal. Como consecuencia, el antibiótico oxitetraciclina (OTC) se utilizó en el control del Amarillamiento letal en palmas de coco, árboles de durazno, pera y cereza (McCoy, 1982).

Maramorosch y Hunt (1981) reportan que las inyecciones con oxitetraciclina y tetraciclina-HCl al tronco de cocoteros afectados por Amarillamiento letal, pueden utilizarse profilácticamente para proteger palmas aparentemente sanas en áreas de dispersión activa de la enfermedad.

La oxitetraciclina (OTC) actualmente se usa para controlar el declina del peral McCoy (1974) (citado por Jauch, 1985). También

puede utilizarse en la prevención del Amarillamiento letal del cocotero, para lo cual se inyectan árboles sanos en áreas con elevada incidencia de la enfermedad (McCoy, 1976).

(McCoy et.al, 1976) indican que las pruebas en campo llevadas a gran escala con oxitetraciclina (OTC-HCl) han demostrado que pueden ejercer un efecto protector definitivo sobre palmas de coco aparentemente sanas, pero expuestas a la infección en áreas donde el Amarillamiento letal está avanzando.

Estos mismos autores revelan que a pesar de que el Amarillamiento letal del cocotero continuará extendiéndose en las áreas tratadas con el antibiótico oxitetraciclina (OTC-HCl) en Florida, el tiempo requerido para alcanzar el 95% de incidencia se prolongará de 3 a 5 veces. Este tiempo es suficiente para permitir la siembra de variedades resistentes, y que éstas alcancen el tamaño suficiente para reemplazar el material perdido.

(Harries, 1974; Hunt, et.al,1974; McCoy 1973, 1975; McCoy et.al,1976) (citados por Oropeza, 1990) coinciden en indicar que la enfermedad del Amarillamiento letal es producida por un organismo tipo micoplasma (OTM), y que aún no se puede diagnosticar en forma temprana; una vez que infecta a una palmera ésta morirá irremediablemente en poco tiempo, a menos que sea tratada con oxitetraciclina (OTC).

Se confirmaron a los organismos tipo micoplasma (OTM) como agente causal del Amarillamiento letal a través de la aplicación con antibióticos del grupo de la tetraciclina en palmas afectadas (McCoy, 1972, 1973; Hunt et.al,1974) (citados por Haramorosch y Hunt, 1981). El control del Amarillamiento letal en palmas de coco utilizadas como

ornato en Florida ha resultado exitoso solo donde es seguido un estricto régimen de inyección (Maramorosch y Hunt, 1981).

Hunt et.al (1974) indican que con la aplicación del antibiótico oxitetraciclina (OTC) se pueden proteger ciertas palmas valoradas como fuente de germoplasma.

McCoy (1982) menciona que es posible el uso de antibióticos en programas integrados en combinación con otros medios efectivos tales como el control del vector, erradicación de huéspedes alternantes de organismos tipo micoplasma, y siembra de variedades resistentes; todo esto, como medida de control de enfermedades micoplasmáticas en árboles.

Adicionalmente a su uso terapéutico, la oxitetraciclina (OTC) es registrada como profiláctico para proteger palmas sanas en áreas con alta incidencia de Amarillamiento letal en Florida y Texas, E.U. (McCoy, 1982).

McCoy y Williams (1982) indican que la oxitetraciclina-HCl (OTC) está siendo aplicada en gran escala para controlar la enfermedad del Amarillamiento letal existente en las palmas de coco en Florida. Agregan que el último método de control es el desarrollo y distribución de cultivares resistentes de palmas para replante. El programa de tratamiento con oxitetraciclina (OTC) es visualizado como una acción de retención para usarse por los 5-10 años requeridos para completar el programa de replante.

McCoy (1988) indica sobre la muerte de cocoteros en México que las investigaciones al respecto han revelado que palmas infectadas con Amarillamiento letal pueden tratarse -aunque no curarse permanentemente- por inyecciones de antibiótico del grupo de

las tetraciclinas. Esto puede hacerse simplemente depositando el líquido con un embudo en el interior del tronco, a través de un orificio.

Entre una de las diversas estrategias para reducir la dispersión de la enfermedad del Amarillamiento letal en la Península de Yucatán, se encuentra la aplicación de oxitetraciclina (OTC) en palmas con alto valor estimativo o de ornato (Carrillo y Piña, 1990).

2.3.6.1.5. Dosificación y Frecuencia de Aplicaciones

Oropeza (1990) revisando las dosificaciones empleadas encontró que la bibliografía reporta una dosis mínima de 0.1g por litro de agua y una dosis máxima de 20g por litro de agua. Ambas dosis en inyección al tronco.

McCoy (1975b) recomienda que la oxitetraciclina (OTC) sea usada en palmas de coco bajo dos esquemas: de manera preventiva en palmas sanas inyectando al tronco 1 gramo de oxitetraciclina (terramicina Pfizer, formulada para inyección en árboles) cada 4 meses, o bien, de manera curativa en palmas con la fase de preamarillamiento o a lo sumo en la fase de amarillamiento temprano. Para la fase de preamarillamiento sugiere de 1 a 3 gramos de oxitetraciclina, mientras que para la fase restante la dosis se eleva a 6 gramos. La cantidad de agua varía de 15 cc a 500 cc, dependiendo del método de aplicación. Se espera reducir grandemente el rango de dispersión con el método preventivo, salvar el 75% de las palmas en fase de preamarillamiento y salvar del 25 al 50% de las palmas en la

fase de amarillamiento temprano (método curativo). Las reaplicaciones en todos los casos serán cada 4 meses.

(McCoy, 1972; Hunt et.al, 1974) reportan que la dosis mínima para el tratamiento con oxitetraciclina (OTC) es de 2 g/lt/tronco; es decir 2 gramos de ingrediente activo por litro de agua aplicado al tronco de cocoteros infectados.

McCoy (1973) en una investigación con varios antibióticos sobre el Amarillamiento letal, concluye que oxitetraciclina (OTC) inyectada a presión directamente en el tronco de palmas de coco, en dosis de 2 g. de ingrediente activo en 0.2 lt. ó 1 lt. de agua, produjo una rápida remisión de síntomas. Nitrato de estreptomocina, penicilina y griseofulvina fueron ineficientes en la remisión de síntomas. Este mismo autor agrega que la formulación tetraciclina-ácido tartárico (estabilizante) fué fácilmente movilizada por la planta, y que la formulación tetraciclina-ácido cítrico a la misma dosis (2.0g/lto) no fué efectiva (5 palmas tratadas o remisiones). Atribuyéndose esto a que el pH de la solución OTC-ácido cítrico fué de 2.0 muy distinto al pH 4.0 de la solución OTC-ácido tartárico; es muy posible que este pH de 2.0 y concentración del ácido cítrico (40,000 ppm) convirtiera en tóxica a la solución y no fuera translocado el antibiótico.

Los tratamientos de 20 y 40 gramos de OTC en 20 lts. de agua aplicados a drenes alrededor del árbol resultaron inefectivos.

(McCoy, 1974; Nyland y Moller, 1973) (citados por McCoy y Williams, 1982) indican que la respuesta de plantas afectadas por enfermedades de amarillamiento, a tratamientos con antibióticos, es temporal; el cese del tratamiento resulta en la iniciación de un

nuevo ciclo de desarrollo de síntomas después de un periodo de tiempo.

McCoy (1974) (citado por McCoy y Williams, 1982) demostró una respuesta en el control del Amarillamiento letal del cocotero con antibióticos de tetraciclina a dosis desde 0.5 hasta 20 gramos por árbol. Las dosis bajas mostraron respuesta, pero las dosis altas tuvieron efectos más prolongados y demostraron, además, respuesta de árboles con síntomas más avanzados de la enfermedad.

McCoy (1982) menciona que el tratamiento con tetraciclina a plantas con amarillamiento, ha producido en general un significativo progreso en el crecimiento subsecuente. El grado de respuesta de plantas varía con la edad, severidad de síntomas, métodos de tratamiento y tipo de tetraciclina usada. En general las dosis altas de antibiótico inducen periodos largos de remisión.

Aunque las palmas de coco deben tratarse con tetraciclina con más frecuencia que los árboles frutales, los tratamientos deben considerarse como medida provisional por los 5 años que se requieren para reemplazar con las palmas resistentes al Amarillamiento letal (McCoy, 1982).

No existe una estación particular para el tratamiento con oxitetraciclina (OTC) en palmas de coco infectadas con Amarillamiento letal, pues su crecimiento es indeterminado; sin embargo, deben reaplicarse con más frecuencia que los árboles frutales (McCoy, 1982).

McCoy (1988) revela que las aplicaciones regulares de tetraciclina en intervalos de 4 meses, pueden suprimir los síntomas del Amarillamiento letal indefinidamente.

Oropeza (1990) señala que se deben aplicar a cocoteros enfermos de 1 a 2 gramos de oxitetraciclina (OTC) cada 3 meses para observar remisión de síntomas del Amarillamiento letal.

La respuesta a OTC no es inmediata, se encontró que entre palmas tratadas y sus testigos, la caída de nueces y el amarillamiento del follaje fueron similares durante los primeros 39 días y se detuvieron completamente solo en las palmas tratadas después de los 85 días. Esto sugiere que ciertos procesos irreversibles están ocurriendo aún antes de que los síntomas se manifiesten, sobre los cuales la OTC no tiene influencia (Hunt et.al, 1974).

Para ejemplificar algunos otros agentes químicos y su respuesta en el control del A. letal, se presenta el Cuadro 9.

CUADRO 9. RESPUESTA DE PALMAS AFECTADAS POR AMARILLAMIENTO LETAL TRATADAS CON DIFERENTES AGENTES QUÍMICOS EN ETAPA DE PRE-AMARILLAMIENTO. McCoy et.al (1983).

COMPUESTO ANTIBIOTICOS	RESPUESTA	COMPUESTO FUNGICIDAS	RESPUESTA
Oxitetraciclina base	+	benomil	-
Oxitetraciclina-HCl	+	thiabendazole	-
Tetraciclina base	+	dexón	-
Tetraciclina-HCl	+	nistatina	-
chlortetraciclina-HCl	+		
Gentamicina-SO ₄	+	INSECTICIDAS	
Espectinomocina-HCl	-	aldicarb	-
Lincomocina-HCl	-		
Eritromicina-PO ₄	-	METALES PESADOS	
Penicilina-G	-	CuCl ₂	-
Chloramfenicol	-	CuSO ₄	-
REGULADORES DEL CRECIMIENTO			
Acido Giberélico	-		
Cinetina	-		
Acido Indol Acético	-		

Respuesta positiva = Remisión

Respuesta negativa = Ningún efecto-todas las palmas murieron.

2.4. Métodos de Aplicación de Oxitetraciclina (OTC)

Existen varios métodos para la aplicación del antibiótico en palmas de coco; al igual que en las dosis, la literatura reporta variaciones marcadas entre ellos. Hay coincidencia, sin embargo, en lo recomendado por McCoy (1975a; 1982) en el sentido de que la oxitetraciclina debe ser inyectada directamente en los troncos de las palmeras, ya que las aspersiones o aplicaciones en drenes alrededor de la planta no funcionan. Agrega este investigador que el tratamiento de raíces por inmersión en una solución hidropónica del antibiótico ha dado un excelente resultado para laboratorios o invernaderos, pero no es práctica su implementación en el campo. La eficacia del tratamiento es directamente influida por la rapidez con que el antibiótico es incorporado a la palma, de este modo los tratamientos a gran escala hechos en Florida dependen básicamente de la inyección, mediante presión de aire, de la solución del antibiótico.

2.4.1. Aplicador Mauget

El inyector Mauget es un pequeño dispositivo de plástico, desechable que está comercialmente disponible. Es llenado con 14 cc de solución, usado una sola vez y desechado. La dosis en cada unidad es de 1 gramo de ingrediente activo de oxitetraciclina (OTC) por lo que de requerirse dosis más altas en una palma y momento dados, será necesario usar varios aplicadores Mauget (McCoy, 1975a) Carrillo y Piña (datos no publicados) elaboraron el siguiente procedimiento para

aplicación de oxitetraciclina (OTC) con el aplicador Mauget: (Anexo 2).

1. Practicar al tronco de la palma un orificio de 6.3 mm. de diámetro (broca de 1/4) por 8 cms. de profundidad, a una altura de 80 cms. sobre el nivel del suelo y con una ligera inclinación respecto a la vertical. Limpiarlo bien de resto de tejido.

2. Preparar una solución de 1 gramo de ingrediente activo de oxitetraciclina (OTC) en 15 cc. de agua, llenar el receptáculo del fluido del aplicador con la solución y unirlo firmemente a la tapa mediante la presión suficiente para hacer coincidir muescas y surcos.

3. Colocar el tubo alimentador en el orificio del paso 1 hasta que el seguro esté en contacto con el tronco.

4. Colocar la unidad completa del paso 2 (receptáculo y tapa unidos) sobre la parte sobresaliente del tubo alimentador y presionar hasta que el seguro quede en contacto con dicha unidad; de esta manera se rompe el sello y la solución se aplica en 4 horas aproximadamente.

2.4.2. Inyección por Gravedad

La inyección por gravedad es un método tal vez menos eficiente que el aplicador mauget, pero más simple; el equipo puede construirse fácilmente utilizando una botella de plástico vacía, de 750 cc. de capacidad, un corcho ó tapón, 50 cms. de manguera de hule, 2 piezas de tubo de cobre o vidrio de 8 cms. de longitud y 6 mm. de diámetro. Debe ejecutarse el siguiente protocolo (Carrillo y Piña, datos no publicados).

1. Perforar con broca de 1/4 un orificio en el tronco de la palma, con 10 cms. de profundidad, ligeramente inclinado y a 1.2 metros de la superficie del suelo.

2. Colocar una pieza de tubo en cada extremo de la manguera de hule; uno de los tubos se introduce en el tapón previamente perforado.

3. Diluir 3 gramos de ingrediente activo de oxitetraciclina (OTC) en 500 cc. de agua, (la cantidad de producto comercial se basará en su concentración de OTC) tapar la botella con el tapón que lleva insertado un tubo; el tubo del otro extremo de la manguera se introduce en el hueco mencionado en el primer inciso.

4. Colocar la botella en forma invertida a una altura de 30 cms. sobre el hueco y fijarla al tronco con alambre; una pequeña perforación en el fondo de la botella ayuda a la expulsión de aire y mejora la inyección de la solución. Burbujas de aire en el sistema impiden que la solución sea tomada por la planta. Si la solución no es tomada en 24 horas, desecharla y colocar solución nueva en un sitio diferente.

La botella de plástico puede ser sustituida por artefactos como los que se muestran en la Anexo 3; algunos investigadores llaman a este sistema "venocllisis".

2.4.3. Inyección de Aire a Presión

La rapidez de la inyección mediante aire a presión ha hecho a este método muy popular en aplicaciones comerciales a gran escala. El

incremento en la velocidad con que es tomada la oxitetraciclina (OTC) por la planta es notable (McCoy, 1982).

Este método tiene algunas variantes, e incluso podría decirse que el inyector mauget es una de ellas; todas tienen la finalidad de forzar, mediante la presión ejercida por el aire, a la solución de OTC a penetrar al tejido de la planta y de esta manera ser translocado por todo el sistema vascular de la palma.

McCoy (1982) describe un inyector que actúa a base de aire presurizado suministrado por una bomba para llantas, el reservorio tiene capacidad para 0.5 lbs. y es presurizado por la bomba en cuestión. Un cople de conexión rápida permite la inserción rápida a un tornillo hueco insertado a su vez al hoyo de inserción donde se deposita la solución de OTC.

McCoy (1975a) describe un método en el que es usado un tanque de metal capaz de resistir presiones de 100 libras por pulgada cuadrada; este tanque es llenado con 16 onzas de solución antibiótica y aire a la presión indicada. La inyección de esta cantidad de solución es un proceso que tarda aproximadamente 30 minutos.

El mismo autor menciona que el inyector instantáneo de árboles (minute tree injector) es un artefacto disponible ya en forma comercial, que puede ser usado para repetidas y rápidas inyecciones de pequeños volúmenes de la solución de OTC. Cada gramo de ingrediente activo de oxitetraciclina debe ser disuelto en 0.5 a 1 onza de agua y puesto en el reservorio del inyector. Simultáneamente debe realizarse un orificio a la planta de 5/32 pulgadas de diámetro y 4 pulgadas de profundidad al cual se le inserta la aguja y solución; en un minuto se inyecta 1 onza de solución.

Oropesa (1990) describe una práctica variante del inyector instantáneo de árboles (M.T.I); aunque el principio es básicamente el mismo, tiene la ventaja de poderse construir empíricamente sin necesidad de importarlo de E.U. o comprarlo en casas especializadas. Esta variante con algunas modificaciones descritas en el capítulo de materiales y métodos, fué la utilizada para la inyección de los tratamientos en la presente investigación.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Area de estudio y fitómetro empleado

El estudio se llevó a cabo en el área urbana y conurbana de la ciudad de Chetumal, Q. Roo (cabecera del municipio de Othón P. Blanco y capital del estado), y en los alrededores de la ciudad de Champotón, Campeche; entidades localizadas el Sureste de la República Mexicana en la Península de Yucatán (Figura 1).

El municipio de Othón P. Blanco se localiza en el Sur del estado de Q. Roo entre los 19°14' y 17°50' de latitud norte y los 87°15' y 89°25' de longitud oeste. Colinda al norte con los municipios de Felipe C. Puerto y José Ma. Morelos; al este limita con el Mar de las Antillas; al sur con Belice y Guatemala; al oeste con el estado de Campeche.

En este municipio se encuentran las mayores altitudes y que son de alrededor de 300 m. Cuenta con una extensión de 18,760 Km², representando el 36.9% de la superficie total de Q. Roo.

El clima es cálido subhúmedo (subtipos Awo, Aw1, Aw2). El subtipo más húmedo se encuentra en dos zonas aisladas en la costa y el este del municipio a lo largo de la frontera con Guatemala y Belice, allí la precipitación es de 1500 mm; existen dos pequeñas porciones del subtipo menos húmedo en donde la precipitación media anual es de alrededor de los 1000 mm. En el resto del municipio se encuentran el subtipo intermedio que es el predominante, y cuya precipitación es de 1200 y 1300 mm. anuales. Las temperaturas medias anuales oscilan entre los 25° y 27°C.

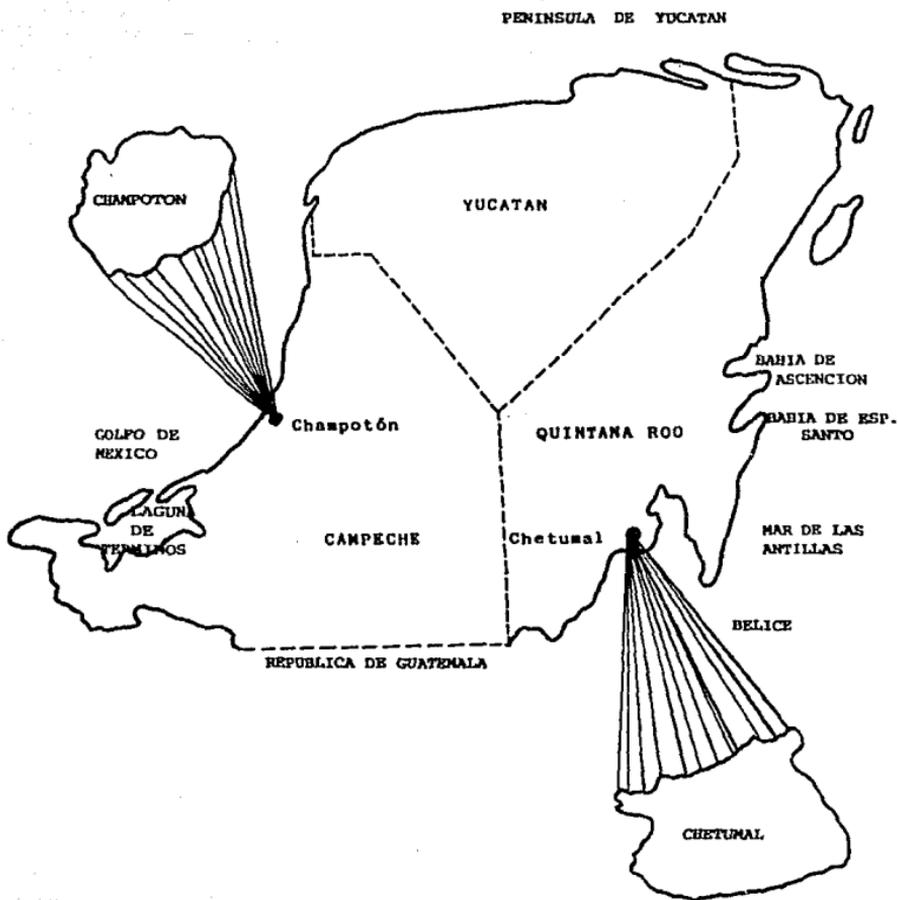
Respecto a la descripción geográfica de Champotón Camp.; este municipio es el más extenso del estado, posee 19,439 Km². Está situado en la zona centro del estado, comprendido dentro de los meridianos 89°09'-92°40' de longitud oeste y entre los 17°49'-19°57' de latitud norte. Limita al norte con los municipios de Campeche y Hopelchén; al sur con la República de Guatemala y el municipio de Hopelchén y al oeste con el Golfo de México y el municipio del Carmen.

En una franja de 30 km que parte del litoral del municipio de Champotón, hacia el norte, el clima es cálido subhúmedo intermedio con una temperatura media anual de 26°C. En la zona sur, este y sureste del municipio se encuentra la variante más húmeda de los climas subhúmedos.

Respecto al material biológico o fitómetro destinado a recibir los tratamientos en evaluación, correspondió a ejemplares de palmas de coco adulta (Cocos nucifera, L.) tanto criollos regionales; como híbridos (enano X criollo alto).



FIG. 1. AREA DE ESTUDIO



3.2 Tratamientos evaluados y Diseño Experimental

El periodo de experimentación fué de mayo de 1991 a julio de 1992. Como primera variable a evaluar se tuvieron a tres formulaciones de oxitetraciclina (OTC) como ingrediente activo:

a) Terramicina Inyectable.- Formulada como solución inyectable de uso en medicina humana, con 250 mg de OTC, 40 mg de lidocaina, 125 mg de cloruro de magnesio y 3 ml de vehiculo c.b.p. Fabricante Pfizer S.A de C.V.

b) Ingrediente Activo.- Formulado como polvo (fórmula W.T. 496.5 Lote 52 F-0626) de OTC dihidratada para uso de laboratorio, en frasco de 100 mg de I.A. Fabricante Sigma Chemical Company.

c) Terramicina Soluble.- Formulada como polvo soluble de uso como antibiótico agrícola, en bolsa de producto comercial al 5% de 400 g. garantizando al ingrediente activo como OTC (clorhidrato de oxitetraciclina) no menor de 75% equivalente a 50 g. de ingrediente activo/Kg). Fabricante Pfizer S.A de C.V.

Las dosis evaluadas fueron de 0.5, 1.0 y 2.0 gramos de ingrediente activo/palmera y constituyeron una segunda variable.

El objetivo de aplicación constituyó la tercera variable, y fué del tipo:

a) Aplicación Curativa.- Aplicado en palmas con sintomatología claramente visible. Al tomar en consideración el grado de infección de las palmeras, estas fueron subdivididas en dos categorías como se indican a continuación:

CATEGORIA 1.- Palmas con caída de frutos e inflorescencias necróticas (equivalente a categoría primaria, rango numérico 3, según McCoy, 1973).

CATEGORIA 2.-Palmas con caída de frutos e inflorescencias necróticas, además de AMI en un máximo del 5% del follaje o no más de 5-7 hojas inferiores amarillas (equivalente a categoría de amarillamiento, rango numérico 4, de acuerdo a McCoy, 1973).

b) Aplicación Preventiva.- Palmas sin ningún sintoma aparente de afectación calificada como sanas aparentes.

Se utilizó el Diseño experimental de completamente al azar que constó de 27 tratamientos con 3 repeticiones. Cada tratamiento se aplicó a una palmera, la cual se consideró como unidad experimental; de tal manera que se tuvo un total de 81 unidades experimentales. Además de lo anterior se incluyeron 9 testigos absolutos (3 por categoría) mismos que fueron similarmente irrigados con agua. La población total en el estudio fué de 90 palmeras (Cuadro 10).

CUADRO 10. RELACION GENERAL DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS

Producto	Dosis (g. de I. Activo)	Tipo	Infección
1. Terramicina Inyectable	0.5	Curativo	C-1
2. Terramicina Inyectable	0.5	Curativo	C-2
3. Terramicina Inyectable	0.5	Preventivo	S.A
4. Terramicina Inyectable	1.0	Curativo	C-1
5. Terramicina Inyectable	1.0	Curativo	C-2
6. Terramicina Inyectable	1.0	Preventivo	S.A
7. Terramicina Inyectable	2.0	Curativo	C-1
8. Terramicina Inyectable	2.0	Curativo	C-2
9. Terramicina Inyectable	2.0	Preventivo	S.A
10. Ingrediente Activo	0.5	Curativo	C-1
11. Ingrediente Activo	0.5	Curativo	C-2
12. Ingrediente Activo	0.5	Preventivo	S.A
13. Ingrediente Activo	1.0	Curativo	C-1
14. Ingrediente Activo	1.0	Curativo	C-2
15. Ingrediente Activo	1.0	Preventivo	S.A
16. Ingrediente Activo	2.0	Curativo	C-1
17. Ingrediente Activo	2.0	Curativo	C-2
18. Ingrediente Activo	2.0	Preventivo	S.A
19. Terramicina Soluble	0.5	Curativo	C-1
20. Terramicina Soluble	0.5	Curativo	C-2
21. Terramicina Soluble	0.5	Preventivo	S.A
22. Terramicina Soluble	1.0	Curativo	C-1
23. Terramicina Soluble	1.0	Curativo	C-2
24. Terramicina Soluble	1.0	Preventivo	S.A
25. Terramicina Soluble	2.0	Curativo	C-1
26. Terramicina Soluble	2.0	Curativo	C-2
27. Terramicina Soluble	2.0	Preventivo	S.A
28. Testigo Absoluto			C-1
29. Testigo Absoluto			C-2
30. Testigo Absoluto			S.A

C-1= Categoría 1.

C-2= Categoría 2.

S.A= Sana Aparente.

Posteriormente y para fines de análisis fué necesario seccionar los tratamientos por categoría (1, 2 y sana aparente), teniendo de esta forma, un total de 9 tratamientos además de su árbol control (Cuadro 11)

CUADRO 11. RELACION DE TRATAMIENTOS EVALUADOS POR CATEGORIA (1, 2 y - Sana Aparente).

Tratamiento	Fuente de OTC	g/palma de ingred. activo	g.de producto comercial	ml de agua utilizados en la inyec
1	T.I	0.5	2 ampolletas	--
2	T.I	1.0	4 ampolletas	--
3	T.I	2.0	8 ampolletas	--
4	I.A	0.5	0.5	10
5	I.A	1.0	1.0	20
6	I.A	2.0	2.0	20
7	T.S	0.5	10	65
8	T.S	1.0	20	130
9	T.S	2.0	40	260
10	Testigo Absoluto		-	20

T.I= Terramicina Inyectable

I.A= Ingrediente Activo

T.S= Terramicina Soluble

3.3 Método de aplicación empleado

Durante la presente investigación, el procedimiento de aplicación empleado para la inyección de oxitetraciclina al tronco de cocoteros sujetos a los distintos tratamientos fué el recomendado por Oropeza en (1991) quien estableció el siguiente protocolo:

1. Realizar un orificio en el tronco de la palma a una altura de 1.5-2.0 mts. con un diámetro de 0.5 pulgadas, 10 cms. de profundidad y una inclinación de 20-30°.

2. Cortar el extremo superior de una jeringa desechable de 5 ml.

3. Introducir la jeringa en posición invertida en el orificio del tronco, empujando para que penetre (usar herramientas en caso necesario).

4. Cargar una jeringa de 10 ml. con solución de antibiótico. (por ejemplo: oxitetraciclina 1 g/10 ml). Conectarla a la

jeringa fijada al tronco (usando un tubo adaptador). Introducir la solución al tronco. Es necesario presionar el émbolo de la jeringa hasta que penetre la solución.

5. Introducir 10 ml. de agua. Si es necesario empujar con aire hasta que penetre todo el líquido.

6. Retirar la jeringa fijada al tronco y tapar el orificio con cera o tapón de corcho o madera.

En el Anexo 4 se describe gráficamente este proceso, es importante mencionar que en sustitución de la jeringa de 10 ml. del inciso 4 se utilizó una jeringa de uso veterinario de 20 ml. para obtener mayor presión. Al inyectar se debe tener cuidado de que el tubo adaptador (inciso 4) sea flexible y resistente de tal manera que no se infle al ejercer la presión. Cualquier escape de presión redunda en una deficiente aplicación. En la práctica se presentan situaciones como la necesidad de realizar dos o más huecos, dividir el volumen de la solución en dos o más jeringas, etc., en tales casos el criterio del aplicador es muy importante, por los que este protocolo debe tomarse solo como una guía y no como un instructivo rígido.

3.4 Evaluación de los tratamientos

El rango de los síntomas elegidos de la enfermedad del Amarillamiento letal fueron desde tempranos (abertura de inflorescencias necróticas y caída de frutos) para la categoría 1(C-1) a inicialmente tardíos (inflorescencias severamente necróticas, caída completa de frutos y/o no más de 5-7 hojas inferiores con amarillamiento) para la categoría 2(C-2). De este modo, los

parámetros considerados para la evaluación de los tratamientos fueron medidos en días posteriores a la aplicación de oxitetraciclina tomando este patrón tanto para el carácter curativo, como para el preventivo.

Para la C-1 los parámetros consistieron en: Días a Amarillamiento de Hojas Inferiores (AHI), Días a Secamiento de Hojas Inferiores e inicio de Amarillamiento en Hojas Medias (SHI-AHM), Amarillamiento Total-Hoja Guía Sana (AT-HGS), Colapso del Follaje en más del 75% y Muerte de la Hoja Guía (CF-HGM), partiendo de que los síntomas caída de frutos e inflorescencias necróticas estaban ya presentes en las unidades experimentales seleccionadas para la inyección del antibiótico.

En el caso de la C-2, la evaluación de las palmas fué también por severidad en los síntomas medidos en los días posteriores a la aplicación de OTC y consistieron desde los días a Secamiento de Hojas Inferiores e inicio de Amarillamiento en Hojas Medias (SHI-AHM), Amarillamiento Total-Hoja Guía Sana (AT-HGS), hasta el Colapso del Follaje en más del 75% y Muerte de la Hoja Guía (CF-HGM). Se asume, por la categoría bajo evaluación, que los tres primeros síntomas ya estaban presentes.

Así mismo, respecto a la categoría que involucra a palmas sanas aparentes, solo se consideraron en términos de porcentaje, las palmas que permanecieron sanas los primeros 140 días posteriores a la aplicación, asumiendo que después de este periodo cualquier palma podía contraer o desarrollar la enfermedad ya que no se contempló una reaplicación. La OTC solo actúa o protege un periodo de 120-130 días.

Para caracterizar las palmas dentro de cada categoría, se midió el diámetro de tronco, altura de tronco, altura total de palma

y edad estimada. Los valores obtenidos se analizaron mediante distribuciones de frecuencia y se elaboraron los histogramas correspondientes para su interpretación.

Como las aplicaciones tanto para un mismo tratamiento como para los diferentes tratamientos variaron en cuanto a su fecha de realización, se consideró como día 0 al día de la aplicación; las observaciones y toma de datos se realizaron cada 30 días. El período de observaciones se concluyó el día 220 para la C-1 y C-2; y 360 días para la categoría de sana aparente.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Caracterización del fitómetro empleado

4.1.1 Categoría 1.

El Cuadro 12 contiene en forma condensada la información sobre las características de diámetro y altura de tronco, así como la altura total y la edad estimada de las palmas sujetas a los distintos tratamientos.

Por lo que respecta a la primera categoría se observa que la mitad de las palmas (50%) tuvieron un diámetro de tronco superior a los 88 cm; el diámetro de tronco de un cocotero enano malayo es de aproximadamente 70 cm. por lo que puede inferirse que las palmeras en evaluación corresponden a híbridos o criollos regionales, cuyo vigor es notoriamente superior al de los enanos. La altura de tronco y altura total de las palmas difícilmente pueden relacionarse con el diámetro de tronco ya que en la población bajo estudio se encontraron tanto híbridos como criollos regionales; los híbridos (enano X

criollo alto) se caracterizan por un ensanchamiento (botella) en la base del tronco, y un porte bajo. Los criollos en cambio, aunque presentan un tronco vigoroso la "botella" no es tan marcada y su altura es notoriamente superior a la de los híbridos. En la población bajo discusión no hay una tendencia clara para "encasillar" en determinado rango de altura a las palmas. Se puede definir sin embargo, que más de la mitad superaron los 10 mts. de altura.

Tocante a la edad de las palmas bajo estudio en esta categoría, la tendencia encontrada es que la gran mayoría (63%) fueron palmas con edad superior a los 11.5 años; las palmas más jóvenes fueron de 7 años y a esta edad ya iniciaban su etapa reproductiva por lo que se les caracteriza como adultas.

4.1.2 Categoría 2.

En esta categoría se observa que el vigor de las palmas fué superior a la categoría anterior pues el 83% de las palmas mostraron un diámetro de tronco arriba de los 82 cm. La heterogeneidad en cuanto a las alturas de tronco y totales vuelve a presentarse; la mitad de la población fué de una altura no mayor a 10 mt. ni inferior a 7 mt. La edad de las palmas fué de 8 a 18 años con ligera tendencia a una predominancia de las palmas jóvenes (hasta 12 años).

4.1.3 Categoría Sano Aparente

Analizando los datos para esta tercera categoría en evaluación, se observa de manera general una tendencia de la población a estar representada por individuos menos vigorosos y más jóvenes que las dos categorías anteriores, ya que el 56% de ellos no tuvieron un diámetro de tronco mayor a 88 cm, el 63% se situaron

entre los 7 y los 10.6 mt. de altura y el 81% fueron individuos de no más de 13.6 años de edad.

En las tres categorías bajo evaluación la palma más pequeña escogida fué de 7 mt. y la más alta de 16 mt, y no hubo palmas más jóvenes de 7 años ni más viejas que 18 años; estos datos dan una idea general de que se trato de palmas adultas, bien constituidas y vigorosas y se sospecha que las dosis empleadas en el estudio fueron inferiores a las que correspondían a especímenes con estas características. Se insiste en la heterogeneidad de las poblaciones en las tres categorías bajo estudio.

CUADRO 12. CARACTERIZACION DEL FITOMETRO EMPLEADO.

Caracter Medido	CATEGORIA 1		CATEGORIA 2		SANO APARENTE	
	Porcentaje de palmas	Rango	Porcentaje de palmas	Rango	Porcentaje de palmas	Rango
Diámetro de tronco (cm)	10%	55.0-71.6	17%	70.0-81.8	13%	67.0- 77.6
	40%	71.7-88.2	46%	81.9-93.6	43%	77.7- 88.2
	30%	88.3-104.8	17%	93.7-105.4	10%	88.3- 98.8
	7%	104.9-121.4	13%	105.5-117.2	10%	98.9-109.4
	13%	121.5-138.0	7%	117.3-129.0	24%	109.5-120.0
Altura de Tronco (mts)	10%	3-4.7	37%	3-5	27%	3-5
	36%	4.8-6.5	30%	6-7	36%	6-7
	17%	6.6-8.3	17%	8-9	13%	8-9
	27%	8.4-10.2	10%	10-11	17%	10-11
	10%	10.3-12.0	6%	12-13	7%	12-13
Altura Total (mts)	33%	7-8.4	27%	7-8.6	13%	7-8.8
	13%	8.5-9.8	30%	8.7-10.2	50%	8.9-10.6
	10%	9.9-11.2	7%	10.3-11.8	13%	10.7-12.4
	10%	11.3-12.6	23%	11.9-13.4	10%	12.5-14.2
	34%	12.7-14.0	13%	13.5-15.0	14%	14.3-16.0
Edad (años)	30%	7-9.2	23%	8-10	26%	7-9.2
	13%	9.3-11.4	23%	11-12	17%	9.3-11.4
	7%	11.5-13.6	17%	13-14	37%	11.5-13.6
	7%	13.7-15.8	10%	15-16	7%	13.7-15.8
	43%	15.9-18.0	17%	17-18	13%	15.9-18.0
Cultivar:						
	Criollo	57%		33%		77%
	Híbrido	43%		63%		23%
Enano	--		4%		--	

4.2 Respuesta a los Tratamientos en Categoría 1

4.2.1 Amarillamiento de Hojas Inferiores.

Los resultados obtenidos del ANDEVA muestran en el Cuadro 13 que para esta categoría de infección y síntoma, no existe significancia entre tratamientos. Lo anterior se puede afirmar con un 66.8% de certeza. El C.V. fué del 70.7%, lo cual indica el alto grado de variación de las observaciones respecto al valor medio general.

Al ubicar los promedios de tratamientos en forma descendente, se observa que los más eficientes en lograr el retraso de este síntoma, son terramicina inyectable e ingrediente activo en dosis de 0.5 gr. por palma, es decir que posteriormente a la caída de frutos e inflorescencias necróticas, transcurrieron 75 días para la manifestación del AHI; la diferencia con respecto al testigo es de 50 días. Terramicina inyectable 2.0 gr. mostró la aparición de este síntoma a los 64 días de aplicada. En los tratamientos 7, 2 y 6 este periodo fué de 51 días. Terramicina soluble 2.0 gr. y testigo absoluto coincidieron en el inicio de la manifestación del AHI a los 25 días.

CUADRO 13. DIAS A AMARILLAMIENTO DE HOJAS INFERIORES (AHI) EN LA CATEGORIA DE INFECCION C-1.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	I	II	III	
1 T.I. 0.5 g	7	120	98	75.0
4 I.A. 0.5 g	104	90	31	75.0
3 T.I. 2.0 g	34	70	88	64.0
7 T.S. 0.5 g	50	50	55	51.7
2 T.I. 1.0 g	75	40	39	51.3
6 I.A. 2.0 g	13	21	119	51.0
5 I.A. 1.0 g	25	85	35	48.3
8 T.S. 1.0 g	18	17	90	41.7
10 Testigo	28	30	16	24.7
9 T.S. 2.0 g	18	13	40	23.7
	0.05	0.10		
"F" Tablas	2.39	3.46		
"F" Calculada	0.743 N.S	C.V = 70.7%		

4.2.2 Secamiento de Hojas Inferiores e Inicio del Amarilla - miento en Hojas Medias.

En el Cuadro 14, el ANDEVA muestra que para la manifestación de estos síntomas no existe diferencia significativa entre tratamientos.

Es importante señalar que terramicina inyectable 0.5 gr. fué donde se retrasó por un mayor período la aparición del síntoma SHI-AHM, presentándose 107 días después de la aplicación del antibiótico, y observándose una ventaja de 65 días con respecto al testigo. Después de aplicar el antibiótico, los tratamientos 1 y 3 retrasaron en promedio 93 días la expresión del síntoma; mientras que los tratamientos 2, 5, 6 y 7 retardaron el síntoma 70 días (51 y 20 días, respectivamente, en relación al testigo). El tratamiento 9 y el testigo coinciden en ser los tratamientos en donde más temprano se manifestó el SHI-AHM, lo cual ocurrió a los 38 y 42 días, respectivamente de la aplicación.

CUADRO 14. DIAS A SECAMIENTO DE HOJAS INFERIORES E INICIO DE AMARILLAMIENTO EN HOJAS MEDIAS (SHI-AHM) EN LA CATEGORIA DE INFECCION C-1.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	I	II	III	
4 I.A. 0.5 g	124	115	81	107.0
1 T.I. 0.5 g	28	140	120	96.0
3 T.I. 2.0 g	69	107	94	90.0
2 T.I. 1.0 g	110	66	55	77.0
5 I.A. 1.0 g	36	105	70	70.0
6 I.A. 2.0 g	23	41	144	69.0
7 T.S. 0.5 g	70	69	69	69.0
8 T.S. 1.0 g	34	33	110	59.0
10 Testigo	39	55	32	42.0
9 T.S. 2.0 g	35	34	46	38.0
	0.05	0.01		
"F" Tablas	2.39	3.46		
"F" Calculada	1.123 N.8	C.V = 50.0%		

4.2.3. Amarillamiento Total-Hoja Guía Sana.

Los resultados obtenidos del ANDEVA para días transcurridos a la presentación de este síntoma, muestran en el Cuadro 15 que no hay diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo se puede detectar que ingrediente activo 0.5 gr. y terramicina inyectable 2.0 gr. presentaron el síntoma hasta los 130 días de aplicados los tratamientos, con una superioridad de 63 días sobre el testigo. Los tratamientos 1, 5, 7 y 6 tardaron en presentar el síntoma en un intervalo de 102 a 117 días; mientras que los tratamientos 6 y 2 lo manifestaron a los 102 y 90 días, respectivamente. Los tratamientos 9 y 10 coinciden de nuevo con lo detectado para los síntomas de ANI y ANI-AHM; es decir, el testigo presentó el síntoma después que el tratamiento 9 (67 y 60 días respectivamente).

CUADRO 15. DIAS A AMARILLAMIENTO TOTAL CON HOJA GUIA SANA (AT-HGS) EN LA CATEGORIA DE INFECCION C-1.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	I	II	III	
4 I.A. 0.5 g	150	135	109	131.3
3 T.I. 2.0 g	100	148	143	130.3
1 T.I. 0.5 g	50	162	140	117.3
5 I.A. 1.0 g	100	130	100	110.0
7 T.B. 0.5 g	95	109	119	107.7
6 I.A. 2.0 g	65	81	160	102.0
2 T.I. 1.0 g	122	81	68	90.3
8 T.B. 1.0 g	73	63	130	88.7
10 Testigo	71	70	60	67.0
9 T.B. 2.0 g	51	60	70	60.3
	0.05	0.01		
"F" Tablas	2.39	3.46		
"F" Calculada	1.765 N.S	C.V = 31.3%		

4.2.4 Colapso del Follaje en más del 75% y Muerte de la Hoja Guía.

Se puede determinar de acuerdo al análisis estadístico mostrado en el Cuadro 16 que la manifestación del síntoma bajo

análisis si tuvo diferencia estadística significativa entre los distintos tratamientos. Con el objeto de clarificar mediante una base estadística cuál de ellos fue más eficiente en retrasar este síntoma, se aplicaron las pruebas de rango múltiple de Tukey y la Diferencia Mínima Significativa (D.M.S). Según la primera prueba, los tratamientos comprendidos del 3, 6, 4, 5, 1, 7, 8, 2 y 10, son estadísticamente iguales entre sí y los tratamientos del 6, 4, 5, 1, 7, 8, 2, 10 y 9, en el mismo cuadro, son similares entre ellos a un nivel de significancia del 0.05. No obstante esta estrecha diferencia estadística es importante señalar que el tratamiento 3 consistente en la formulación terramicina inyectable en dosis de 2.0g retrasó por más tiempo la aparición de la muerte fisiológica presentándose la misma hasta los 163 días, con diferencia de 72 días con respecto al testigo.

Respecto a la Diferencia Mínima Significativa (D.M.S) únicamente existió semejanza estadística entre los tratamientos 3, 6, 4, 5, 1, 7 y 8. De igual manera sucedió con los tratamientos 6, 4, 5, 1, 7, 8 y 2; detectándose una adicional agrupación para los tratamientos 1, 7, 8, 2 y 10. Así mismo ocurrió para los tratamientos 8, 2, 10 y 9. Observándose para el tratamiento 3 un valor más prometedor en el retraso de la muerte fisiológica. Todos a un nivel de significancia del 0.05.

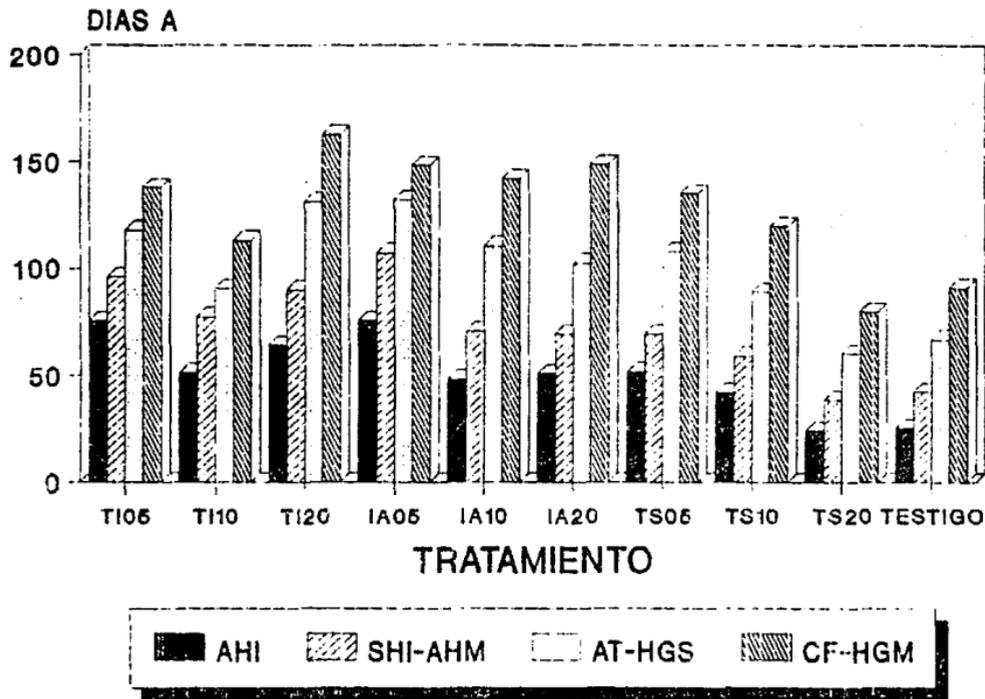
CUADRO 16. DIAS A COLAPSO DEL FOLLAJE EN MAS DEL 75% Y MUERTE DE LA - HOJA GUIA (CF-HGM) EN LA CATEGORIA DE INFECCION C-1.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio	Prueba de Tukey	Medias D.M.S
	I	II	III			
3 T.I. 2.0 g	154	163	171	162.6	A	A
6 I.A. 2.0 g	132	131	184	149.0	AB	AB
4 I.A. 0.5 g	164	155	126	148.3	AB	AB
5 I.A. 1.0 g	146	150	130	142.0	AB	AB
1 T.I. 0.5 g	70	182	160	137.3	AB	ABC
7 T.S. 0.5 g	115	139	149	134.3	AB	ABC
8 T.S. 1.0 g	104	103	150	119.0	AB	ABCD
2 T.I. 1.0 g	150	91	97	112.6	AB	BCD
10 Testigo	97	90	86	91.0	AB	CD
9 T.S. 2.0 g	57	85	96	79.3	B	D
	0.05	0.01			Valor de Tukey=79.39.	
"F" Tablas	2.39	3.46			Valor de D.M.S=46.75.	
"F" Calculada	2.845 E	C.V = 21.5%			Nivel Signific.=0.05.	

La Figura 2 representa un aspecto general de los días promedio en el desarrollo de la enfermedad por dosis y formulaciones para la categoría de infección C-1, mostrando los tratamientos más prometedores bajo los cuales las palmas alargaron la expresión de los síntomas, así como aquellos tratamientos menos eficientes y el testigo. Se observa que durante los primeros dos meses y medio después de la inyección, las formulaciones y dosis tuvieron un comportamiento similar. No ocurrió la subsecuente remisión. Algunos tratamientos tuvieron una tendencia a estabilizarse y no fué producido un nuevo crecimiento sano. Fué evidente que antes del tercer mes de la aplicación del antibiótico continuara la secuencia de los síntomas.

A pesar de que si existió un retraso en la manifestación de la sintomatología por amplios periodos, ninguno fué capaz de detener indefinidamente la enfermedad; debe tomarse en cuenta que no se realizaron reaplicaciones a los 3-4 meses, tal y como lo marca la literatura para lograr mantener a las palmas en estado de remisión.

Fig. 2 CATEGORIA 1



Todas las palmas incluyendo a los testigos sin tratamiento murieron.

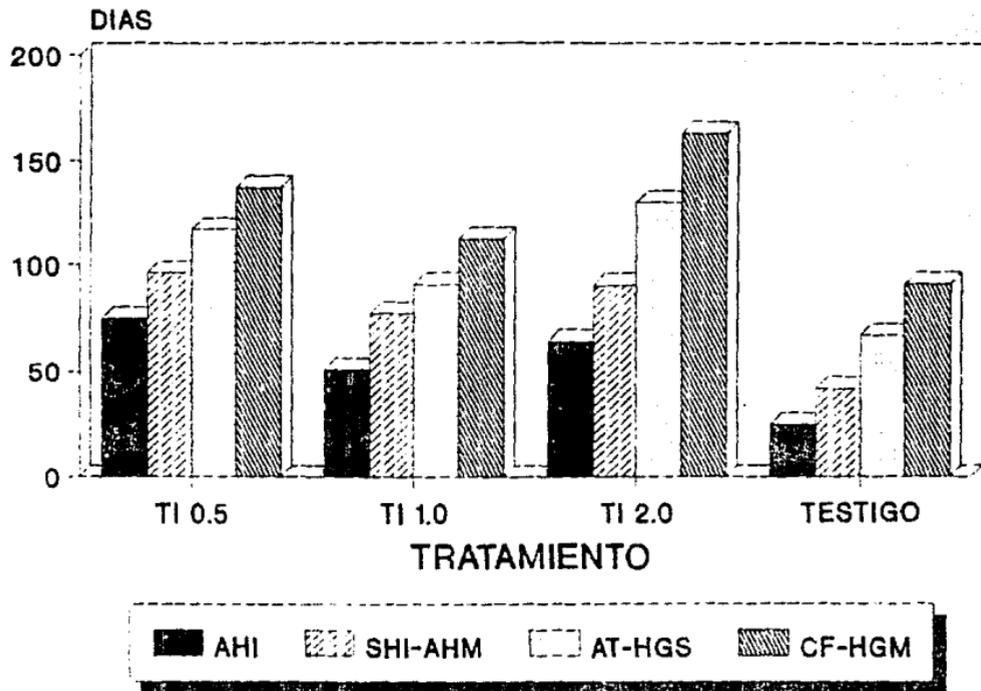
Las alteraciones morfológicas (síntomas) observadas en las unidades experimentales durante el desarrollo del experimento corresponden a la enfermedad del Amarillamiento letal y coinciden con las citadas por los investigadores al respecto (Carter et.al, 1965; Martínez, 1965; Maramorosch y Hunt, 1981; Harries y Maramorosch, 1980; McCoy, 1973, 1975, McCoy et.al, 1983).

Analizando la información individualmente por formulación en las tres dosis probadas se tiene lo siguiente :

La Figura 3 muestra en detalle el comportamiento de la terramicina inyectable en las dosis de 0.5, 1.0, 2.0g. así como el testigo absoluto, en la C-1 de infección. Fue interesante notar, que para esta formulación el mayor número de días para que se presentara el Amarillamiento de Hojas Inferiores (AHI), fue bajo la dosis de 0.5g. con 75 días; existiendo una diferencia de 50 días con respecto al testigo. Con esta misma dosis transcurrieron 96 días del periodo inicial de tratamiento para que se manifestara el Secamiento de Hojas Inferiores y se iniciara el Amarillamiento de Hojas Medias (SHI-AHM), diferenciándose en 54 días respecto del testigo.

Continuando con el desarrollo progresivo de los síntomas, la dosis de 0.5 g. registró el Amarillamiento Total permaneciendo la Hoja Guía Sana (AT-HGS), a los 117 días posteriores al tratamiento, con diferencia de 50 días respecto al testigo; el último síntoma, Hoja Guía Muerta y Colapso del Follaje en más del 75% (CF-HGH) se presentó en este tratamiento de 0.5g a los 137 días de aplicado, mientras que en el testigo dicho síntoma se presentó 46 días más temprano.

Fig. 3 CATEGORIA 1



Fué bastante notorio para esta formulación (terramicina inyectable) como fuente de oxitetraciclina, que la mejor dosis en retrasar el desarrollo de síntomas del Amarillamiento letal fué la de 2.0g, estimándose que 0.5g puede tener buenas perspectivas. La dosis de 1.0g obtuvo los menores valores, sin embargo, esto se atribuye más a fallas de carácter operativo que a efecto de la dosis por lo que no se debe descartar.

Conjuntando la información anterior, una serie de factores permiten explicar el comportamiento de esta formulación, y concluir que es la mejor de las tres formulaciones evaluadas. Primeramente se tiene que la cantidad de producto necesario para reunir las dosis establecidas fué, en comparación con las otras dos formulaciones, de manejo más práctico; reduciéndose el tiempo de exposición del antibiótico al medio ambiente debido a que se empleó un tiempo promedio de 15 min/palma/inyección, evitando así una posible fotodegradación del producto. Otra ventaja de esta formulación es que la ampollita viene lista para ser aplicada sin necesidad de realizar mezclas o diluciones; la formulación, por otro lado, no forma precipitados o grumos que entorpezcan la aplicación. La amplia disponibilidad de esta formulación en prácticamente todo el país es un factor digno de considerarse. Un factor que no debe excluirse es el estabilizante incluido en la presentación, el cual muy posiblemente proporcionó un efecto satisfactorio sobre la formulación.

Ahora bien, tomando como antecedente que no existió una remisión total después de la aplicación del antibiótico, tratando de inmiscuir la posible causa del porqué no existió un nuevo crecimiento sano, es muy probable que la longevidad de la oxitetraciclina

introducida en los tejidos de coco pudiese haber tenido una importante relación; el antibiótico debió ser transportado sistémica y uniformemente por toda la palma de tal manera que el compuesto entrara en los elementos cribosos del tejido del floema en los cuales residen los OTM; sin embargo, su persistencia posiblemente no fué de duración suficiente para mostrar un efecto completo en la remisión. Un papel primordial en este apartado fueron las dosis aplicadas al considerarse que aún la dosis de 2.0 g. es bajo para este tipo de palmeras. Durante el transcurso de la evaluación se observó una tendencia a no lograrse la remisión en los tratamientos bajo evaluación; esto motivo una aplicación informal a un grupo de palmeras con dosis altas de oxitetraciclina (3, 4, 5, 6, 7 g. de ingrediente activo/palma) y se detectó que solo las dosis altas (6 y 7 g. de ingrediente activo) mostraron una rápida y positiva respuesta, lo cual es solo indicativo de la tendencia y de ninguna manera concluyente sobre la dosificación. Debe investigarse con más profundidad este resultado preliminar.

Para las formulaciones en polvo, se ha fundamentado que la eficacia del antibiótico depende de su solubilidad y estabilidad en los tejidos del hospedero y que para obtener un mejor efecto debe ser altamente soluble en agua a un pH bajo (Haramorosch y Radchaudhuri, 1988). Las diferencias detectadas en la eficacia para retrasar la expresión de síntomas, en las tres formulaciones del mismo grupo de antibiótico, se atribuyen en parte a causas que afectan la estabilidad de estos compuestos, los cuales deben ser absorbidos y translocados dentro de la palma.

De esta manera, para el ingrediente activo en la C-1 de infección y de acuerdo a la Figura 4, se detectó que el

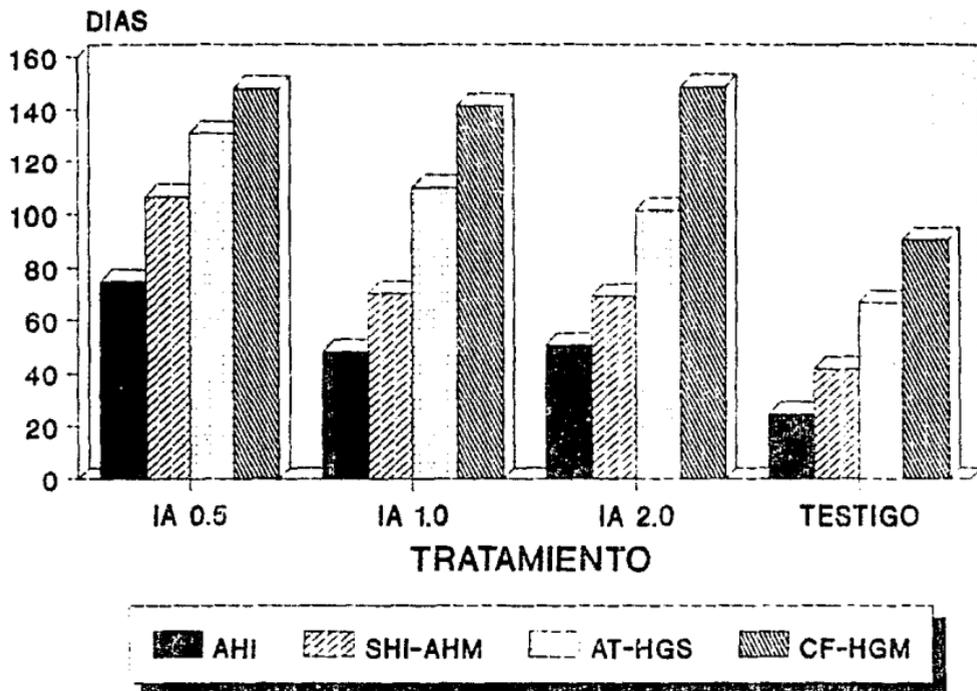
Amarillamiento de Hojas Inferiores (AHI) se presentó hasta los 75 días del periodo inicial de tratamiento con la dosis de 0.5g existiendo una diferencia de 50 días en relación al testigo. El Secamiento de Hojas Inferiores e inicio del Amarillamiento en Hojas Medias (SHI-AHM) con la dosis de 0.5g. se presentó a los 107 días del inicio del tratamiento, comparado con los 42 días del testigo.

Posteriormente, la dosis que retardo por un mayor periodo la aparición del Amarillamiento Total permaneciendo la Hoja Guía Sana (AT-HGS) fué la de 0.5g con 131 días comparado con 67 días del testigo. Esta tendencia seguida por la menor dosis (0.5g) tuvo un cambio mínimo, ya que la Muerte de la Hoja Guía y el Colapso en más del 75% del Follaje (CF-HGH) se presentó a los 148 días, mientras que en el testigo, ocurrió a los 91 días.

Debe señalarse que para el ingrediente activo puro, la dosis que retardo más el desarrollo de los síntomas del amarillamiento fué la de 0.5g. Sin embargo, al final la muerte de la palma ocurrió casi simultáneamente en las tres dosis (142, 148 y 149 días) por lo que no puede hablarse, en este sentido, de diferencias entre dosis, ni mucho menos de remisión de síntomas. Se insiste en que la muerte de las palmas estaba predestinada aún cuando se hubiera logrado la remisión de síntomas, esto por la sencilla razón de que no se planearon reaplicaciones a los cuatro meses; sin embargo, de haberse logrado la remisión, y a pesar de no reapplicarse, la muerte debió ocurrir en un lapso mucho más amplio. Esto es válido para todos los tratamientos evaluados.

Tratando de dar una explicación a la eficacia parcial que tuvo el antibiótico en la no emisión de crecimiento nuevo, se tiene que los vasos lesionados no intervienen en la transportación del -

Fig. 4 CATEGORIA 1



producto inyectado, el cual debió moverse por una vía alternativa hasta alcanzar el xilema funcional. Muy posiblemente, en este camino favorecido por las interconexiones del sistema vascular de la palma, el antibiótico interactuó negativamente influyendo en la ineficacia de los tratamientos (McCoy y Williams, 1982).

Aunado a esto, es posible que en ausencia de un pH neutro o ácido de la solución antibiótica el transporte del producto fuera limitado, y que en presencia de una sustancia básica, el antibiótico tuviera tendencia a ser absorbido por las cargas negativas sobre las paredes del xilema.

Un factor adicional que pudo favorecer la aparente ineficacia del producto fué la insuficiente solubilidad y la carencia de un agente estabilizante. La falta de solubilidad ocasionó que una cantidad menor de producto fuera absorbida por el tejido acumulándose el resto como pasta en la parte final del orificio practicado para la inyección, inactivándose posteriormente. Por otro lado, esta pequeña cantidad de antibiótico pudo no haber sido suficiente para acumularse en el tejido del floema y por lo tanto no actuó sobre el patógeno.

Otro aspecto relacionado, y que ofrece cierta ventaja en el manejo del producto, es el tiempo requerido para la inyección, ya que se emplearon 20 minutos en promedio por aplicación/palma inyectada evitando así una gran exposición al medio ambiente; y por lo tanto una posible fotodegradación del antibiótico.

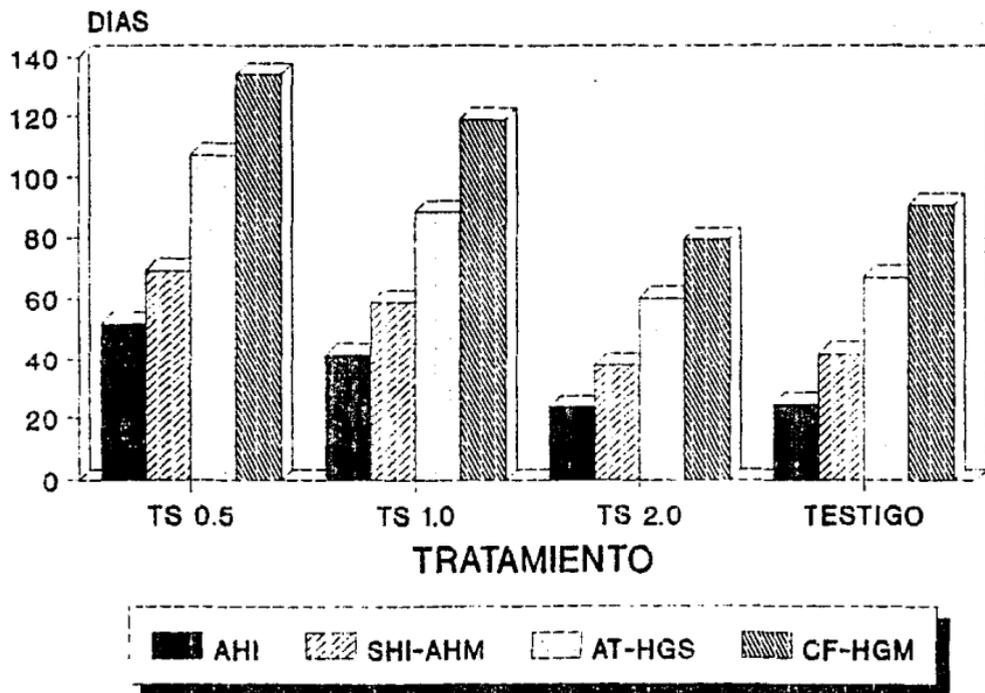
La formulación ingrediente activo (I.A) fué tan eficiente en retrasar la muerte de las palmas como la terramicina inyectable, aún cuando ambas fueron ineficientes, a las dosis evaluadas, en lograr la remisión de síntomas. Como desventajas de la primera formulación con respecto a la terramicina inyectable se tiene que el I.A es de

difícil y tardada adquisición pues es considerado y se adquiere como reactivo para laboratorio; por otro lado carece de agente estabilizante y requiere de diluyente para formar la solución.

En la Figura 5 se muestra el comportamiento de la formulación terramicina soluble en la C-1 de infección observando que el AHI se presentó con la dosis de 0.5g hasta los 52 días después de la aplicación del antibiótico, existiendo una diferencia de 27 días en relación al testigo. La expresión del SHI-AHM con la dosis de 0.5g se manifestó hasta los 69 días del periodo inicial de tratamiento comparado con 42 días del testigo. Con respecto al AT-HGS, se notó un mayor retraso para la manifestación de este sintoma con la dosis de 0.5g. transcurriendo 108 días después del inicio del tratamiento y 67 días para el testigo. Posteriormente el CF-HGM se alargó por un mayor periodo con la dosis de 0.5g; presentándose la muerte fisiológica hasta los 134 días del inicio del tratamiento en comparación con 91 días del testigo.

Es menester señalar que la dosis de 0.5g. de la formulación terramicina soluble fué la que logró retardar más la aparición del siguiente sintoma de la enfermedad. Debe enfatizarse que la dosis de 2.0g. tuvo un comportamiento semejante con el testigo lo cual puede explicarse por los siguientes factores, mismos que en su conjunto determinaron el comportamiento de esta formulación, y por lo tanto la ineficacia en el efecto sobre la remisión total.

Fig. 5 CATEGORIA 1



Tomando en cuenta que el ascenso a través de la inyección los investigadores la consideran bastante buena (McCoy y Williams, 1982) y que no puede atribuirse una ineficacia de la formulación al método de inyección empleado debe considerarse entonces que fué muy posiblemente la cantidad de producto comercial requerido para el tratamiento, lo que ejerció la mayor influencia. El manejo de esta formulación durante el proceso de inyección al tronco de las palmas fué muy difícil, ocasionando que en la dosis de 1.0 y 2.0g existiera una acumulación de producto en el trayecto del orificio practicado, provocándose una fitotoxicidad por la concentración de oxitetraciclina en un área local y la inactividad del antibiótico. La solubilidad del producto comercial es muy baja; la concentración de ingrediente activo (oxitetraciclina) es igualmente baja, por lo que se necesitaron cantidades considerables del producto comercial para inyectar las dosis en ingrediente activo programadas. Baja solubilidad, concentración en ingrediente activo reducida y alta cantidad de producto comercial se conjuntaron para observar un efecto muy similar con el reportado por McCoy y Williams (1982) para las tabletas sólidas de OTC implantadas dentro de orificios en el tronco, reflejándose en un pobre efecto de los tratamientos al sesgarse o alterarse la dosis pues el producto confinado al tronco se quedó en forma de pasta. Estas conclusiones son particularmente válidas para la dosis de 2.0g. pues solo así se explica el haber detectado que la eficiencia del producto es inversamente proporcional al incremento en la dosis.

La carencia de un agente estabilizante en el producto comercial que evitara la hidrólisis es otro factor a considerar en la ineficacia de esta formulación.

Es posible que el tiempo promedio requerido por palma para la inyección del antibiótico no tuviera algún efecto negativo sobre los tratamientos, a pesar de haberse empleado 45 minutos en la aplicación y haber favorecido con esto una posible fotodegradación del producto. Un factor adicional lo constituye la presencia de un pH básico de la solución, condición para que el antibiótico tuviera tendencia a ser absorbido por las cargas negativas de las paredes del xilema. Se puede mencionar en defensa de esta formulación, que su disponibilidad en el mercado nacional es amplia y su precio es bajo. Lo anterior no tendría ninguna validez si su ineficiencia para remitir los síntomas del Amarillamiento letal fuera notoria; sin embargo, en pruebas de campo bajo otros métodos de inyección tales como inyección por gravedad, donde es más fácil aplicar mayores volúmenes de diluyente, ha probado ser efectiva. Su utilidad en métodos de aplicación donde se emplee presión de aire es muy reducida; la baja solubilidad y concentración son sus principales limitantes.

Al igual que en las formulaciones anteriores, no se logró el objetivo de remitir o detener el avance de los síntomas, y la información obtenida no permite sostener que la OTC pueda implementarse como método de diagnóstico, al menos a las dosis probadas.

4.3 Respuesta a los tratamientos en Categoría 2

4.3.1. Secamiento de Hojas Inferiores e Inicio de Amarillamiento en Hojas Medias.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis estadístico para la categoría C-2 de infección y para el síntoma Secamiento de Hojas Inferiores, Amarillamiento de Hojas Medias (SHI-AHM) del Cuadro 17, "F" calculada es menor a "F" de tablas a un nivel de significancia de 0.05, interpretándose que no existe diferencia estadística entre tratamientos. Lo anterior es confiable en un 61.8% el C.V. fue del 66.8% indicando la gran fluctuación de las evaluaciones respecto al valor medio general.

Cabe señalar que con el tratamiento 8 la manifestación del SHI-AHM ocurrió en un número de días mayor; es decir, que transcurrieron 46 días desde la inyección del antibiótico para la expresión de dicho síntoma. Para los tratamientos 7, 2, 5 existió una diferencia casi imperceptible pues variaron entre sí por uno ó dos días. Adicionalmente, para los tratamientos 6, 1 y 9 se observa un intervalo de 20 a 26 días posteriores a la aplicación de oxitetraciclina para la aparición del SHI-AHM. El menor tiempo para la expresión de este síntoma se obtuvo con los tratamientos 4 y 10.

CUADRO 17. DIAS A SECAMIENTO DE HOJAS INFERIORES E INICIO DE-AMARILLAMIENTO EN HOJAS MEDIAS (SHI-AHM) EN LA CATEGORIA DE INFECCION C-2.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	I	II	III	
8 T.S. 1.0 g	0.0	69.0	68.0	45.6
3 T.I. 2.0 g	30.0	53.0	35.0	39.3
7 T.S. 0.5 g	20.0	21.0	68.0	36.3
2 T.I. 1.0 g	20.0	36.0	49.0	35.0
5 I.A. 1.0 g	20.0	21.0	62.0	34.3
6 I.A. 2.0 g	36.0	21.0	21.0	26.0
1 T.I. 0.5 g	33.0	20.0	8.0	20.3
9 T.S. 2.0 g	8.0	35.0	18.0	20.3
4 I.A. 0.5 g	9.0	33.0	16.0	19.3
10 Testigo	14.0	19.0	15.0	16.0
	0.05	0.01		
"F" Tablas	2.39	3.46		
"F" Calculada	0.804 N.S	C.V = 66.8%		

4.3.2 Amarillamiento Total-Hoja Guia Sana

En el análisis de varianza mostrado en el Cuadro 18 se pudo determinar que para la manifestación del Amarillamiento Total, permaneciendo la Hoja Guia Sana (AT-HGS) en la categoría de infección C-2, "F" calculada es menor a "F" de tablas al 0.05 de significancia, determinándose de esta manera que no existe diferencia estadística entre tratamientos, siendo válido un 24% de certeza para esta afirmación. El C.V. fué del 40.8% lo cual indica la variación en las observaciones con respecto al valor medio general.

Es importante aclarar que con el tratamiento 3, el AT-HGS se presentó a los 95 días después de la aplicación del antibiótico; mientras que con los tratamientos 7 y 8 el síntoma se expresó a los 76 y 78 días. Para los restantes tratamientos; es decir al 2, 1 solo pasaron 66 y 63 días después del periodo inicial de inyección. Y para los tratamientos 9, 5 y 6 transcurrieron 48, 50 y 51 días posteriores a la aplicación del producto para la manifestación del AT-HGS. Los menores valores para retrasar el síntoma se obtuvieron con los tratamientos 4 y 10.

CUADRO 18. DIAS A AMARILLAMIENTO TOTAL CON HOJA GUIA SANA (AT-HGS) EN LA CATEGORIA DE INFECCION C-2.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	I	II	III	
3 T.I. 2.0 g	95.0	100.0	89.0	94.6
7 T.B. 0.5 g	60.0	70.0	105.0	78.3
8 T.B. 1.0 g	25.0	109.0	93.0	75.6
2 T.I. 1.0 g	48.0	80.0	70.0	66.0
1 T.I. 0.5 g	90.0	50.0	50.0	63.3
9 T.B. 2.0 g	34.0	89.0	30.0	51.0
5 I.A. 1.0 g	36.0	26.0	88.0	50.0
6 I.A. 2.0 g	50.0	35.0	60.0	48.3
10 Testigo	30.0	45.0	30.0	35.0
4 I.A. 0.5 g	35.0	43.0	48.0	42.0
	0.05	0.01		
"F" Tablas	2.39	3.46		
"F" Calculada	1.76 N.B	C.V = 40.8%		

4.3.3 Colapso del Follaje en más del 75% y Muerte de la Hoja - Guía.

Los resultados obtenidos con el análisis estadístico, muestran en el Cuadro 19, que para esta categoría y sintoma, es decir la muerte fisiológica de la palma, el valor de "F" calculada es menor a "F" tabulada al nivel de 0.05, no existiendo por lo tanto, diferencia significativa entre tratamientos. Esto es concebible con un 29% de certeza. El C.V fue de 29.6% lo cual revela el poco grado de variación de las evaluaciones respecto al valor medio general.

Considerando la interpretación en base al ordenamiento de los valores medios; se puede determinar que con el tratamiento 3 consistente en la formulación terramicina inyectable en dosis de 2.0 g., la muerte fisiológica se retrasó hasta los 116 días; siendo sobresalientes de igual manera los tratamientos 7 y 8. Adicionalmente, los tratamientos 1, 2 y 5 retrasaron el sintoma por un intervalo de 81 a 96 días. Para los tratamientos 9 y 6 transcurrieron 73 días para la manifestación del CF-HGM. Coincidiendo con el menor tiempo los tratamientos 4 y 10.

CUADRO 19. DIAS A COLAPSO DEL FOLLAJE EN MAS DEL 75% Y MUERTE DE LA HOJA GUIA (CF-HGM) EN LA CATEGORIA DE INFECCION C-2.

Tratamiento	Repeticiones			Promedio
	I	II	III	
3 T.I. 2.0 g	111.0	132.0	104.0	115.6
7 T.S. 0.5 g	80.0	110.0	135.0	108.3
8 T.S. 1.0 g	77.0	120.0	125.0	107.3
1 T.I. 0.5 g	126.0	92.0	71.0	96.3
2 T.I. 1.0 g	58.0	90.0	110.0	86.0
5 I.A. 1.0 g	45.0	69.0	129.0	81.0
9 T.S. 2.0 g	50.0	120.0	51.0	73.6
6 I.A. 2.0 g	60.0	86.0	74.0	73.3
4 I.A. 0.5 g	60.0	60.0	73.0	64.3
10 Testigo	50.0	63.0	52.0	55.0
	0.05	0.01		
"F" Tablas	2.39	3.46		
"F" Calculada	1.79 N.S	C.V = 29.6%		

La Figura 6 proporciona de manera general el comportamiento de las 3 formulaciones y dosis evaluadas, mostrando los días en los cuales se manifestó el progreso de la enfermedad; representando, además los tratamientos más eficientes con los cuales las palmas retrasaron la expresión de síntomas; así como aquellos tratamientos menos eficaces y el testigo.

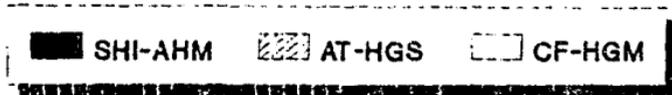
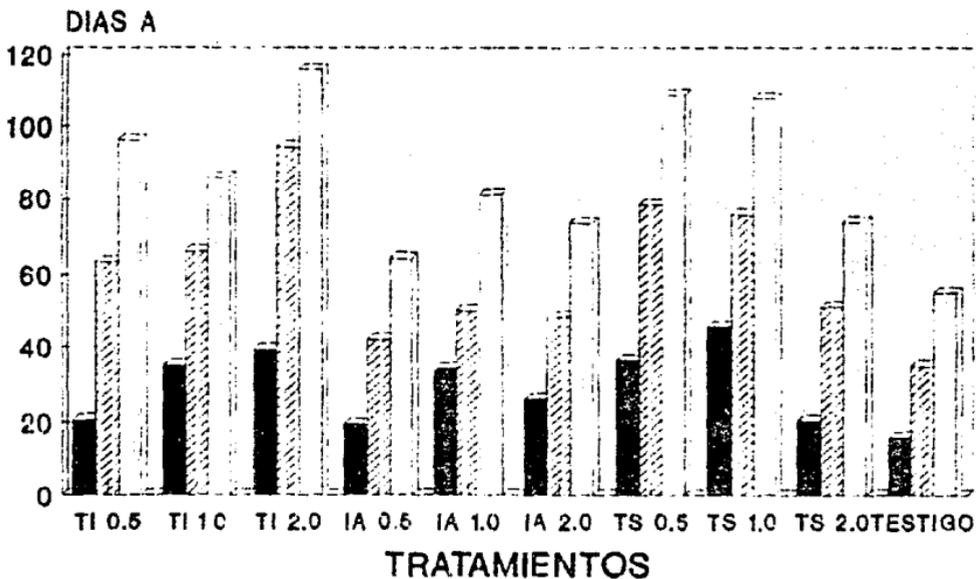
Fué notorio que posterior a los 46 días de aplicadas las palmas no se impidió la progresión ascendente del amarillamiento de hojas; las espatas, cuando emitidas venían severamente necróticas o se secaban sin abrir; la hoja guía mostró un subsecuente colapso y todas las palmas tratadas y los testigos sin tratamiento murieron.

A pesar de que no existió una remisión total confirmada por un nuevo crecimiento libre de síntomas, sí fué evidente una eficacia del antibiótico al compararse con sus testigos; esto es expresado por el retraso de la manifestación de síntomas por algún periodo.

Los detalles de el progreso de síntomas para la formulación terramicina inyectable en dosis de 0.5, 1.0 y 2.0 g; así como el testigo absoluto en la C-2 de infección se muestran en la Figura 7. En ella se observa que la dosis de 2.0 g. retrasó por un mayor periodo la aparición del SHI-AHM, con 39 días; mientras que el testigo inició el mismo sintoma a los 16 días de aplicado; para la dosis de 1.0 g. existió una diferencia de 4 días en comparación con la dosis más alta, y para 0.5 g esta diferencia fué de 19 días.

Un comportamiento similar ocurrió para la dosis de 2.0 g. en la manifestación del AT-HGS, pues transcurrieron con ésta 95 días desde la aplicación del antibiótico, comparado con 35 días del testigo, 66 días con 1.0 g. y 63 días con 0.5 g., notándose así una similitud entre estas dos últimas dosis.

Fig. 6 CATEGORIA 2

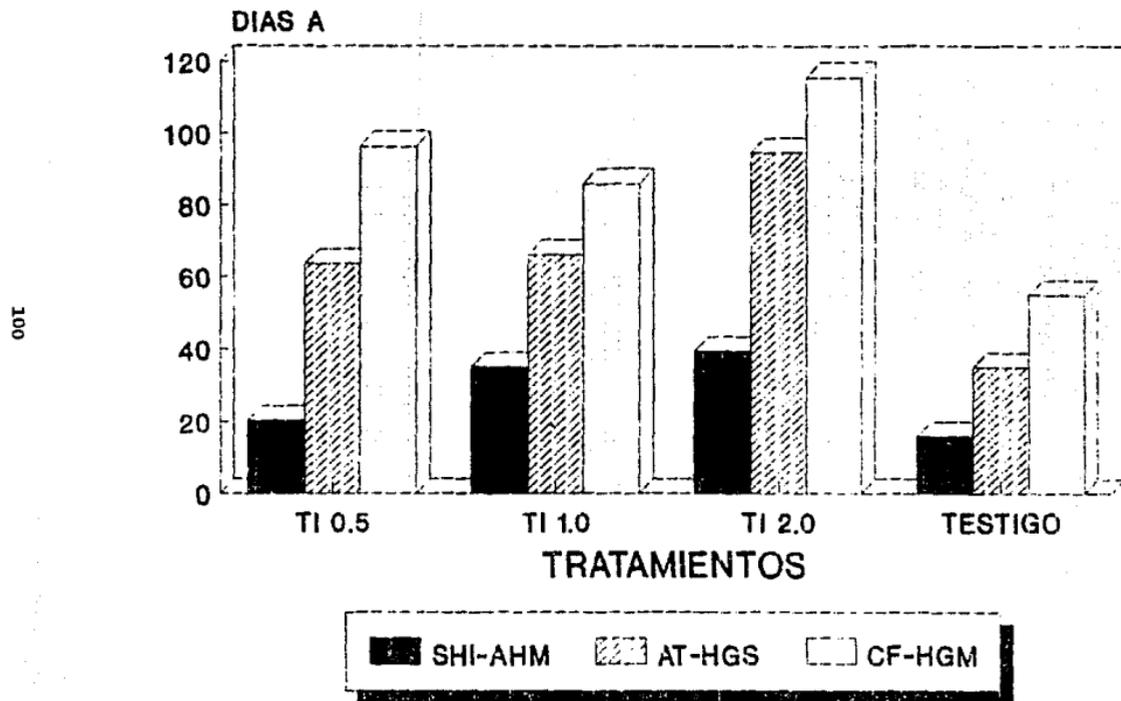


La HGM y el CF en más del 75% se presentó hasta los 116 días con la dosis de 2.0 g; en comparación con 55 días del testigo, 86 días para 1.0 g y 96 días para 0.5 g. Debe hacerse resaltar que en general el número de días entre la aplicación y la aparición de los distintos síntomas es mucho menor en esta categoría que en la C-1 debido a que las palmas seleccionadas estaban en una fase más avanzada de la enfermedad.

Es importante señalar, que para esta formulación (terramicina inyectable), la mejor dosis en retrasar el progreso de los síntomas del Amarillamiento letal fué la de 2.0 g. lo cual coincide con lo obtenido para la C-1. Los factores que favorecieron y explican el comportamiento de la terramicina inyectable son los siguientes: a pesar de que existió una lesión en los vasos conductores, el antibiótico sí alcanzó el xilema funcional por un camino alternativo; muy posiblemente en este trayecto favorecido por las interconexiones del sistema vascular de la palma, el antibiótico reaccionó negativamente influyendo en la eficacia total de los tratamientos; como lo ha establecido McCoy y Williams en 1982; otro aspecto sobre la eficacia parcial lo constituyeron dos aspectos íntimamente relacionados y que son, la cantidad de producto que tal vez fué insuficiente para que existiera una óptima acumulación en el tejido del floema, y la variabilidad respecto a la edad de la población total de palmas en esta categoría de infección; la cual requería quizá una reaplicación muy cercana a la primera inyección, para favorecer la persistencia y concentración adecuada de OTC en el tejido donde residen los OTM.

Fig. 7

CATEGORIA 2

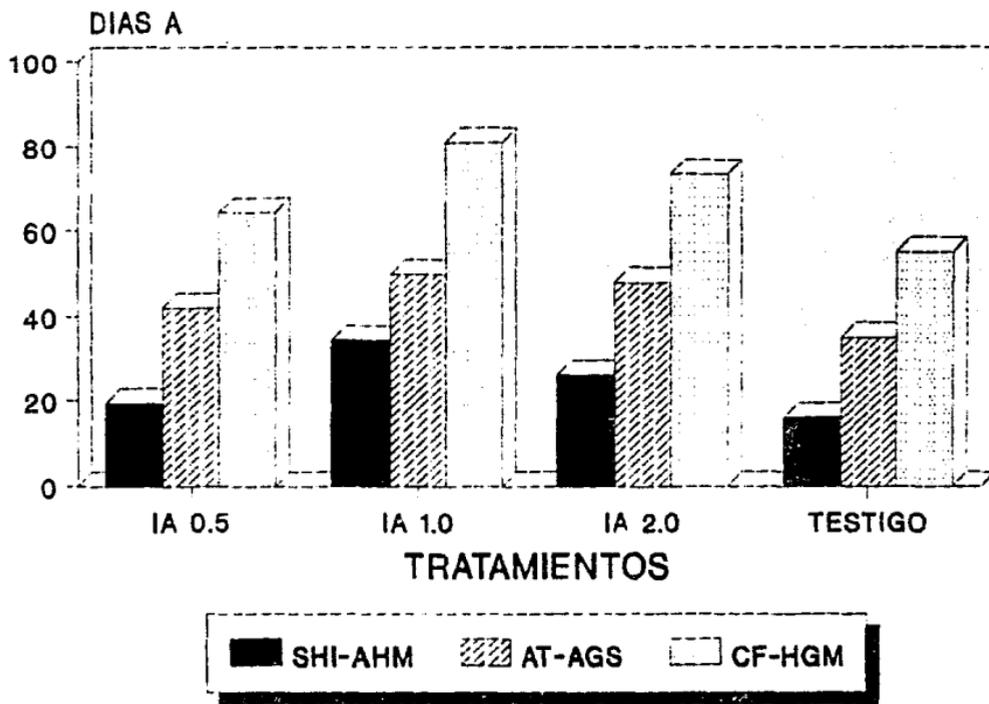


Otro factor lo constituye el uso de OTC no neutralizada y que este compuesto por lo tanto no fuese fácilmente transportado por el xilema; quizá el pH de la formulación tuvo una tendencia a ser básica y posiblemente existiera una absorción parcial por las cargas negativas sobre las paredes del xilema; como lo señaló McCoy y Williams, 1982.

En términos generales, los tratamientos que involucran esta formulación fueron de accesible manejo, reduciendo con esto el tiempo de exposición del antibiótico al medio ambiente; empleándose un tiempo de 15 min/palma/inyección y evitando así, una fotodegradación de la OTC; debe considerarse el estabilizante incluido en la presentación pues tal vez proporcionó un efecto satisfactorio sobre la formulación. La respuesta de las palmas en esta categoría a los tratamientos de terramicina inyectable, así como de las demás formulaciones como adelante se aprecia, puede calificarse como retraso en la expresión más no remisión de los síntomas; esto es hasta cierto punto lógico, pues si no se logra remisión en una etapa temprana de la enfermedad (Categoría 1), difícilmente podría esperarse en esta Categoría 2.

De acuerdo a la Figura 8 que detalla el comportamiento de la formulación I.A se detectó, que con la dosis de 1.0 g, el SHI-AHM se retrasó hasta los 34 días existiendo con el testigo una diferencia de 18 días, 8 días comparándolo con la dosis de 2.0 g. y 15 días con 0.5g. Este mismo comportamiento ocurrió en la dosis de 1.0 g., ya que el AT-HGS se retardo por un mayor periodo con ésta; es decir, que transcurrieron 50 días desde el inicio del tratamiento.

Fig. 8 CATEGORIA 2



Sin embargo, en el testigo únicamente pasaron 35 días para la manifestación del mismo sintoma, mientras que con la dosis de 2.0 g. fueron 48 días del periodo inicial de aplicación y 42 días con 0.5 g. Así mismo, la muerte de la Hoja Guía y el CF en más del 75%, la dosis de 1.0 g. tuvo un mejor comportamiento en retrasar el sintoma, con 81 días después de aplicada la OTC, comparado con 55 días en el testigo, 73 días con la dosis de 2.0 g. y 64 días con 0.5 g.; el periodo en ambas, se considera posterior a la inyección de antibiótico.

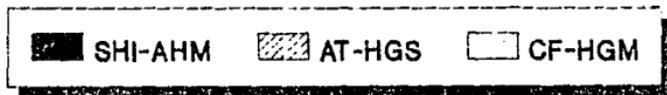
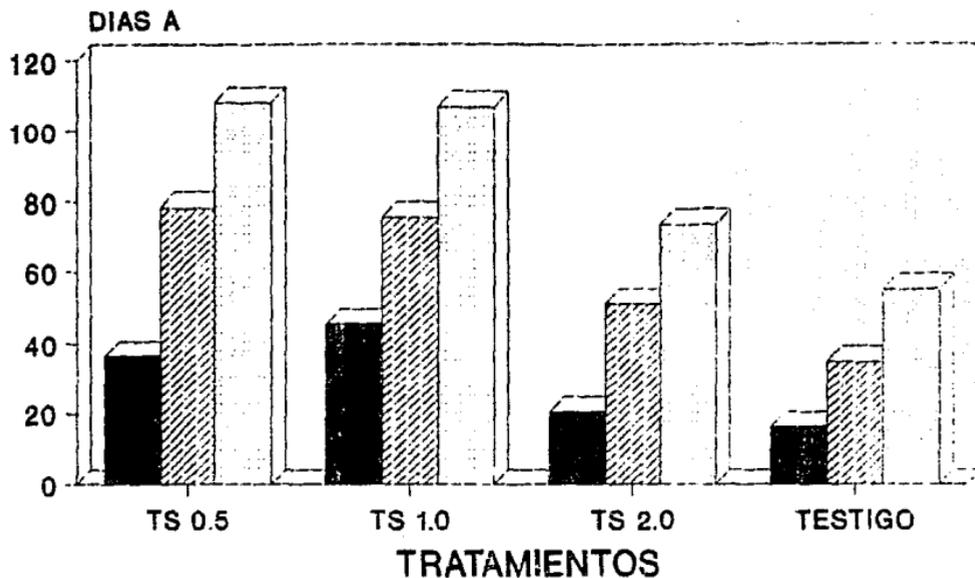
Por estas consideraciones, para la formulación I.A; la dosis que más retrasó el desarrollo de los síntomas del amarillamiento fue la de 1.0 g. Existiendo aún una dominancia en el periodo para la manifestación de la secuencia de los síntomas en la formulación terramicina inyectable 2.0 g. Por alguna causa no suficientemente clara, la formulación I.A es esta categoría fue inferior a la terramicina soluble. Los factores que pueden explicar su comportamiento y las especulaciones y consideraciones al respecto son las mismas que para la C-1, agregando únicamente que en la eficacia parcial del antibiótico tuvo gran influencia la variabilidad en cuanto a edad de la población, motivando una pobre acumulación y persistencia de OTC en el floema.

Una ventaja que ofrece esta formulación, es que en la inyección del producto se emplearon 20 min/palma/aplicación evitando así, una gran exposición al medio ambiente, y por lo tanto una posible fotodegradación del antibiótico. Se repite que esta ventaja y las desventajas tanto de esta como de las formulaciones restantes, son las mismas que las mencionadas para la C-1.

El comportamiento de la formulación terramicina soluble en la C-2 de infección se detalla en la Figura 9, en la cual puede apreciarse que el SHI-AHM se presentó hasta los 46 días después de aplicado el tratamiento, con la dosis de 1.0 g. existiendo una diferencia de 30 días respecto al testigo; 10 días comparándolo con 0.5 g. y 26 días con 2.0 g. La expresión del AT-HGS se manifestó a los 78 días con la dosis de 0.5 g. después del periodo inicial de tratamiento comparado con 35 días del testigo; transcurriendo 76 días con la dosis de 1.0 g. y 81 días con 2.0 g. posteriores a la inyección de OTC. Respecto al CP-HGM, este síntoma se expresó hasta los 108 días aplicando la dosis de 0.5 g., y transcurriendo en el testigo 55 días, 107 días con 1.0 g. y 74 días con 2.0 g. La misma relación negativa observada en la C-1 entre el incremento en la dosis con el tiempo de retraso en la expresión de los síntomas fué observada en esta C-2 para la formulación terramicina soluble.

Es difícil establecer una discusión diferente a la realizada para la C-1; aquellas son igualmente válidas para esta C-2 bajo análisis. Podría agregarse que las palmas en C-2 ya tenían más avanzada la sintomatología por lo que el mayor lapso de aparente efectividad en la C-1 es atribuible únicamente a esta circunstancia. La tendencia es la misma para ambas categorías: efecto de retraso en la expresión de los síntomas remarcando esto por la afectación notablemente más rápida de los testigos; no remisión; todo bajo la influencia de una baja dosificación en contraposición con una notable altura, vigor y edad de la población.

Fig. 9 CATEGORIA 2



A esta altura de análisis de la información, puede establecerse, como lo indica el Cuadro 20, que una vez detectada la caída de frutos e inflorescencias necróticas, transcurren 25 días para que se presente el AHI, y en 17 días más dichas hojas se secan e inicia el AHM. Deben transcurrir poco más de dos meses (67 días) desde la caída de frutos e inflorescencias necróticas para que el Amarillamiento del follaje sea total, aunque aún permanece la Hoja Guía Sana; 24 días más, es decir a los 91 días de iniciados los síntomas visibles, la palma ha tirado el 75% o más del follaje y la Hoja Guía ha muerto con lo que se declara la muerte de la palma. El último síntoma ó Poste Telefónico desnudo, es de muy imprecisa ubicación ya que aún cuando las hojas han muerto y están totalmente secas pueden permanecer adheridas a la corona del tronco y caer por la influencia de vientos fuertes, lluvias intensas etc. Por lo que el Poste se manifestará solo hasta que se presenten estas condicionantes. En realidad es de muy escaso valor precisar el tiempo para este síntoma, ya que como se mencionó, para ese entonces la palma ha dejado de ejecutar sus funciones vitales.

En el Cuadro 20 se describe numéricamente esta secuencia obtenida en el testigo de la C-1 y se incluye su comparación con el tratamiento más sobresaliente en la misma categoría; igual procedimiento se realizó para la C-2 en la que es muy importante mencionar que aún cuando aparentemente un mismo síntoma P. ej. Colapso del Follaje en más del 75% se presenta más temprano en la C-2 (55 días) que en la C-1 (91 días) en realidad tales síntomas son casi simultáneos en ambas categorías si a los 55 días de la C-2 se le agregan los 25 días que debieron transcurrir entre la caída de frutos-inflorescencias necróticas y el Amarillamiento de las Hojas

Inferiores. La suma de estos periodos seria de 80 dias, muy similar a los 91 dias registrados para la C-1. Igual inferencia debe realizarse para los sintomas restantes.

CUADRO 20. DIAS TRANSCURRIDOS PARA CADA ETAPA DEL AMARILLAMIENTO LETAL POR CATEGORIA DE INFECCION.

	Categoria 1 *1		Categoria 2 *2	
	Testigo	Tratamiento	Testigo	Tratamiento
AHI	25	75	--	--
SHI-AHM	42	36	16	39
AT-HGS	67	147	35	95
CF-HGM	91	137	55	116

*1= Terramicina Inyectable 0.5 g.

*2= Terramicina Inyectable 2.0 g.

4.4 Respuesta a los tratamientos en Categoria Sano Aparente

El Cuadro 21 muestra el porcentaje de palmas que contrajeron el Amarillamiento letal antes y después de los 140 dias posteriores a la aplicación de OTC, así como las que nunca fueron detectadas con la enfermedad. El periodo de 140 dias fué establecido tomando como base que la OTC proporcionaun efecto protector hasta por 120 dias haciéndose necesaria una reaplicación al final de este lapso.

Es importante señalar que el 30% de la población manifestó los sintomas de la enfermedad antes de completarse los 140 dias y el 70% restante lo hizo después, o simplemente no mostró la sintomatología.

En primera instancia esto parece indicar una protección inicial de la OTC sobre la mayoría de la población tratada, pues bajo circunstancias ideales ninguna palma, a excepción de los testigos, deberían enfermarse durante los 120-140 dias de la aplicación, aún

cuando la infección hubiera ocurrido, pues la OTC inhibiría en teoría su expresión.

A pesar de lo anterior, es de difícil precisión sostener que el 70% de la población se mantuvo sana a causa de la OTC, pues esto bien pudo deberse a la fuente de inóculo, como probablemente sucedió con las 12 palmas que nunca presentaron síntomas, palmas donde se incluye para mayor abundancia, dos testigos.

En todo caso, debe asumirse que el efecto preventivo de la OTC se manifestó solo en las palmas que incubaron la enfermedad al finalizar la protección a los 120 días, que en términos de porcentaje no superan el 20%. Solo dos palmas (255-300 días) se califican como palmas que adquirieron la infección fuera del período de protección pues difícilmente pudieron haber sido protegidas por el antibiótico.

Llama la atención en el Cuadro 21 que la gran mayoría de las palmas afectadas antes de los 140 días, fueron aplicadas con las dosis bajas; por otro lado, no hay tendencia para poder separar efecto de formulación.

Es importante recalcar que el no haber detectado amarillamiento en dos testigos (66%) a los 330 días del inicio de las observaciones, debilita los argumentos sobre la protección atribuida a la OTC y pone en relieve lo errático de la dispersión y lo poco firme de las suposiciones posibles.

CUADRO 21. PALMAS QUE CONTRAJERON EL AMARILLAMIENTO LETAL ANTES Y DESPUES DE LOS 140 DIAS POSTERIORES A LA APLICACION.

Días a observar los 1 ^{os} síntomas.	Tratamiento	Dosis (g)	
*	56	T.I	1.0
*	67	T.S	1.0
*	104	T.I	0.5
*	105	T.S	1.0
*	109	T.I	1.0
*	109	I.A	1.0
*	130	I.A	1.0
*	132	T.I	2.0
*	139	30% Testigo	
<hr/>			
*	183	I.A	2.0
*	208	T.S	2.0
*	214	I.A	0.5
*	214	I.A	0.5
☐	223	T.S	1.0
*	223	I.A	0.5
*	246	T.I	1.0
*	255	I.A	0.5
☐	281	I.A	0.5
*	285	I.A	2.0
☐	286	T.S	2.0
☐	294	T.S	2.0
*	300	T.I	0.5
☐	313	T.I	2.0
☐	319	T.I	2.0
☐	321	T.S	0.5
☐	321	T.S	0.5
☐	329	Testigo	
☐	331	Testigo	
☐	349	T.I	0.5
☐	354	70% T.S	0.5

☐= No mostraron síntomas de Amarillamiento letal.

Análisis de Varianza

Asumiendo que el total de las palmas aparentemente sanas hubieran adquirido el patógeno (OTH) en el momento mismo de la aplicación y que los tratamientos solo podrían detener la expresión de los síntomas durante 120 días (4 meses) se debe esperar que, concediendo 20 días de tolerancia, ninguna palma a excepción de los

testigos, exprese los síntomas, esto desde luego dándole de antemano efectividad a los tratamientos. Bajo este criterio se calificaron en términos de porcentaje, a las palmas sanas y los resultados se evaluaron estadísticamente.

CUADRO 22. PORCENTAJE DE PALMAS SANAS APARENTES DENTRO DE LOS PRIMEROS 140 DIAS DE LA APLICACION DE OTC.

Tratamiento		Repeticiones			Promedio	\bar{X}
		I	II	III		
4	I.A 0.5 g	100	100	100	300	100
6	I.A 2.0 g	100	100	100	300	100
7	T.B 0.5 g	100	100	100	300	100
9	T.B 2.0 g	100	100	100	300	100
1	T.I 0.5 g	100	100	0	200	66.6
3	T.I 2.0 g	100	100	0	200	66.6
10	Testigo	0	100	100	200	66.6
2	T.I 1.0 g	100	0	0	100	33.3
5	I.A 1.0 g	0	0	100	100	33.3
8	T.B 1.0 g	0	100	0	100	33.3
		0.05	0.01			
"F" Tablas		2.39	3.46			
"F" Calculada		1.277 N.S	C.V = 63.8%			

Los resultados obtenidos del ANDEVA indican que para esta categoría de sano aparente (Cuadro 22) no existe significancia entre tratamientos. Lo anterior es confiable en un 31% de certeza. El C.V fue del 63.8% lo cual indica la tendencia durante las evaluaciones a fluctuar respecto al valor medio general.

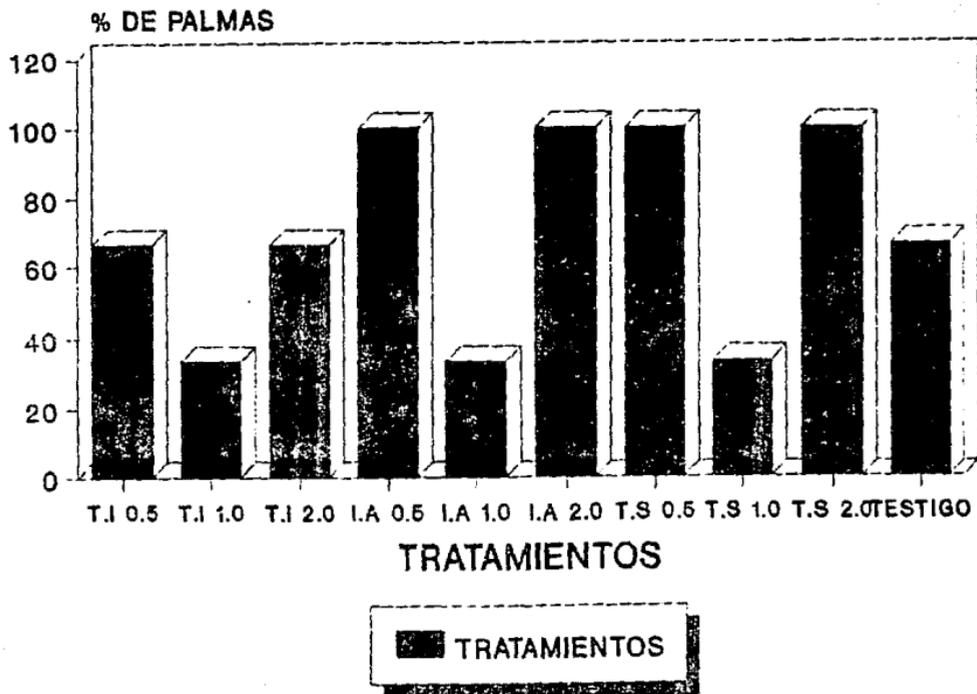
Al ordenar los promedios en forma descendente, se observa que los tratamientos 4, 6, 7 y 9 coincidieron en mantener a las unidades experimentales 100% sanas aparentes dentro de los primeros 140 días; así mismo considerando el mismo periodo con los tratamientos 1, 3 además del testigo, solo un 66% de las palmas permanecieron sanas aparentes. Con los tratamientos restantes; es decir el 8, 2 y 5 un 33% de las palmas se mantuvieron vigorosas asintomáticas.

En la Figura 10 se muestra el comportamiento general indicando el porcentaje de palmas sanas en cada tratamiento confirmando así los resultados vertidos en el párrafo anterior. Es notorio observar que las formulaciones que mantuvieron a las palmas vigorosas asintomáticas con mayor porcentaje fueron el ingrediente activo 0.5 y 2.0 g.; terramicina soluble 0.5 y 2.0 g. considerándose como ventaja de la primera formulación que el tiempo empleado durante la aplicación fué de 20 min/palma evitando una posible fotodegradación del producto. La dosis de 1.0 g. de ingrediente activo en las tres formulaciones fué la que proporcionó el valor más bajo en protección.

Para el caso de la terramicina soluble a pesar de las limitantes que presenta en el manejo se atribuye que las dosis de 0.5 y 2.0 g fueron rápidamente translocadas y las óptimas para mantener el nivel de concentración adecuado para el objetivo de prevención.

Todo lo anteriormente expresado sugiere que cualquier estudio o actividad sobre prevención de palmas contra el Amarillamiento letal del cocotero, sea realizado con las dosis altas (2.0 g. de ingrediente activo); en cuanto a formulación, la terramicina soluble ofrece las mayores ventajas.

Fig. 10 % PALMAS S.A



5. CONCLUSIONES

En la presente investigación se cumplió con el primer objetivo planteado consistente en la evaluación de oxitetraciclina (OTC) contra el Amarillamiento letal del cocotero; sin embargo, la remisión de síntomas no se obtuvo con ninguna de las formulaciones y dosis evaluadas, lo que lleva a concluir que no fue posible generar un método de diagnóstico contra la enfermedad.

A pesar de lo anterior, si fue evidente una detención o retraso en la expresión y progreso de los síntomas. Del mismo modo, fue posible generar útil información que bajo las condiciones de manejo y material biológico empleados permite establecer las siguientes conclusiones:

1. Terramicina inyectable en dosis de 2.0 g. de ingrediente activo por palma fue el tratamiento más eficiente en retrasar los síntomas de la enfermedad; la terramicina soluble por el contrario, ocasiona sedimentos que dificultan su uso en el método de aplicación (aire a presión) empleado. La formulación de ingrediente activo se ubica en una posición intermedia.

2. Las dosis empleadas fueron insuficientes y existen sospechas que para estas circunstancias presentes en la Península de Yucatán la remisión de síntomas se puede lograr con dosis más elevadas, posiblemente 6 ó 7 g. de ingrediente activo.

3. El método de aplicación (aire a presión) empleado; presentó circunstancias favorables que permiten recomendarlo para cualquier estudio donde se requiera aplicar oxitetraciclina a palmas de coco; dosis altas de terramicina soluble no es práctico utilizarlas en este método.

4. Como método curativo la oxitetraciclina (OTC) no mostró efectos que pudieran calificarlo como remisión de síntomas, por lo que no es posible recomendarlo como herramienta confiable en el diagnóstico del Amarillamiento letal; como método preventivo los resultados presentaron tendencia a considerarse como positivos; aún así, se requiere de mayor precisión en los estudios.

5. Se considera que la no remisión de síntomas se debió a las siguientes causas: dosis bajas; ausencia de agente estabilizante; edad, vigor, diámetro y porte del fitómetro empleado, acumulación del antibiótico en el orificio practicado para la inyección.

6. BIBLIOGRAFIA

- Agrios, G.N. 1986. Fitopatología. Edit. Limusa, México. pp 557-582
- Archer, B.D., Daniels, J.M. 1982. The biology of mycoplasmas. In: Plant and Insect Mycoplasma Techniques (eds. Daniels, J.M and Markham, G.P). "A Halsted Press Book". pp. 9-31.
- Beakbane, A.B., Slater, C.H., Posnette, A.F. 1972. Mycoplasma in phloem of coconut, *Cocos nucifera*, L., with lethal yellowing disease. J. Hort. Sci. 47:265.
- Behncken, G.M. 1983. Mollicutes and Rickettsia-like Bacteria in plants. In: Plant bacterial diseases a diagnostic guide (eds. Fahy, P. C y Persley, G.J). Academic Press, Australia. pp.229-243.
- Betanzos, E.M., Hernández, F., Villanueva, J. 1984. Proyecto de investigación: Amarillamiento Letal del Cocotero (*Cocos nucifera*, L) en la Península de Yucatán. S.A.R.H. INIA. CAE-Chetumal.
- Braude, A., Davis, C., Fierer, J. 1984. Microbiología Clínica. Vol II. Edit. Médica Panamericana. pp. 271-274.
- Cardeña, R. 1991. Diagnóstico del Amarillamiento letal del cocotero por métodos de microscopía. En: Curso Taller Internacional sobre detección, diagnóstico y control del Amarillamiento letal del cocotero. CICY. pp. 49-54.
- Carrillo, R.H y Piña, R.J. 1985. Detección de *Myndus crudus* Van Duzee (Homóptera: Cixiidae) y del Amarillamiento letal del cocotero en Q. Roo. Resúmenes XX Congreso Nacional de Entomología. Cd. Victoria, Tamps. pp. 111-112.
- 1990. Situación actual del amarillamiento letal del cocotero en el sureste de México. En: Robert y Zizumbo, V.D. (compiladores). La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México. CICY. pp. 69-93.
- Carrillo, R.H. 1990. Monitoreo del amarillamiento letal del cocotero en la Península de Yucatán. Tercera Reunión Científica, Forestal y Agropecuaria. CIFA de Q. Roo. pp. 9.
- 1991. Análisis de la situación del amarillamiento letal del cocotero: Investigación, dispersión actual y estrategias de control. Cuarta Reunión Científica, Forestal y Agropecuaria. CIFA de Tabasco. pp. 165-180.
- 1992. Monitoreo del amarillamiento letal del cocotero. Informe técnico 91-92. InifAP. CIRSE. Q.Roo, Chetumal. Q. Roo.
- Carter, W., Latta, R. K., y Suah, J.R.R. 1965. Síntomas del amarillamiento letal del cocotero. Boletín fitosanitario. FAO. 13. pp. 49-71.

- Chen, A.T., Lei, D.J., Lin, P.C. 1989. Detection and identification of plant and insect mollicutes. In: The Mycoplasmas Vol. V. Spiroplasmas, achleoplasmas and mycoplasmas of plants and arthropods (eds. Whitcomb, F.R and Tully, J.G). Academic Press Inc.
- Colli, F.I., Hernández, V.S. 1990. Origen y distribución del amarillamiento letal del cocotero. En: Robert y Zizumbo, V.D. (compiladores). La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México. CICY. pp. 31-50.
- Colli, F.I. 1991. Campaña fitosanitaria contra el amarillamiento letal del cocotero. En: Curso Taller Internacional sobre detección, diagnóstico y control del Amarillamiento letal del cocotero. CICY. pp. 43-48.
- Davis, D.B., Dulbecco, R., Eisen, H., Ginsberg, S.H. 1978. Microbiology including immunology and molecular genetics. 3a.ed. Harper I.
- Deeley, J., Stevens, W.A., Fox, R.T.V. 1979. Use of diene's stain to detect plant disease induced by mycoplasma-like organisms. Phytopathology. pp. 1169-1171.
- Eden-Green, S.J. 1976. Síntomas en las raíces de cocoteros afectados por la enfermedad del amarilleo letal en jamaica. Boletín Fitosanitario. FAO. 24. pp.119-122.
- 1978. La podredumbre del fuste en cocoteros en producción aparentemente enfermos de amarilleo letal. Boletín Fitosanitario. FAO. 26(1). pp.13-15.
- Escamilla, J.A.B., Alpizar, L.C. 1991. Uso de sondas de ADN para la detección de OTM causantes del amarillamiento letal del cocotero. En: Curso Taller Internacional sobre detección, diagnóstico y control del Amarillamiento letal del cocotero. CICY. pp. 55-62.
- Escamilla, J.A.B. 1991. Diagnóstico del amarillamiento letal por síntomas visuales. En: Curso Taller Internacional sobre detección, diagnóstico y control del Amarillamiento letal del cocotero. CICY. pp. 1-5.
- Ferrales, E.S. 1987. Evaluación de trampas para la captura de *Myndus crudus* Van Duzee (Homóptera: Cixiidae) vector del amarillamiento letal y su dinámica poblacional en Q. Roo. Tesis. Ingeniero Agrónomo, ITA-16. J.Sarabia, Q. Roo. pp.1-64.
- Fremont, Y., Ziller, R., Nucé de L.M. 1966. El cocotero. Edit. Blume. Barcelona España, Primera edic. pp. 1-225.
- Fry, E.W. 1982. Principles of plant disease management. Academic Press Inc. London.

- González, B.M.A. 1990. El cultivo del cocotero y la industria coprera en México. En:Robert y Zizumbo, V.D. (compiladores). La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México. CICY. pp. 21-32.
- Hernández, R.F. 1990. Variabilidad de la palma de coco (*Cocos nucifera*, L) en el trópico mexicano. En:Robert y Zizumbo, V.D. (compiladores). La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México. CICY. pp. 123-137.
- Hernández, R.F. et.al. 1990. Manual del cultivador de palma de coco en la costa de Guerrero. CIFAP-GRO. Folleto Técnico. INIFAP. pp.3-35.
- Howard, F.W. 1983. World distribution geographic origin of palms lethal yellowing disease and its vectors. FAO. Plant. Prot. Bull. Vol. 31. Núm. 3.
- Howard, F.W., Williams, D.S., Norris., R.C. 1984: Insect transmission of lethal yellowing to young palms. International Journal of Entomology. Vol.26 (4). pp.331-338.
- Howard, F.W. 1991. Ecology and control of hemipterus pests of cultivated palms. Fort Lauderdale Research and Education Center. pp. 217-225.
- Hunt, P., Davek, A.J., Schuiling, M. 1974. Remision of symptoms yellowing infected coconut palms. Phytopathology, 64. pp.307-312
- Jauch, C. 1985. Patología vegetal. Edit. "El Ateneo". 3a Edic. Argentina.
- Litter, M. 1988. Compendio de Farmacología. Edit. "El Ateneo". 4a. Edic. Argentina. pp. 733-736.
- Loyola, V.M. Santa María, J.M., Oropeza, S.C., Villanueva, M.A. 1990. Fisiología y bioquímica del amarillamiento letal. En:Robert y Zizumbo, V.D. (compiladores). La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México. CICY. pp. 51-68.
- Maramorosch, K., Hunt, V. 1981. Lethal yellowing disease of coconut and other palms. In: Mycoplasma diseases of trees and shrubs. (eds. Maramorosch, K. y Raychaudhuri). Academic Press Inc. N. York. pp. 185-229.
- Maramorosch, K. 1982. Control of vector-borne mycoplasmas. In: Pathogens vectors and plant diseases approaches to control. (eds. Harris, K.F. y Maramorosch, K). Academic Press Inc. N. York. pp. 267-291.
- Maramorosch, K., Raychaudhuri, P.S. 1988. Mycoplasma disease of crops basic and applied aspects. Springer-Verlag. New Yorks Inc.
- Mattows, R.E.F. 1991. Plant virology. Third Edition. Academic Press Inc. pp. 543-551.
- McCoy, R.E. 1972. Remision of lethal yellowing in coconut treated with tetraciclino antibiotics. Plant Dis. Reptr. 56:1019-1021.

- 1973. Effect of various antibiotics on development of lethal yellowing in coconut palm. Florida State Horticultural Soc.pp.503-506.
- 1975a. How you treat your palm with antibiotic. Florida Agric. Exper. Station. 2a. Edic.Florida. pp.1-7.
- 1975b. Effect of oxytetracycline dose and stage of disease development on remision of lethal yellowing in coconut palm. Plant Dis. Reprtr.59:717-720.
- 1976. Uptake, traslocation, and persistence of oxytetracycline in coconut palm. Phytopathology 66:1038-1042.
- McCoy, R.E., Carroll, J.V., Poucher, P.C., Gwin, G.H. 1976. Field control of coconut lethal yellowing with OTC-HCL.Phytopathology.pp. 1148-1150.
- McCoy, R.E. 1982. Use of tetracycline antibiotics to control yellows disease. Plant Disease. Vol.66 No. 7.pp.539-542.
- McCoy, R.E., Williams,S.D. 1982. Chemical treatment for control of plant mycoplasma diseases. In:Plant and insect mycoplasma techniquus.(eds.Daniels,M.J., Markham, P.G.)A Halsted Press Book. London. pp.152-203.
- McCoy, R.E., Howard, W.F., Tsai, J.H., Donselman, H.M., Thomas, D.L., Basham, H.G., Atilano, R.A., Eskafi, F.M., Britt, L., Collins, E.M. 1983. Lethal yellowing of palms. Univ. of Florida. Agric. Exp. St. 100p. (Bull. 834).
- McCoy, R.E., Caudwell, A., Chang, C.J., Chen, A.T., Chiykowski, L.N. 1989. Plant diseases associated with mycoplasma-like organisms. In:The Mycoplasmas Vol. V. Spiroplasmas, acholeplasmas and mycoplasmas of plants and arthropods (eds. Whitcomb, F.R and Tully, J.G). Academic Press Inc. pp. 545-563.
- Ochse, J.J., Soule, J.M., Dijkman, J.M., Wehlburg, C. 1976. Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales.Vol.2.Edit. Limusa. México. 1a.Edic. pp.1125-1141.
- Ohler, J.G. 1986. El cocotero. Arbol de vida. Estudio FAO. Producción y protección vegetal. FAO.No.57.Organización de las Nac. Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. pp.348.
- Oropeza, C.S. 1990. "Uso de antibióticos en Amarillamiento letal". CICY. Mérida, Yuc.Boletín informativo.
- 1991. Métodos de diagnóstico y control del amarillamiento letal por aplicación de antibióticos. En:Robert y Zizumbo, V.D. (compiladores). La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México.CICY.pp.63-69
- Parthasarathy, M.V. 1974.Mycoplasma-like organisms associated with lethal yellowing disease of palms.Phytopathology 64:667-674.

- Plavsic-Banjac, V., Hunt, P., Maramorosch, K. 1972. Mycoplasma like bodies associated with lethal yellowing disease of coconut palms. *Phytopathology* 62:298-299.
- Pujals, N.J.P. 1977. Se cura el amarilleo letal?. *Agroconocimiento*. Vol.2. pp.7-8.
- Raychaudhuri, S.P. 1988. Chemoterapy. In: *Mycoplasma disease of crops basic and applied aspects* (eds. Maramorosch, K., Raychaudhuri, S.P) by Springer Verlag New York Inc. pp.391-403.
- Romney, D. 1981. Winning back the plants. *Garden*. Vol.5. pp.24-29.
- Santamaria, J., Oropeza, C. 1991. Métodos de detección de amarillamientos causados por OTH mediante el monitoreo del comportamiento de estomas. En: Robert y Zizumbo, V.D. (compiladores). *La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México*. CICY. pp.70-77.
- Schaad. W.N. 1988. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. A.P.S. Press. 2a. Edic. USA. pp. 140.
- Shalla, A.T. 1971. El papel de los organismos tipo micoplasma en las enfermedades. *California Plant Pathology*. México.No.1. pp1-3.
- Tattar, A.T. 1989. *Disease of shade trees*. Academic Press. Inc. pp.57-67.
- Teliz, O.M. 1990. Programa de cuarentena y control del amarillamiento letal del cocotero en México. En: Robert y Zizumbo, V.D. (compiladores). *La problemática del Amarillamiento letal del cocotero en México*. CICY. pp.95-99.
- Tortora, J.G., Funke, R.B., Case, L.C. 1992. *Microbiology: An Introduction*. 4a. Edic. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. Calif. USA.
- Tsai, J.M. 1980. Lethal yellowing of coconut palm: Search for a vector. In: *Vector of plant pathogens* (eds. Harris, K.F., Maramorosch, K). Academic Press Inc. New York. pp.177-201.
- Tully, J.G., Whitcomb, F.R. 1989. *The Mycoplasmas*. Vol. V. Spiroplasmata, acholoplasmas and mycoplasmas of plant and arthropods. Academic Press Inc.
- Villanueva, B. J., Piña, R.J., Carrillo, R.H. 1985. Amarillamiento letal del cocotero. Folleto Técnico N° 84. INIA. México. 10pp.
- Villanueva, B. J. 1986. Distribución en México de *Myndus crudus* Van Duzee (Homoptera: Cixiidae) vector del amarillamiento letal del cocotero. Resúmenes XXI Congreso Nal. de Entomología. Monterrey, N.L. pp.13-14.
- Villanueva, B. J., Piña, R.J., Carrillo, R.H. 1987. Avances sobre el control y la investigación del Amarillamiento letal del cocotero. SARH. INIFAP-CAEFAP de Veracruz. CAE Cotaxtla, Veracruz, Ver. Folleto Técnico N° 1. 19 pp.

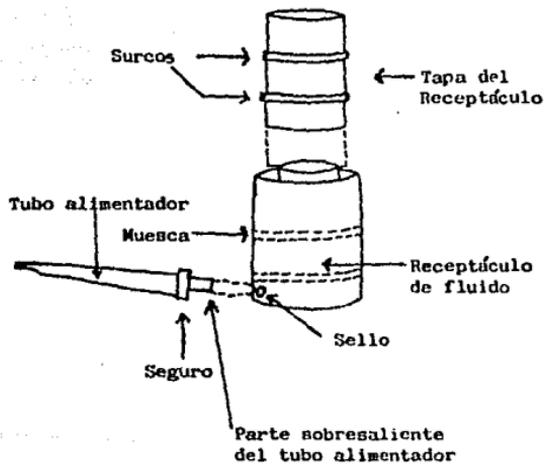
Villanueva, B. J. 1991. Descripción biológica y métodos de captura de *Myndus crudus* Van Duzee; Homóptera: Cixiidae. En: Curso Taller Internacional sobre detección, diagnóstico y control del Amarillamiento letal del cocotero. CICY. pp. 32-42.

ANEXO 1. PRESENCIA Y DISPERSION DEL AMARILLAMIENTO LETAL DEL COCOTERO EN LA PENINSULA DE YUCATAN.



* = Localidades afectadas por el Amarillamiento letal

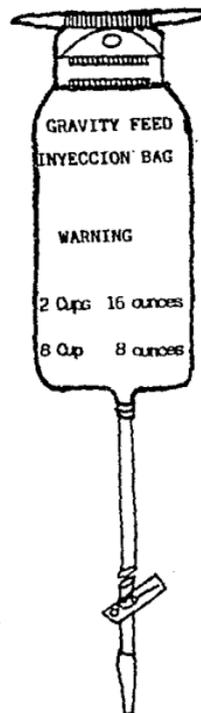
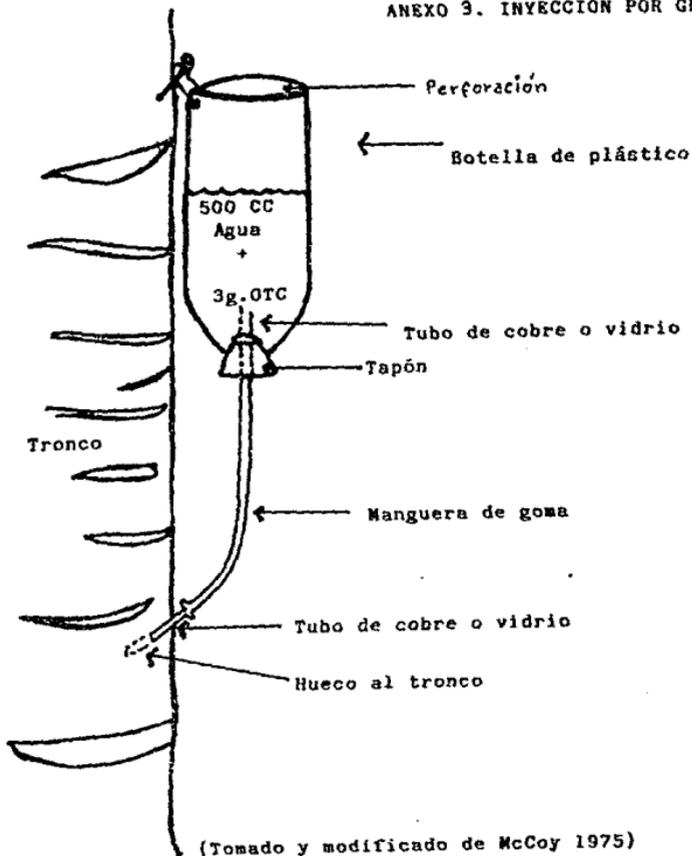
ANEXO 2. APLICADOR MAUGET



APLICACION PRACTICA

(Tomado y modificado de McCoy, 1975)

ANEXO 3. INYECCION POR GRAVEDAD



(Tomado y modificado de McCoy 1975)

ANEXO 4. METODO DE APLICACION EMPLEADO.

