



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS



**Efectividad biológica de acaricidas para el control de
ácaro rojo *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)**

T E S I S

**Para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS**

PRESENTA

Erica Patricia Sánchez Vázquez

Director de tesis

Dr. Rodolfo Osorio Osorio

Asesores

M.C. Luis Ulises Hernández Hernández

Villahermosa, Tabasco. Agosto del 2015

CARTA DE AUTORIZACION

El que suscribe, autorizo por medio del presente escrito a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice tanto físicamente como digitalmente la tesis de grado denominado "Efectividad biológica de acaricidas para el control de ácaro rojo *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)", de la cual soy autor y titular de los derechos de autor.

La finalidad del uso por parte de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de la tesis antes mencionada, será única y exclusivamente para difusión, educación y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa mas no limitativa para subirla a la red abierta de bibliotecas digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación leal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada para los fines estipulados en este documento.

Se firma la presente autorización en la ciudad de Villahermosa, Tabasco a los veintiséis días del mes de agosto del año 2015.

AUTORIZO



Erica Patricia Sánchez Vázquez

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis se realizó con recurso del proyecto (UJAT-2013-BI-26) financiado por la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, por el apoyo otorgado en esta investigación.

Hago extenso mi agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia y tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para mis estudios de posgrado, con lo cual me permitió realizar este proyecto de investigación.

Al Dr. Rodolfo Osorio Osorio por el excelente asesoramiento que me brindo en todas las etapas del presente trabajo de investigación, por compartir sus conocimientos, experiencias, así como la paciencia y confianza que deposito en mi para llevar la culminación de este trabajo gracias por todo el apoyo y deseo contar siempre con su sabiduría y amistad.

Al M.C. Luis Ulises Hernández Hernández por los conocimientos compartidos y el apoyo brindado durante todo el transcurso de este proyecto por su amistad y valiosos consejos.

Cada uno de los integrantes de mi comité revisor al Dr. Eusebio Martínez Moreno, Dr. Efraín de la Cruz Lázaro, Dr. Rufo Sánchez Hernández y al Dr. Vidal Hernández García, por las correcciones y sugerencias brindadas que me permitieron un claro fortalecimiento de esta investigación. Gracias por la accesibilidad y disponibilidad de tiempo que me otorgaron.

DEDICATORIA

A DIOS

Por haber permitido culminar una meta más en mi vida, por haberme permitido vivir hasta este día, haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino, por haberme dado la fortaleza para seguir adelante en aquellos momentos de debilidad.

A MIS PADRES

Al Sr. José Sánchez Moreno y la Sra. Elsa Vázquez Arcos les agradezco todo lo que han hecho por mí, ya que gracias a su sacrificio, esfuerzo, confianza y amor, he logrado concluir otro de mis sueños en la vida, que de una u otra forma estuvieron a mi lado apoyándome para culminar una meta más en mi vida. Gracias

A la Sra. Mirna Cabrera López por todo el apoyo que me ha brindado durante mi superación profesional y por su comprensión durante esta travesía.

A mi esposo, al M.C. Carlos Alberto Pérez Cabrera quien me brindó su amor, cariño, estímulo, comprensión, paciencia y por tu gran apoyo incondicional que siempre me has brindado.

En especial a mi hijo Jeriel Uziel Pérez Sánchez, que es la personita que más quiero, eres mi orgullo mi motivación que me impulsas para seguir superándome y por todo el tiempo que no he estado contigo, y por ser el motor a seguir superándome cada día más.

CONTENIDO

LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
I. INTRODUCCIÓN	11
II. JUSTIFICACIÓN	13
III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	15
3.1 Objetivo general.....	15
3.1.1. Objetivos específicos	15
3.2. Hipótesis	15
VI. ANTECEDENTES.....	16
4.1 Clasificación taxonómica del ácaro rojo.....	16
4.2. Distribución geográfica	16
4.3. Plantas hospederas	17
4.5. Daños	23
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
5.1. Colecta y manejo del ácaro rojo	27
5.2. Obtención y preparación de material vegetativo.....	27
5.3. Acaricidas evaluados	28
5.4. Bioensayos preliminares.....	31
5.5. Bioensayos finales.....	32

5.6. Análisis estadístico	33
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
VIII. BIBLIOGRAFIA	44

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Productos acaricidas evaluados contra el ácaro rojo <i>Raoiella indica</i> ...	29
Cuadro 2. Toxicidad de acaricidas para el ácaro rojo <i>Raoiella indica</i>	36

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Dispositivo de placas de acrílico para los bioensayos de acaricidas contra el ácaro rojo *Raoiella indica*.....32
- Figura 2. Representación gráfica de las líneas concentración-mortalidad de ácaro rojo *Raoiella indica* expuestas a 10 acaricidas.....37

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar la toxicidad de productos acaricidas comerciales para el control químico del ácaro rojo *Raoiella indica* en México. Los bioensayos se realizaron en una cámara de crecimiento a temperatura de $28\pm 2^{\circ}\text{C}$, humedad relativa del $50\pm 3\%$ y un fotoperiodo de 12 horas en el Laboratorio de Sanidad Vegetal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la UJAT. Las pruebas se realizaron de acuerdo al método No. 4 de la serie de métodos para pruebas de susceptibilidad del Comité de Acción de Resistencia a los Insecticidas (IRAC, por sus siglas en inglés), con la finalidad de calcular la concentración letal al 50% (CL_{50}) y la concentración letal al 90% (CL_{90}) utilizando ejemplares adultos de esta especie. De acuerdo con la CL_{50} y CL_{90} , que causaron 50 y 90 % de mortalidad (CL_{50} y CL_{90} , respectivamente) los acaricidas más tóxicos para *R. indica* fueron: fenazaquin > milbemectina > abamectina > dicofol; mientras que los menos tóxicos fueron: bifentrina, azufre, clorhidrato de formetanato y propargite. La proporción de toxicidad al nivel de la CL_{90} mostró que la fenazaquin fue 1.04 veces más tóxico que la milbemectina, 20.02 veces más tóxico que la abamectina y 27.36 veces más tóxico que el dicofol. Considerando su toxicidad al ácaro rojo *R. indica* los acaricidas fenazaquin, milbemectina, abamectina y dicofol son productos promisorios para su uso en una estrategia de control químico de esta plaga.

Palabras Clave: ácaro rojo, *Raoiella indica*, control químico, acaricidas

ABSTRACT

The objective was to determine the toxicity of commercial products acaricides for chemical control of the red mite *Raoiella indica* in Mexico. Bioassays were conducted in a growth chamber at a temperature of $28\pm 2^{\circ}\text{C}$, relative humidity of $50\pm 3\%$ and photoperiod of 12 hours at the Plant Health Laboratory of the Academic Division of Agricultural Sciences UJAT. The tests were performed according to the method no. 4 of the range of methods for testing the susceptibility of the Insecticide Resistance Action Committee (IRAC), in order to calculate the lethal concentration 50% (LC50) and lethal concentration 90% (LC90) using adult specimens of this specie. According to the LC50 and LC90, which caused 50 and 90% mortality (LC50 and LC90, respectively) the most toxic acaricides to *R. indica* were fenazaquin > milbemectin > abamectin > dicofol; while the less toxic were bifenthrin, sulfur, formetanate hydrochloride and propargite. The proportion of toxicity at level LC90 showed that was 1.04 times more toxic than fenazaquin, 20.03 times more toxic than abamectin and 27.36 times more toxic than dicofol. Considering its toxicity to red mite *R. indica*, fenazaquin, milbemectin, abamectin and dicofol acaricides are promising for use in a chemical control strategy for this pest.

Keywords: the red mite, *Raoiella indica*, chemical control, acaricides

I. INTRODUCCIÓN

El ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst 1924 es una plaga invasiva, que recientemente se registró en el trópico del Continente Americano (Flechtmann y Etienne, 2004). Actualmente es de importancia cuarentenaria, y en situación de manejo, por su gran adaptabilidad, alta supervivencia, rápido crecimiento poblacional, su mecanismo de dispersión y la ausencia de enemigos naturales (Estrada-Venegas *et al.*, 2013). Es considerada como una plaga exótica por lo que constituye una amenaza para la biodiversidad de los ecosistemas naturales y para la agricultura mundial.

El ácaro rojo es una plaga polífaga que ataca a una amplia gama de especies de plantas monocotiledóneas de las familias Arecaceae, Pandanácea, Musaceae, Zingiberaceae, Heliconiaceae y Strelitziaceae (Carrillo *et al.*, 2011a). Entre las plantas cultivadas, su principal hospedero es la palma de coco, aunque también se han encontrado daños en plátanos y heliconias.

La aparición y dispersión del ácaro rojo en la región del Caribe y áreas tropicales y subtropicales del hemisferio occidental, representa una amenaza constante para México, en particular como restricción para el comercio internacional de productos agrícolas de exportación (Estrada-Venegas *et al.*, 2013). En México se detectó oficialmente en noviembre de 2009 en palmas de coco en los municipios de Isla Mujeres y Benito Juárez, Quintana Roo (NAPPO, 2009). Actualmente, se localiza en los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Guerrero, Nayarit, Baja

California Sur, así como en Mazatlán Sinaloa (SENASICA 2015). En Tabasco se ha detectado en palmas de coco en los municipios de Paraíso, Comalcalco, Centla, Cárdenas, Jalpa de Méndez, Cunduacán, Nacajuca, Huimanguillo y Centro (SENASICA, 2015). A partir de abril de 2010 se implementó la campaña contra el ácaro rojo de las palmas, con el propósito de reducir los niveles de infestación de la plaga y mitigar el riesgo de dispersión de la misma hacia zonas agrícolas del territorio nacional, empleando para ello una estrategia operativa que incluye actividades de: 1) Muestreo 2) Diagnóstico y 3) Control de focos de infestación a través podas sanitarias y aplicaciones periódicas de acaricidas (SENASICA, 2012a). Debido que los cultivos de plátano y palmas se encuentran distribuidos en varios estados de la república y existen las condiciones favorables para el establecimiento del acaro rojo de las palmas, en el año del 2010, se opera el programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria (PVEF) con el objetivo de detectar de manera oportuna la posible diseminación de la plaga, a través de exploración, rutas de vigilancia y parcela centinela, a fin de establecer medidas fitosanitarias de manera oportuna para salvar los cultivos en caso de detección.

II. JUSTIFICACIÓN

El acaro rojo *R. indica* daña principalmente a la palma de coco, palma de aceite, palmas ornamentales, plátano, jengibre y heliconias, entre otras especies cultivadas (Carrillo *et al.*, 2012a). Esta plaga amenaza a la producción de cultivos de importancia económica, tales como 142,037 hectáreas de cocotero (copra y fruta); 75,009 hectáreas de plátano y 74,252 hectáreas de palma de aceite, que en conjunto conforman una producción estimada de 3.08 millones de toneladas y cuyo valor de producción es de aproximadamente 7,849 millones de pesos (SENASICA, 2015); los cuales generan el ingreso económico para miles de trabajadores por las actividades que se realizan en la cadena productiva y de comercialización, como venta de frutos, plantas, aceites arreglos florales, fabricación de artesanías, además del atractivo turístico de los hospedantes (SENASICA, 2012b).

El ácaro rojo de las palmas, dentro de los Tenuipalpidos, es la plaga más importante del cocotero; se disemina fácilmente, ocasiona diversos grados de daño y el control resulta difícil, ya que se necesitan aplicaciones sucesivas de acaricidas (Mendoza *et al.*, 2005).

Actualmente en México el combate del ácaro rojo de las palmas se realiza a través de la aplicación periódica de acaricidas y la eliminación del material vegetativo infestado (podas sanitarias). Entre los productos químicos que han demostrado mejor efectividad en el control de dicha plaga son abamectina, spiridiclofen y azufre, mismos que cuentan con la autorización temporal por parte

de la comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), para ser utilizados contra *R. indica* (SENASICA, 2013). Cabe señalar que esta recomendación proviene de evaluaciones de acaricidas realizadas en la India (Senapati y Biswas, 1990), Florida (Peña, 2007) y Brasil (De Assis, 2013)

Los estudios de toxicidad de acaricidas constituyen uno de los elementos de base fundamental para la implementación de los programas de manejo; permitiendo conocer la respuesta biológica de cada especie sobre determinados hospedantes en condiciones climáticas específicas, lo que proporciona información importante para el pronóstico y la consecuente toma de decisiones en cuanto a las medidas de control (González y Ramos, 2010). Es importante contar con información local sobre la efectividad de acaricidas, para el control de *R. indica*, ya que la existente se ha generado en otras regiones con productos que no están autorizados o disponibles en México. (Rodrigues y Peña, 2012; De Assis *et al.*, 2013).

III. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1 Objetivo general

Determinar la toxicidad de productos acaricidas comerciales para el control químico del ácaro rojo *R. indica* en México.

3.1.1. Objetivos específicos

Determinar la concentración letal 50 (CL50) y concentración letal 90 (CL90) de productos acaricidas comerciales contra el ácaro *R. indica*.

Establecer una propuesta de manejo de productos acaricidas para el control químico del ácaro rojo.

3.2. Hipótesis

El conocimiento de la toxicidad diferencial de los productos acaricidas comerciales contra el ácaro rojo *R. indica* proporcionará los elementos necesarios para proponer una estrategia de manejo químico más racional y efectivo de esta plaga.

VI. ANTECEDENTES

4.1 Clasificación taxonómica del ácaro rojo

La clasificación taxonómica del ácaro rojo es la siguiente (Mesa *et al.*, 2009):

Phylum: Artropoda

Clase: Arachnida

Orden: Acari

Familia: Tenuipalpidae

Género: *Raoiella*

Especie: *Raoiella indica* Hirst 1924

4.2. Distribución geográfica

El ácaro rojo, *R. indica*, está ampliamente distribuido y es numeroso en las regiones más cálidas del planeta (Jeppson *et al.*, 1975; Baker y Tuttle, 1987). Fue descrita por primera vez en 1924 sobre hojas de cocotero en la India (Kane y Ochoa, 2006); se diseminó por Rusia, Pakistán, Mauricio, Egipto, Sudán, Irán, Omán, Israel, Isla Reunión, Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Sri Lanka, Malasia, y Filipinas (Pritchard, 1958; Welbourn, 2006; Hoy, 2012). En el continente Americano, dicha plaga se reportó por primera vez en el 2004, en las islas del Caribe, vías de Martinica y Santa Lucía (Fletchmann y Etienne, 2004; Dowling *et al.*, 2012), Trinidad y Tobago, Puerto Rico, Santo Tomás (Islas Vírgenes Estadounidenses) y Jamaica (Mendonca *et al.*, 2005; Rodríguez *et al.*, 2007). En

el 2007, fue reportado en E.U.A, en el 2008 invadió Cuba y Venezuela (Vásquez *et al.*, 2008) y la Florida (Peña *et al.*, 2009b; Carrillo *et al.*, 2011b); y en el 2009 se registró en México (NAPPO, 2009). En pocos años se extendió a través América del Sur, Venezuela, Colombia y Brasil (Kane *et al.*, 2012).

El ácaro rojo es una plaga de importancia cuarentenaria para México (SAGARPA, 2013). Actualmente, se localiza en el territorio nacional, en varios municipios de los estados de Quintana Roo, Yucatán, Campeche, Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Guerrero y Baja California Sur (SENASICA, 2015). En particular en el estado de Tabasco, se ha encontrado en los municipios de Paraíso, Comalcalco, Centla, Cárdenas, Jalpa de Méndez, Centro, Cunduacán, Nacajuca y Huimanguillo.

4.3. Plantas hospederas

El principal hospedero del ácaro rojo es la palma de coco, aunque este es una especie polífaga, que ataca a una amplia gama de especies de plantas monocotiledóneas de las familias *Arecaceae*, *Pandanácea*, *Musaceae*, *Zingiberaceae*, *Heliconiaceae* y *Strelitziaceae* (Carrillo *et al.*, 2011a). Cocco y Hoy (2009) reportaron a 72 especies de plantas hospederas de *R. indica*, incluyendo a siete especies de plantas dicotiledóneas de las familias *Aceraceae*, *Celastraceae*, *Myrtaceae*, *Lamiaceae*, *Oleaceae* y *Fabaceae*. Para el 2012, esta cantidad de especies incrementó a 91 para (Carrillo *et al.*, 2012a).

El ácaro rojo es una especie invasora que causa severas afectaciones en cultivos de interés económico como el cocotero y los plátanos (*Musa spp.*), así

como en diversas plantas ornamentales (Rodrigues *et al.*, 2007). En México ataca palmas, plátano y banano (*Musa* spp.) mismos que se localizan distribuidos a lo largo de las regiones costeras de la República Mexicana (SENASICA, 2012a). Debido a que es una plaga fitófaga de reciente introducción en el hemisferio occidental (Flores-Galano *et al.*, 2010) es importante conocer su comportamiento biológico en las áreas invadidas. *R. indica* se disemina fácilmente, ocasionando diversos grados de daño y su control resulta difícil, ya que se necesitan aplicaciones sucesivas de insecticidas (Mendoza *et al.*, 2005). El impacto de este ácaro puede ser devastador, ya que sus poblaciones a menudo alcanzan millones de individuos por planta. La importancia de los ácaros como especies invasoras, ha crecido en los últimos años debido a que el número de especies que se mueven son cada vez mayor, por lo que sus efectos negativos sobre las especies nativas y la economía humana son muy elevados (Hastie *et al.*, 2010).

Debido al rango de plantas hospederas y la dispersión de *R. indica* en las zonas naturales, agrícolas, recreativas y residenciales se requieren programas de mitigación a gran escala para el control de esta especie (Cocco y Hoy, 2009). De acuerdo a la SENASICA (2012a), el ácaro rojo puede atacar a las siguientes especies vegetales: *Acanthophoenix rubra*, *Coelorrhaphe wrightii*, *Adonidia merrilli* (= *Veitchia*), *Allagoptera arenaria*, *Areca catecú*, *Areca* spp., *Arenga australasica*, *Arenga engleri*, *Arenga microcarpa*, *Arengapinnata*, *Arengatremula*, *Arenga undulatifolia*, *Heliconia bihai*, *Heliconia caribaea*, *Balisier Heliconia psittacorum*, *Heliconia rostrata*, *Heliconia* spp. *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*, *Musa*

coccinea Andrews (*Musa uranoscopus*), *Musa corniculata*, *Musa spp.* *Pandanus utilis*, *Alpinia purpurea*, *Alpinia zerumbet*, *Etilingera y elatior* (= *Nicolaia elatio*).

4.4. Biología y hábitos

Estudiaron el ciclo de vida de *R. indica* en palma de coco en la India, e indicaron los estados de desarrollo: de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (Nagesha-chandra y Channabassavanna, 1984). Los huevos son de forma ovoide, una de las extremidades es ligeramente más alargada, presentan un color entre anaranjado y rojizos, con textura suave; el corion es totalmente liso y son pegajosos, miden entre 100 μm de ancho por 80 μm de largo. Esta especie presenta partenogénesis, los huevos no fertilizados dan origen a hembras y los fertilizados a machos (SENASICA, 2012b). Los huevos son depositados en el envés de las hojas (Kane *et al.*, 2005); en la parte abaxial de la superficie (inferiores) (Jepson *et al.*, 1975; Etienne y Fletchmann, 2006), donde los huevos son depositados en colonias que van de 110 a 330; se encuentran en grupos que van de 20 a 300 individuos entre ellos (huevos, larvas, protoninfas y deutoninfas) (Kane y Ochoa, 2006), los huevos se encuentran cerca de la nervadura central las larvas emergen y comienzan a alimentarse de tejido de la hoja. Cada huevo es adherido a la hoja, mediante un pelo rastrero, largo y delgado. El ápice del huevo es clavado con alrededor de 170 a 210 μm de ancho, en la extremidad libre del huevo (Rodríguez *et al.*, 2007). 24 horas antes de la eclosión los huevos se tornan blanquecinos iridiscente.

Las larvas miden 180-200 μm de largo, son de coloración rojo-naranja (Estrada-Venegas *et al.*, 2013), se desplazan lentamente, poseen tres pares de patas. Se alimentan durante 3 ó 5 días, antes de entrar en quiescencia, la cual dura de 1.7 a 1.9 días antes de mudar a la fase de protoninfa (SENASICA, 2012a). Las protoninfas o primer estado ninfal son de mayor tamaño que las larvas, se alimentan en un periodo de 2 a 5 días, para luego entrar en quiescencia por 1 a 4 días y emergen de la exuvia y al convertirse en deutoninfa, presentan cuatro pares de patas, las hembras poseen un cuerpo ovalado, con un alargamiento en la región del opistosoma, en cuanto al macho, éste es puntiagudo y estrecho, de aspecto triangular; la anchura del cuerpo varía de 180 a 200 μm y de largo de 130 a 140 μm (SENASICA, 2012b), son de mayor tamaño que las larvas y de mayor movilidad (Estrada-Venegas *et al.*, 2013). Las deutoninfas pueden durar en esta fase de 4 a 10 días (SENASICA, 2012a), miden, de 240 a 250 μm de ancho por 160 a 170 μm de largo son ovaladas y ambos sexos presentan las mismas características de las protoninfas. Las hembras son más grandes y largas que las deutoninfas miden de 250 a 320 μm de ancho por 190 a 220 μm de largo, de forma redondeada con sedas largas en el idiosoma (Kane y Ochoa, 2006). La deutoninfa se parece a la protoninfa pero son de mayor tamaño y movilidad (Estrada-Venegas *et al.*, 2013). Las hembras adultas con frecuencia presentan proporciones negras en su abdomen, son ovals, miden cerca de 320 μm de largo por 220 μm de ancho y presentan manchas oscuras en su cuerpo. Los machos son más pequeños que las hembras, y su cuerpo es de forma triangular tienen un

órgano reproductivo muy complejo. Las setas dorsales en ambos sexos se derivan de tubérculos del tegumento dorsal (Beard *et al.*, 2012).

Las colonias de los *R. indica* están caracterizadas por la presencia de exuvias, las cuales circundan el área donde colocan los huevos. Las hembras son de color rojo, con manchas en el cuerpo color carmín, tienen una longitud de 320 μm . Los machos son más pequeños que las hembras, y tienen forma casi triangular, bajo condiciones de laboratorio (24-26°C y 60% humedad relativa) las hembras que han copulado (reproducción sexual) producen hembras, pero aquellas hembras que no han copulado (reproducción asexual) producen machos. Las hembras completan su desarrollo en 24.5 ± 1.92 días, mientras que los machos lo hacen en 20.6 ± 0.72 días. La longevidad de la hembra es mayor que la del macho, siendo de 50.9 ± 11.4 días, mientras que los machos viven un promedio de 21.6 ± 1.95 días. El rango de desarrollo está influenciado por los niveles de temperatura, humedad relativa y por la planta huésped (Kane *et al.*, 2012).

El ácaro rojo se dispersa fácilmente a través del viento (Welbourn, 2006) y material vegetal infestado en viveros. Mendoca *et al.* (2005) señalaron que una de las más importantes vías de dispersión, es el movimiento de personas que entran en contacto con palmeras ornamentales infestadas. Por otra parte, Kane y Ochoa (2006) enfatizaron que las hembras son las que más se dispersan. Las formas efectivas de dispersión a grandes distancias del ácaro rojo son: vientos y tormentas tropicales, así como la movilización de vegetales, y productos hospedantes; por ello los países afectados por esta plaga han implementado programas de certificación de estas especies hospedantes, con el objeto de

mitigar el riesgo de dispersión (Peña *et al.*, 2007). La dinámica poblacional del ácaro rojo es afectada por factores abióticos (temperaturas y lluvias) y factores bióticos (edad de las plantas, especie, variedad y la presencia de enemigos naturales (Nagesha-Chandra y Channabassavanna, 1984).

Los adultos del ácaro rojo, especialmente las hembras, se pueden ver generalmente a simple vista, se encuentran en el envés de las hojas en grupos pequeños y hasta en centenares de individuos. En infestaciones iniciales sólo se encuentra una o pocas hembras adultas, las cuales depositan sus huevecillos en círculos. En colonias más viejas, la mayoría de los huevecillos se encuentran en el perímetro de las hojas, observándose las exuvias blancas en el interior de la colonia (Estrada-Venegas *et al.*, 2013). En poblaciones muy productivas, la cantidad de exuvias presentes es a menudo mayor que los individuos vivos. Todos los estadios del ácaro rojo, presentan gotitas de un líquido desconocido en la punta de las setas corporales laterales, que son más visibles en los adultos. Las hembras adultas son las arañitas más grandes de la colonia, las que a su vez muestran manchitas negras en la parte dorsal. Los machos utilizan su primer par de patas, para adherirse a la parte posterior de las deutoninfas hembras (descendencia reproductiva), observándose casi siempre en colonias activas, la presencia en tándem de machos y deutoninfas; este tipo de pre-apareamiento no es común a otras especies de Tetranychidae (Kane *et al.*, 2005).

4.5. Daños

Los ácaros fitófagos introducen su estilete en los tejidos de la planta durante la alimentación, y a través de esta estructura extraen los contenidos de las células de la hoja del mesófilo (Moraes y Flechtmann, 2008). Todas las especies de *Raoiella* se alimentan insertando su estilete en los estomas, entre las células de guarda de toda la planta, lo cual evita las defensas mecánicas de la planta mediante la explotación de esta debilidad estructural en la arquitectura de la hoja. Según Ochoa *et al.* (2011) es la primera especie de ácaros que se ha observado alimentándose a través de los estomas de las plantas hospederas por lo que afecta simultáneamente el proceso de la fotosíntesis y la respiración de las plantas

Los daños en palma de coco se manifiestan en las hojas maduras, principalmente en zona media de la hoja, que se tornan amarillentas particularmente en la región inferior de la planta y pueden llegar a marchitarse por completo (Peña *et al.*, 2012). El ácaro ataca las partes tiernas y succulentas (Kane *et al.*, 2012), a distancia se puede observar el color bronceado naranja, seguido de necrosis. La presencia inicial de colonias de *R. indica* genera amarillamiento local en las hojas, los cuales con el tiempo se incrementan, formando parches cloróticos de mayor tamaño e incluso con necrosis generalizada y la consecuente reducción del área fotosintéticamente activa (Ochoa *et al.*, 2011). Rodríguez *et al.* (2007) afirmaron que la alimentación continua del ácaro rojo, puede llevar a la muerte de plántulas, y que a pesar de la resistencia de las plantas a este ácaro, el daño que causa, puede ser muy importante para el desarrollo de las plantas. Peña *et al.* (2009a) reportaron que las infestaciones severas pueden causar la muerte de las

plantas jóvenes, además de que por ser una plaga altamente invasiva, puede generar aumento en los costos de producción debido a las medidas de manejo y control (Cocco y Hoy *et al.*, 2009; Carrillo *et al.*, 2012a). De acuerdo con Carrillo *et al.* (2012b) los daños que causa esta especie, a plantas hospederas aún no se ha caracterizado por completo

Los daños de *R. Indica* se ven reflejados en la producción; en la India se han presentado pérdidas hasta del 87% en cocoteros de todas las edades (Dominique, 2001). Peña *et al.* (2007) mencionaron que en Trinidad y Tobago provoca una reducción del 75% en el número de frutos producidos y han provocado la necesidad de procesar el doble de frutos para producir la misma cantidad de aceite. En Venezuela la producción de frutos se redujo en 70% disminuyendo drásticamente un año después de la infestación (Roda *et al.*, 2012). Ocasionó pérdidas del 50 % de la producción de coco (Peña *et al.*, 2012).

4.6. Control químico de *R. indica*

En las áreas de invasión de esta plaga el control químico es el método más usado para el control del ácaro rojo *R. indica*. En la India (Bengala Occidental) monocrotofos fue el más efectivo para el control de *R. indica*, con respecto al oxidimeton metil, endosulfan, dicofol, cipermetrina y fluvalinato (Senapati y Biswas, 1990). Asimismo, se han evaluado diversos productos químicos que han mostrado una buena efectividad entre ellos: dimetoato 30 CE (0.03% i.a.), fosfamidon 85 WSC, y metomil 25 CE (0.005%) (Jarayaj *et al.*, 1991) y monocrotofos (0.03% i.a.) (Santos *et al.*, 2004), En Puerto Rico, Peña *et al.* (2007) evaluaron los acaricidas

spiromesifen, dicofol, acequinocyl, bifenzanato, etoxazol y milbemectina, obteniendo reducciones poblacionales de 141 ácaros a rangos de 2 a 22 ácaros por cada 17 cm², después de 21 días de la aplicación. Verle y Peña (2012) evaluaron los acaricidas spiromesifen, dicofol y acequinocyl en palmas de coco y plátanos en Puerto Rico y Florida, con el fin de ofrecer alternativas de control químico y reducir el impacto de esta plaga, encontrando que estos acaricidas fueron eficaces en la reducción del ácaro palma de coco y plátano. En condiciones de laboratorio, De Assis *et al.* (2013) evaluaron la toxicidad de los acaricidas abamectina, clorfenapir, diafentiuron, óxido fenbutatin, fenpiroximato, hexitiazox, milbemectina, propargite, spirodiclofen y spiromesifen.

Las concentraciones letal es de 50 (CL50) y 90 (CL90) indicaron que la abamectina, fenpiroximato, milbemectina, espirodiclofen y propargite fueron los productos más tóxicos para *R. indica*. Los coeficientes de toxicidad para la CL50 mostraron que milbemectina era 6,028,000 veces más tóxico que espiromesifen y 11 veces más tóxico que la abamectina. Los coeficientes de toxicidad para la CL90 indicaron que milbemectina era 263 millones de veces más tóxico que el clorfenapir y sólo 1.44 veces más tóxico que la abamectina. En la campaña del ácaro rojo en México, se ha realizado el control químico del ácaro rojo, en 382 focos de infestación, a través de la aplicación periódica de acaricidas a base de azufre, abamectina, spirodiclofen, amitraz y extractos vegetales, sin obtener resultados satisfactorios en algunas localidades. En particular, en el estado de Chiapas, y debido a la biología y mecanismo de dispersión del ácaro, no se han

podido erradicar los focos de infestación incrementándose de un 11.6% a un 21.6% (SENASICA, 2014).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Colecta y manejo del ácaro rojo

Los ejemplares del ácaro rojo *R. indica* utilizados en el presente experimento se obtuvieron de muestras de hojas de palma de coco (*Cocos nucifera*) colectadas en el campo agrícola experimental de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma Tabasco, municipio de Centro, Tabasco, México. El material vegetativo infestado se depositó dentro de bolsas cerradas doble zipper, y en una hielera fueron trasladadas al laboratorio de sanidad vegetal de la misma Institución; en donde a su vez se mantuvieron dentro de una cámara de cría a temperatura de $28\pm 3^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa del $50\pm 10\%$, y 12 horas de fotoperiodo para su uso posterior en el mismo día de la colecta.

5.2. Obtención y preparación de material vegetativo

En cada, sitio también se obtuvieron muestras de folíolos sanos de palma de coco, de los cuáles se cortaron porciones de lámina foliar de 2.5 cm x 4 cm, que fueron utilizados en los bioensayos para evaluar la toxicidad de acaricidas contra el acaro. Los folíolos fueron limpiados previamente con un pincel No. 4, los cuáles no se lavaron para preservar las características de la cutícula de la lámina foliar. Enseguida fueron revisados bajo microscopio de disección, para asegurarse que no tuvieran ácaros o insectos depredadores. Estas porciones de lámina foliar se colocaron en una caja de Petri de 13 x 13 x 2.5 cm dentro de una cámara

bioclimática de marca Lumistell, modelo-ICPO9, a $28\pm 2^{\circ}\text{C}$, a humedad relativa del $50\pm 10\%$, y 12 horas de fotoperiodo para su uso el mismo día de la colecta.

5.3. Acaricidas evaluados

Los acaricidas evaluados se presentan en el Cuadro 1. Todos estos productos están autorizados como plaguicidas de uso agrícola contra diferentes especies de ácaros en varios cultivos hortícolas o frutícolas en México, por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS, 2014).

Cuadro 1. Productos acaricidas evaluados contra el ácaro rojo *Raoiella indica*.

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Grupo químico¹	Modo de acción¹
Abamectina	Abamectina 1.8% CE	Grupo 6 Avermectinas, milbemectinas	Activadores de los canales de cloro
Azufre	Sultron [®] 725	-	Inorgánicos
Acequinocyl	Kanemite [®] 15 SC	Grupo 20B Acequinocyl	Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial III
Bifenazate	Acramite [®] 50 WS	-	Desconocido
Dicofol	AK-20 [®]	-	Desconocido
Fenazaquin	Magister 200 [®] SC	Grupo 21A Inhibidor del transporte de electrones en las mitocondrias	Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I
Fenpiroximato	Avolant [®]	Grupo 21A Inhibidor del transporte de electrones en las mitocondrias	Inhibidores del transporte de electrones en el complejo Mitocondrial I
Milbemectina	Koromite [®] 1% CE	Grupo 6 Avermectinas, Milbemectinas	Activadores del canal de cloro.
Propargite	Omite [®] 6E	Grupo 12C Propargite	Inhibidores del ATP mitocondrial sintasa
Amitraz	Mitac [®] 20 C.E.	Grupo 19 Amitraz	Agonistas de receptores de la octopamina

Azadiractina	Progranik® Nimicide 80		Desconocido
Bifentrina	Talstar® 100 CE	Grupo 3A Piretroides, piretrinas	Moduladores del canal de sodio
Clorfenapir	Sunfire® 2CS	Grupo 13 Pirroles	Desacopladores de la fosforilación oxidativa vía disrupción del gradiente de protones
Clofentezine	Acaristop® 50 SC	Grupo 10A Clofentezin, Hexiatox	Inhibidores del crecimiento de ácaros
Spiromesifen	OBERON®	Grupo 23 Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico	Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa
Fenazaquin	Magister 200® SC	Grupo 21A Inhibidor del transporte de electrones en las mitocondrias	Inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial I.
Flufenoxorun	Cascade® 100 CD	Grupo 15 Benzoilureas	Inhibidores de la biosíntesis de quitina, tipo 0
Hexitiazox	Savey® 50 PH	Grupo 10A Clofentezin, Hexiatox	Inhibidores del crecimiento de ácaros
Clorhidrato de formetanato	Dicarzol® 50 PS	Grupo 1A Carbamatos	
Spirodiclofen	Envidor®	Grupo 23 Derivados de los ácidos tetrónico y tetrámico	Inhibidores de la acetil CoA carboxilasa.

¹Comité de Acción de Resistencia a los Insecticidas (IRAC, 2009).

5.4. Bioensayos preliminares

Las pruebas se realizaron de acuerdo al método No. 4 de las series de métodos para pruebas de susceptibilidad del Comité de Acción de Resistencia a los Insecticidas (IRAC, 2009; De Assis, 2013). Preliminarmente para cada acaricida se prepararon concentraciones diluidas, en un factor de 10: 0.01, 0.1, 1, 10, 100 y 1000 ppm (mg de ingrediente activo por litro de solución) y se incluyó un control de agua destilada. Cada unidad experimental correspondió a una lámina foliar de 2.5 cm x 4 cm de hoja de coco sumergido durante 5 segundos en una solución acaricida o agua. Esta porción de lámina foliar se dejó secar a temperatura ambiente, durante 20 min y enseguida se le colocó sobre una placa de acrílico (de 5 x 5 cm) con un orificio de 2.5 cm de diámetro. Los bordes de la porción de lámina foliar fueron fijadas con cinta adhesiva a la placa de acrílico (Figura 1) enseguida, los ácaros sujetos de bioensayo se colocaron sobre la superficie de área foliar tratada y confinada por el orificio del acrílico (disco de hoja). Después, se le sobrepuso otra placa de acrílico del mismo tamaño para evitar que los ácaros escaparan. Al final, este material se colocó sobre la base de una capa de algodón en una caja de Petri (9 cm de diámetro), mismo que se mantuvo húmeda por la adición de agua destilada. A cada disco de hoja se transfirieron diez hembras adultas de *R. indica*, lo que representó una repetición de cada tratamiento. En total cada tratamiento tuvo tres repeticiones, para un total de 30 ácaros por concentración de acaricida. El total de ácaros vivos y muertos, se cuantificó después de 24 h de aplicado el tratamiento. Un ácaro se consideró como muerto, si no se mueve al menos la longitud de su cuerpo, cuando es

tocado por un pincel fino (No. 000). Para cada acaricida, se determinó el intervalo de concentración que ocasiona la mortalidad de 0 a 100%. Los productos que no produjeron el 100% de mortalidad a concentración mínima de 1000 ppm en los bioensayos preliminares, fueron descartados.

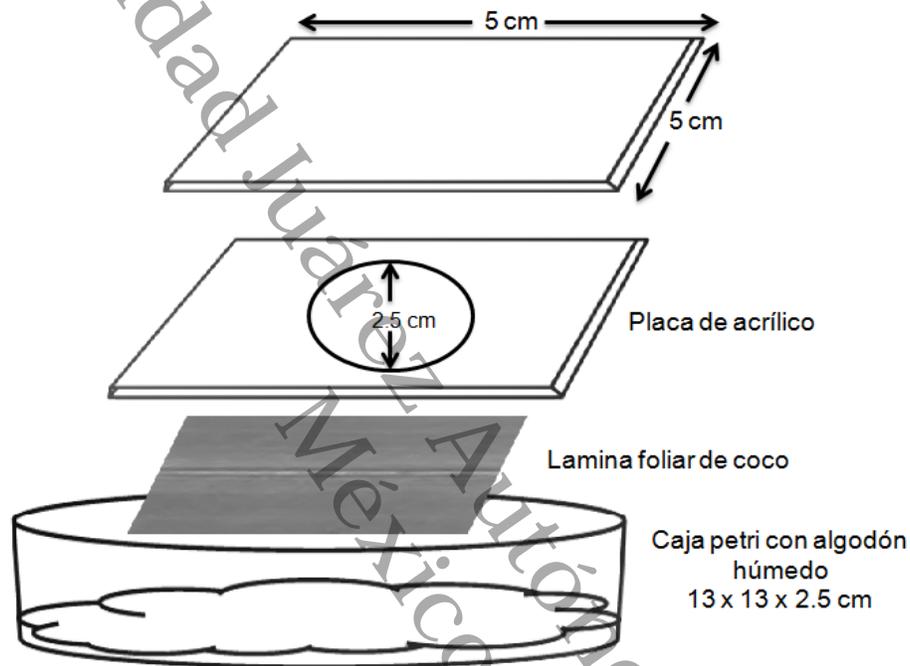


Figura 1. Dispositivo de placas de acrílico para los bioensayos de acaricidas contra el ácaro rojo *Raoiella indica*.

5.5. Bioensayos finales

Considerando las pruebas preliminares de toxicidad solo se evaluaron los 10 productos acaricidas que mejores resultados ofrecieron milbemectina, fenazaquin, abamectina, dicofol, acequinocyl, fenpiroximato, propargite, clorhidrato de formetanato, azufre y bifentrina. Se establecieron de 7 a 8 concentraciones por acaricida, que ocasionaron una mortalidad de ácaros en el intervalo de cero a 100. Como tratamiento de control se realizó la inmersión de los discos de hojas en

agua destilada. La aplicación y evaluación de acaricidas se llevó a cabo de una manera similar, a lo descrito en la sección de pruebas preliminares. En los bioensayos se realizaron tres repeticiones para cada concentración de acaricida, para un total de 30 hembras adultas de *R. indica*, incluyendo el control. Todo el procedimiento se repitió dos veces para un total de 60 ácaros de *R. indica* por cada concentración de acaricida (Robertson *et al.*, 2007).

5.6. Análisis estadístico

Los datos de mortalidad se sometieron a un análisis Probit (Finney, 1971) después de la corrección de la mortalidad basada en el control (Abbott, 1925), mediante el procedimiento PROC PROBIT de SAS (SAS Institute, 2012).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los casos, se observó un buen ajuste del modelo probit a los datos de mortalidad de *R. indica* ($\chi^2, p > 0.05$) (Cuadro 2). Las concentraciones estimadas que causaron 50 y 90 % de mortalidad (CL50 y CL90) respectivamente, indicaron que la fenazaquin, milbemectina, abamectina y dicofol, fueron los más tóxicos para el ácaro; mientras que los menos tóxicos fueron acequinocyl, fenpyroximate, bifentrina, azufre, clorhidrato de formetanato y propargite y bifentrina (Cuadro 2). La proporción de toxicidad para la CL90, mostró que la fenazaquin y milbemectina fueron iguales ambos acaricidas fueron 20.02 y 27.36 veces más tóxico que la abamectina y que el dicofol sin embargo; fue 111,036 veces más tóxico que el bifentrina, 67,815 veces más tóxico que el azufre, 66,949 veces más tóxico que el clorhidrato de formetanato, y 50,506 veces más tóxico que el propargite. En nuestro estudio, fenazaquin, milbemectina, abamectina y dicofol fueron los productos más tóxicos para adultos de. En un estudio realizado en condiciones de laboratorio en Brasil, De Assis *et al.* (2013) donde evaluaron 10, acaricidas los productos más tóxicos, para *R. indica* fueron abamectina milbemectina.

Las pendientes mayores de las líneas de concentración-mortalidad fueron para fenazaquin, dicofol, acequinocyl y los más bajos para fenpiroximato, azufre y bifentrina (Figura 2). De acuerdo con De Asis, *et al.* (2013), la abamectina y milbemectina fueron los productos más tóxicos para *R. indica*; sin embargo, abamectina mostró el mayor coeficiente angular entre los acaricidas evaluados.

El valor de la pendiente (B) es un buen estimador de la heterogeneidad de la población bajo estudio, ya que es igual al inverso de la desviación estándar. De hecho entre más pronunciada sea la pendiente, mayor será el valor de "B" que la línea logaritmo de dosis-probit tiene dos características básicas: pendiente y posición. La pendiente proporciona una idea de la heterogeneidad de los datos, mientras que la posición sobre el eje de las abscisas indica la potencia del tóxico, entre más a la izquierda de la gráfica esté una línea, será menor la CL50 y mayor la toxicidad del producto en cuestión (Lagunes y Vázquez, 1994).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Cuadro 2. Toxicidad de acaricidas para el ácaro rojo *Raoiella indica*.

Producto Químico	n	gl	X	Pendiente (±EE)	CL50	CL90	PT
Fenazaquin	420	5	7.24	0.74 (±0.06)	0.036 (0.023-0.056)	1.904 (0.976-4.620)	-
Milbemectina	360	4	4.09	0.48 (±0.05)	0.004 (0.002-0.009)	1.972 (0.691-8.530)	1.04
Abamectina	360	4	3.79	0.55 (±0.05)	0.184 (0.097-0.368)	38.126 (12.097-193.41)	20.02
Dicofol	420	5	6.01	0.76 (±0.07)	1.097 (0.710-1.661)	52.107 (26.834-128.113)	27.36
Acequinocyl	360	4	3.37	0.62 (±0.06)	19.50 (10.90-36.51)	2,150 (800-8,355)	1,129
Fenpyroximate	420	5	2.91	0.31 (±0.04)	0.89 (0.34-2.72)	10,127 (1,180-265,148)	5,220
Propargite	420	5	5.37	0.52 (±0.05)	358.89 (196.7-694.9)	96,165 (29,913-505,258)	50,506
Clorhidrato de formetanato	420	5	6.36	0.42 (±0.04)	122.04 (59.9-257.5)	127,471 (31,327-979,215)	66,949
Azufre	420	5	2.87	0.39 (±0.04)	69.72 (31.46-169.24)	129,121 (26,641-1,211,357)	67,815
Bifentrina	420	5	5.21	0.39 (±0.04)	109.43 (48.66-276.20)	211,413 (40,753-2,236,796)	111,036

a: total de individuos evaluados; b: grados de libertad; c: valor de Chi-cuadrada ($p > 0.05$); d: error estándar de la media; e: concentración en mg/l con los intervalos de confianza al 95%; f: proporción de toxicidad al 90%.

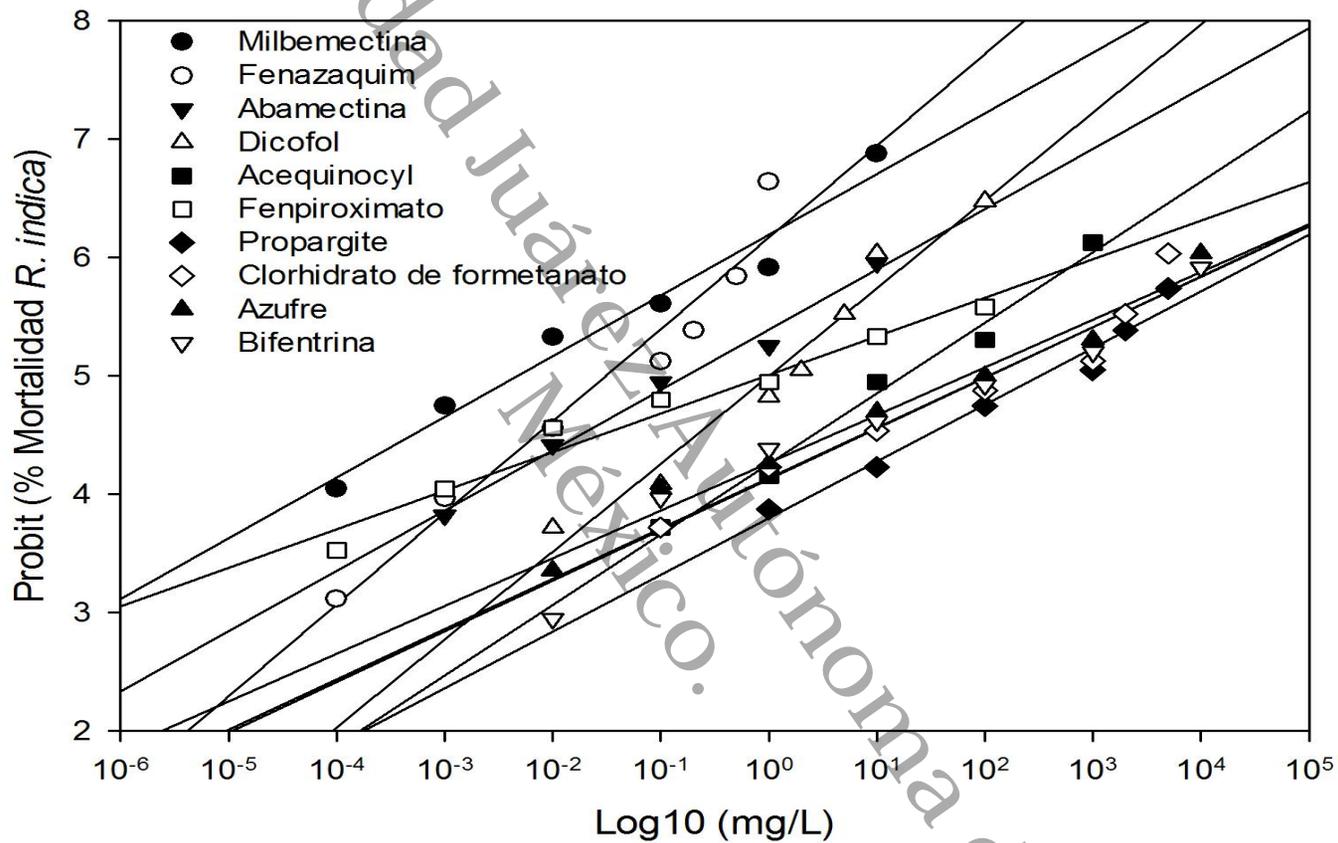


Figura 2. Representación gráfica de las líneas concentración-mortalidad de ácaro rojo *Raiella indica* expuestas a 10 acaricidas.

Aunque la eficacia de estos productos acaricidas para el control de *R. indica* en el campo, no puede ser determinado con base en los valores de CL50 y CL90 estimados en laboratorio, (De Assis, 2013), es posible predecir que los productos más tóxicos en laboratorio tendrán mejor desempeño en campo.

En los bioensayos preliminares se descartaron los productos acaricidas: Bifenazate, Amitraz, Azadiractina, Clorfenapir, Clofentezine, Spiromesifen, Flufenoxorun, Hexitiazox y Spirodiclofen, debido a la baja toxicidad de estos productos sobre adultos de *R. indica*. Esta baja toxicidad se puede deber a varios factores, en el caso de spirodiclofen y spiromesifen afecta al crecimiento y desarrollo de los ácaros (Yu, 2008). Clofentezine y hexitiazox actúan sólo en los huevos y etapas inmaduras (Ullah y Gotoh, 2013). Estos acaricidas causan una alta mortalidad en formas inmaduras y afectan a la fertilidad de hembras, pero no son eficaces para la mortalidad de adultos (Nauen *et al.*, 2005; Marcic *et al.*, 2011). Sin embargo, Rodrigues y Peña (2012) encontraron que spiromesifen a una dosis de 0.145 mg/l fue eficaz en el control, tanto de adultos como de formas inmaduras de *R. indica* en las palmas de coco. Lima *et al.* (2013) evaluaron la susceptibilidad de *Aceria guerreronis* y su depredador *Neoseiulus Baraki* (Acari: Phytoseiidae) y mencionan que los productos Clorfenapir y fenpiroximato fueron selectivos para *N. baraki* pero no para *A. guerreronis*, por lo tanto son acaricidas prometedores para el manejo de *A. guerreronis* en combinación con *N. Baraki*. Ullah y Gotoh (2013) mencionaron que spirodiclofen y spiromesifen son altamente tóxicos para los huevos inmaduros de los ácaros de araña *Tetranychus macfarlanei*, mientras que sus efectos sobre las hembras adultas es más lento con

reducción de la fecundidad y la fertilidad. Estos autores sugieren que los acaricidas acequinocil, bifenazate, clofentezine y hexitiazox, podrían reducir el número de ácaros de araña por debajo de nivel de daño económico. De acuerdo con Marcic *et al.* (2011), bifenazate es un producto que inhibe el complejo mitocondrial III, causando el rápido derribo de los ácaros inmaduros adultos.

Como se mencionó anteriormente, los acaricidas fenazaquin, milbemectina, abamectina y dicofol fueron los productos más tóxicos para *R. indica*, por lo tanto, estos acaricidas son los más prometedores para el control de esta plaga. En la India y el Medio Oriente se han realizado pruebas de campo para evaluar la eficacia de acaricidas contra *R. indica*, y se ha encontrado que el dicofol es un producto que ofrece un buen control (Sarkar y Somchoudhury 1988; Jalaluddin y Mohanasundaram 1990; Jayaraj *et al.*, 1991). Recientemente, Rodrigues y Peña (2012) evaluaron diversos acaricidas en condiciones de campo en Puerto Rico y Florida, encontraron que tanto la abamectina como el azufre redujeron significativamente las poblaciones de *R. indica*. Señalaron que el acequinocyl, dicofol y spiromesifen fueron eficaces en la reducción de las poblaciones de *R. indica* en plantas de cocotero.

Nuestros datos concuerdan con los resultados de De Asis *et al.* (2013), en torno a que la abamectina y milbemectina son buenos para el control de ácaro rojo, pero también son tóxicos para el ácaro depredador *Amblyseius largoensis*, por lo que recomienda usar acaricidas de menor toxicidad como el fenpiroximato, propargite y espiroclorfen. Además Kim *et al.* (2005) evaluó el efecto de la abamectina en hembras adultas del depredador *Neoseiulus cucumeris*

(Oudemans) (Phytoseiidae) y llegaron a la conclusión de que este acaricida es muy tóxica para los fitoseidos. Noii *et al.* (2008) informaron de que la exposición a los residuos de abamectina tuvo un efecto negativo en *Phytoseiulus plumifer* (Canestrini y Fanzago). Estos resultados concuerdan con Zhang y Sanderson (1990), quienes llegaron a la conclusión que la abamectina es considerablemente más tóxica a *Tetranychus urticae* Koch, en comparación con *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. Ibrahim y Yee (2000) informaron que el coeficiente de rendimiento, longevidad y la proporción de sexo de *Neoseiulus longispinosus* (Evans) no se vio afectada por abamectina, se recomiendan el uso de este producto para *T. urticae*. Irigaray *et al.* (2007) evaluaron la mortalidad de *Galendromus occidentalis* (Nesbitt) y *P. persimilis* causada por abamectina afectaron gravemente la fecundidad y longevidad de las hembras y la reproducción de nuevas generaciones, encontraron que este producto tenía un efecto residual sobre estos depredadores, estos resultados contradictorios pueden explicarse por las diferencias en la susceptibilidad entre las poblaciones a abamectina (Hamedi *et al.*, 2011).

Los resultados del presente estudio mostraron que los acaricidas más tóxicos para *R. indica* fueron Fenazaquin milbemectina, abamectina y dicofol, que son activadores de los canales de cloro e inhibidores del transporte de electrones en el complejo mitocondrial. Estos acaricidas tienen una acción translaminar en la planta y actúan a través del contacto y la ingestión por los artrópodos (IRAC, 2009). Por lo tanto, es posible que la interacción insecticida planta y ácaro, tiene un mayor efecto en el control de *R. indica* por abamectina y milbemectina, debido

a la acción translaminar de estos productos y al comportamiento alimentario de *Raoiella* que se alimenta principalmente a través de los estomas (Ochoa *et al.*, 2011). En cuanto al producto fenazaquin, Alinejad *et al.* (2014) encontraron que tuvo efectos negativos sobre parámetros de desarrollo y de vida de *Amblyseius swirskii* y consideraron que no es un acaricida compatible y no debe utilizarse con este ácaro depredador en el control integrado de *Tetranychus urticae*.

Un problema para el control químico de ácaros fitófagos es su alto potencial para el desarrollo de resistencia a los acaricidas (Whalon *et al.*, 2008). Sobre esto Sawicki y Denholm (1987) definen al manejo de resistencia a plaguicidas como un conjunto de estrategias en que la premisa básica es conservar la susceptibilidad a los plaguicidas, mediante su uso racional y la restricción de tratamientos para prevenir la selección de individuos resistentes y, de este modo, prolongar la vida útil de los productos. Aunque, los resultados de un bioensayo no se pueden utilizar para determinar la dosis a usar en campo, ya que una determinación de laboratorio no considera las pérdidas producidas por arrastre, fotodescomposición, termorregulación y escape del insecto, entre otras (Lagunes-Tejeda *et al.*, 2009), pero si es posible comparar la toxicidad de los acaricidas evaluados para los organismos bajo estudio (De Assis *et al.*, 2013). De acuerdo a nuestros resultados, los acaricidas fenazaquin, abamectina, milbemectina y dicofol son promisorios para formar parte de una estrategia de manejo químico de *R. indica* en el trópico mexicano. Los resultados obtenidos en este estudio pueden apoyar la selección de acaricidas para ser utilizados en el manejo de *R. indica*. Otras investigaciones deben llevarse a cabo en condiciones de campo para establecer la efectividad

biológica de estos productos, así como el momento adecuado de aplicación para establecer las estrategias de manejo químico de las poblaciones plaga, y minimizar los impactos sobre los enemigos naturales.

En condiciones de campo, el acaricida dicofol se considerado efectivo para reducir la población de *R. indica* en palmas de coco en Río Piedras, Puerto Rico (Rodrigues *et al.*, 2012). Mientras que en Florida, Estados Unidos de América, las aspersiones de abamectina y milbemectina mostraron buen control de *R. indica* en palmas de coco (Rodrigues *et al.*, 2012). En el 2013, el acaricida abamectina fue autorizado de forma temporal por la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios en la campaña contra el ácaro rojo en México (SENASICA, 2013). Consideramos que los productos fenazaquín, milbemectina, abamectina y dicofol podrían autorizarse para el control químico emergente de *R. indica*, ya que estos acaricidas son de uso contra otras especies de ácaros fitófagos de importancia económica en México (COFEPRIS, 2015). No obstante, se deben realizar pruebas de efectividad biológica de estos acaricidas en campo, reconocer el momento más adecuado de aplicación e investigar cómo reducir el impacto sobre los enemigos naturales de *R. indica*.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a las concentraciones letales 50% (CL₅₀) y 90% (CL₉₀), los acaricidas más tóxicos para los adultos del ácaro rojo *R. indica* fueron fenazaquin, milbemectina seguido de abamectina y dicofol. Fenazaquin y milbemectina fueron 20 y 27 veces más tóxico por lo que son productos promisorios para su uso en una estrategia de control químico de esta plaga.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- Abbott W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265–267.
- Alinejad M., Kheradmand K., Fathipour Y. R. 2014. Sublethal effects of fenazaquin on life table parameters of the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology* 64: 361–373.
- Baker E.W & D.M, Tuttle. 1987. The false spider mites of México (Tenuipalpidae: Acari). Department of Agriculture, U.S. Technical Bulletin No. 1706. 237 pp.
- Beard J.J, R. Ochoa, G.R. Baughan, W.C. Welbourn, C. Pooley & A.P.G Dowling. 2012. External mouthpart morphology in the Tenuipalpidae (Tetranychoidae): *Raoiella* a case study. *Experimental & Applied Acarology* 57: 227–255.
- Lima D.B., V.B. Monteiro, R.N.C. Guedes, H.A.A. Siqueira, A. Pallini, M.G.C. Gondim J.R. 2013. Acaricide toxicity and synergism of fenpyroximate to the coconut mite predator *Neoseiulus baraki*. *BioControl*. 58:595–605.
- Carrillo, D., D. Amalin, F. Hosein, A. Roda, R. Duncan & J.E. Peña. 2011a. Host plant range of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the new world. *Experimental & Applied Acarology* 57: 271-289.
- Carrillo, D., D. Navia, F. Ferragut & J.E. Peña. 2011b. First report of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in Colombia. *Florida Entomologist* 94: 370-371.
- Carrillo, D., D. Amalin, F. Hosein, A. Roda, R.E. Duncan & J.E. Peña. 2012a. Host plant range of *Raoiella indica* (Acari:Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Experimental & Applied Acarology* 57: 271–289.
- Carrillo, D., J.F. Howard, V.J. Carlos, Rodrigues & J.E. Peña. 2012b. Review of the natural enemies of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Experimental & Applied Acarology* 57:347–360.
- Cocco, A. & M.A. Hoy. 2009. Feeding, reproduction, and development of the red palm mite (Acari: Tenuipalpidae) on selected palms and banana cultivars in quarantine. *Florida Entomologist* 92: 276-291.

COFEPRIS. 2014. Consulta de registros sanitarios de plaguicidas y nutrientes vegetales.

<http://189.254.115.250/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>

. (Consulta: 10 de agosto del 2014).

COFEPRIS. (Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios).

2015. Búsqueda de registros de: plaguicidas y nutrientes vegetales.

Secretaría de Salud. México, D.F.

<http://189.254.115.250/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>.

Acceso: 10 de agosto de 2014.

De Assis, C.P.O., E.G.F. de Moraes & M.G.C. Gondim. 2013. Toxicity of acaricides to *Raoiella indica* and their selectivity for its predator, *Amblyseius largoensis* (Acari: Tenuipalpidae: Phytoseiidae). *Experimental & Applied Acarology* 60: 357–365.

Dowling, A.P.G., R. Ochoa, J.J. Beard, W.C. Welbourn & E.A. Ueckermann. 2012. Phylogenetic investigation of the genus *Raoiella* (Prostigmata: Tenuipalpidae): diversity, distribution, and world invasions. *Experimental & Applied Acarology*, 57: 257–269.

Dominique, M. 2001. The fauna of oil palm and coconut. Insect and mite pests and their natural enemies. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement. 266 p.

Estrada-Venegas, E. D., S.J.A. Acuña, G.M.P. Chaires, M.A. Equihua. 2013. Ácaros de importancia cuarentenaria en Latinoamérica sus efectos y su relevancia. Sociedad Mexicana de Entomología. Colegio de Posgraduados Montecillo, Edo de México. 21 p.

Finney, D.J. 1971. Probit analysis. 3rd. Edition. Cambridge University Press. London

Fletcher, C.H.W. & J. Etienne. 2004. The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst, a threat to palms in the Americas (Acari: Prostigmata: Tenuipalpidae). *Experimental & Applied Acarology* (9): 109-110.

- Etienne, J. & C.H.W. Fletchmann. 2006. First record of *Raoiella indica* (Hirst, 1924) (Acari:Tenuipalpidae) in Guadeloupe and Saint Martin, West Indies. International Journal Acarology (32): 331-332.
- Flores-Galano, G., A. Montoya y H. Rodríguez. 2010. Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca catechu* L. Revista de Protección Vegetal 25 (1): 11-16.
- González, R.A.I. y M. Ramos. 2010. Desarrollo y producción de *Raoiella indica* Hirst. (Acari: Tenuipalpidae) en laboratorio. Revista Protección vegetal 25(1): 7-10.
- Hastie, E., A. Benegas-Avalos y H. Rodríguez. 2010. Inventario de los ácaros depredadores asociados a especies fitófagas en plantas de las familias *Arecaceae* y *Musaceae* en el municipio de San José de las Lajas. Revista de Protección Vegetal 25(1): 11-16.
- Hamedi, N., Fathipour Y., Saber M. 2011. Sublethal effects of abamectin on the biological performance of the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Acari: Phytoseiidae). Experimental & Applied Acarology 53: 29–40
- Hoy, M. A. 2012. Overview of a classical biological control project directed against the red palm mite in Florida. Experimental & Applied Acarology 57:381-393.
- IRAC. 2009. IRAC Susceptibility Test Methods Series (method: 004). http://www.irac-online.org/content/uploads/Method_004_v3_june09.pdf. (Consultado: 20 de agosto de 2013).
- Ibrahim, Y.B. & Yee T.S. 2000. Influence of sublethal exposure to abamectin on the biological performance of *Neoseiulus longispinosus* (Acari: Phytoseiidae) Journal of Economic Entomology. 93: 1085–1089.
- Irigaray, F.J, Zalom F.G, Thompson P.B. 2007. Residual toxicity of acaricides to *Galendromus occidentalis* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) reproductive potential. Biol Control 40:153–159
- Jarayaj, J., K. Natarajan & G.B. Ramasubramanian. 1991. Control of *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae: Acari) on coconut with pesticides. Indian Coconut J. Cochin 22(8): 7-8.

- Jalaluddin S.M. & Mohanasundaram M. 1990. Control of the coconut red mite *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae: Acari) in the nursery. Indian Coconut J Cochin 21:7–8
- Jeppson, L.R., H. Keifer & E.W. Baker. 1975. Mites injurious to economic plants. Berkeley, University of California Press, Berkeley. 614 pp.
- Kane, E.C., R. Ochoa, G. Mathurin & E.F. Erbe 2005. *Raoiella Indica* Hirst (Acari:Tenuipalpidae): an is-lang-hopping mite pest in the caribbean. (<http://www.sel.barc.usda.gov/acari/pdf/tinidadHandout.pdf>). (Consultado: 5 de septiembre 2014).
- Kane, E. & Ochoa. 2006. Detection and identification of the red palm mite *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). Systematic Entomology Laboratory, Beltsville MD. 6 pp.
- Kane, E.C., R. Ochoa, G. Mathurin, E.F. Erbe & J.J. Beard. 2012. *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): an exploding mite pest in the neotropics. Experimental & Applied Acarology 57: 215–225.
- Kim S.K., Seo S.G., Park J.D., Kim S.G., Kim D.I. 2005. Effect of selected pesticides on predatory mite, *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae). Journal of Entomological Science, 40:107–111.
- Lagunes T.A., Vázquez N.M. 1994. El bioensayo en el manejo de insecticidas y acaricidas. Metodología para la evaluación de plaguicidas en 154 especies de insectos ácaros. Centro de Entomología y Acarología. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. 158 p.
- Lagunes-Tejeda, A., J.C. Rodríguez-Maciél, y Juan C. De Loera-Barocio. 2009. Susceptibilidad a insecticidas en poblaciones de artrópodos de México. Agrociencia 43: 173-196.
- Marcic D., Peric P., Petronijevic S., Prijovic M., Drobnjakovic T. 2011. Cyclic ketoenols: acaricides and insecticides with a novel mode of action. Pesticides and phytomedicine. 26:185–195.

- Mesa C. N., Ochoa R., W. Welbourn C., Evans G.A. De Moraes G.J. 2009. A catalog of the Tenuipalpidae (Acari) of the World with a key to genera. *Zootaxa* 2098: 1–185.
- Mendoca, R.S., D. Navia & C.H. Flechtmann. 2005. *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae), o ácaro vermelhad das palmeiras-um ameaca para las Americas. Embrapa recursos genéticos e Biotecnología. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnología. Documentos 146. (<http://www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/doc146.pdf>). Consultado: línea 6 d septiembre de 2014).
- Moraes G.J. & Flechtmann C.H.W. 2008. Manual de Acarologia Agrícola: acarologia basica en ácaros de plantas cultivadas en Brasil. 288p.
- Nagesha-Chandra, B.K.N. & G.P. Channabasavanna. 1984. Development and ecology of *Raoiella indica* Hirst (Acari:Tenuipalpidae) on coconut. Pp. 785-798. En D.A. Griffiths and C.E. Bowman (eds) *Acarology VI*. Chichester UK.
- Nauen, R., Schnorbach H.J., Elbert A. 2005. The biological profile of spiromesifen (Oberon) a new tetrionic acid insecticide acaricide. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 58:417–440.
- Noii, S., Talebi K., Saboori A., Allahyari H., Sabahi Q., Ashouri A. 2008. Study on side-effects of three pesticides on the predatory mite, *Phytoseius plumifer* (Canestrini & Fanzago) (Acari: Phytoseiidae) under laboratory conditions. *IOBC/WPRS Bull* 35:146–151.
- NAPPO. 2009. Organización Norte Americana de Protección de las Plantas. Detecciones del ácaro rojo de la palma (*Raoiella indica*) en Islas mujeres y Cancún, Quintana Roo, México. Sistema alerta fitosanitaria NAPPO.; <http://www.pestlert.org/spanol/oprDentail.cfm?oprID=406>. (Consultado: 2 de abril de 2014).
- Ochoa, R., J.J. Beard, G.R. Bauchan, E.C. Kane & A.P.G. Dowling, E.F. 2011. Herbivore exploits chink in armor of host. *American Entomologist* 57(1): 26–29.

- Peña, J., C.M. Mannion, L. Osborne & F.W. Howard. 2007. Chemical control of red palm mite *Raoiella indica*, on ornamentals unpaginated. USDA. National Invasive Species Information Centre. EU.
- Peña, J.E., J.C.V. Rodrigues, L. Osborne & A. Roda. 2009a. The red palm mite, *Raoiella indica*: effect of resident and commercially produced predators against a recently introduced pest in Florida, USA. En: Peter G.M., Gillespie DR, Vincent C. (editors). Proceedings of the Third International Symposium on Biological Control of Arthropods. Christchurch, New Zealand. February 8-13, 2013.
- Peña, J.E., J.C. Rodrigues, A. Roda, D. Carrillo & L. Osborne. 2009b. Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari:Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. Integrated Control of Plant-Feeding Mites, IOBC/wprs Bulletin (50): 69-79.
- Peña, J.E., J. Bruin & W.M. Sabelis. 2012. Biology and control of the red palm mite, *Raoiella indica*: an introduction. Experimental & Applied Acarology 57: 211–213.
- Pritchard, A.E. & W. Baker. 1958. The false spider mite (Acarina: Tenuipalpidae). University of California. Publications in Entomology 14(3):175-274.
- Robertson, J.L., R.M. Russell, H.K. Preisler & N.E. Savin. 2007. Bioassays with arthropods. Second edition. CRC Press, NY. 199 p.
- Rodriguez, J.C.V., R. Ochoa & E.C. Kane. 2007. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) and its damage to coconut palms in Puerto Rico and Culebra Island. International Journal of Acarology 33 (1): 3-5.
- Rodrigues, J.C.V. & J.E. Peña. 2012. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in banana and coconut. Experimental and Applied Acarology 57: 317-329.
- Roda, A., G. Nachman, F. Hosein, J.C.V. Rodrigues & J.E. Peña. 2012. Spatial distributions of the red palm mite, *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) on coconut and their implications for development of efficient sampling plans. Experimental and Applied Acarology 57: 291–308.

- Sarkar, P.K, Somchoudhury A.K. 1988. Evaluation of some pesticides against *Raoiella indica* Hirst on coconut palm in West Bengal. *Pesticides* 22:21–22.
- SAGARPA. 2013. Dirección General de Sanidad Vegetal. Lineamientos por los que se establecen las acciones fitosanitarias que deberán aplicarse en el control de la movilización de los hospedantes del ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica* Hirst), en el territorio nacional. México, D.F. a 30 de julio de 2012.
- SAS Institute. 2012. Statistical Analysis System ver. 9.2 For Microsoft Windows.
- Senapati, S.K., y A.K. Biswas. 1990. Efficacy of some pesticides against *Raoiella indica* Hirst (Tenuipalpidae) on arecanut seedling in Terai region of West Bengal. *Journal of Environment and Ecology* 8(2):763-765.
- SENASICA. 2012a. Ficha técnica ácaro rojo de la palma *Raoiella indica* Hirst. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de sanidad Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA) de la SAGARPA. Con la Colaboración de la Dra. Edith Estrada Venegas Colegio de Postgraduados. 21 p.
- SENASICA. 2012b. Lineamientos por las que se establecen las acciones fitosanitarias que deberán aplicarse en el control de la movilización del hospedero del ácaro rojo de las palmas (*R. Indica* Hirst) en el territorio nacional. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA) de la SAGARPA. Consultado: 2 de Abril 2014; <http://www.senasica.gob.mx/?id=5064>.
- SENASICA. 2013. Acaro rojo de las palmas ficha técnica no 14. Laboratorio Nacional de Referencia Epidemiológica Fitosanitaria (SENASICA). México D. F. 16 p.
- SENASICA. 2014. Campaña contra ácaro rojo de las palmas. Informe mensual No. 1 enero 2014. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Inocuidad y calidad alimentaria (SENASICA) de la SAGARPA.
- SENASICA. 2014. Ácaro rojo de las palmas (*Raoiella indica* Hirst).

- Dirección General de Sanidad Vegetal Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (DGSV-CNRF). SAGARPA-SENASICA. México, D.F. 8 p.
- SENASICA. 2015. Campaña contra ácaro rojo de las palmas. Informe mensual No. 04 Abril de 2015. Dirección General de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Inocuidad y calidad alimentaria (SENASICA) de la SAGARPA. Consultado en línea el 02 de junio del 2015; <http://www.senasica.gob.mx/?doc=26758> .
- Santos, R., D. Navia, & R.I. Cabrera. 2004. *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Prostigmata: Tarsonemidae) una amenaza para la cultura de arroz de Brasil. Documento 117/ Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnología. Brasilia.
- Sawicki, R. M., & L. Denholm. 1987. Management of resistance to pesticides in cotton pests. *Trop. Pest Management*. 33: 262-272.
- Ullah, M.S. & Gotohb T. 2013. Laboratory-based toxicity of some acaricides to *Tetranychus macfarlanei* and *Tetranychustruncatus* (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*. 39 (3): 244–251.
- Vásquez, C., M. de G. Quirós, O. Aponte, D.M.F. Sandoval. 2008. First report of *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) in South America. *Neotropical Entomology* 37(6):739-740.
- Verle, R.J.C. & J.E. Peña. 2012. Chemical control of the red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari:Tenuipalpidae) in banana and coconut. *Experimental and Applied Acarology* 57:317–329.
- Welbourn, C. 2006. Red palm mite *Raoiella indica* (Acari:Tenuipalpidae). Florida Department of Plant Industry Pest Alerts, FDACS, 6. FL.
- Yu, S.J. 2008. The toxicology and biochemistry of insecticides. Taylor & Francis Group, LLC. 276 p.
- Zhang Z.Q., Sanderson J.P. 1990. Relative toxicity of Abamectin to the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) and twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology* 83:1783–1790.

Whalon, M.E., D. Mota-Sánchez, R.M. Hollingworth. 2008. Analysis of Global Pesticide Resistance in Arthropods. *In*: Whalon, M.E., D. Mota-Sánchez, and R.M. Hollingworth (eds.) Global Pesticide Resistance in Arthropods. CAB International. UK. pp. 5-31.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

Efectividad biológica de acaricidas para el control de ácaro rojo *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

PRIMARY SOURCES

1	eprints.uanl.mx Internet	250 words — 5%
2	reunioncientificatabasco.org.mx Internet	170 words — 3%
3	www.scielo.org.mx Internet	94 words — 2%
4	www.gob.mx Internet	89 words — 2%
5	aprenderly.com Internet	62 words — 1%
6	investigacion.uanl.mx Internet	48 words — 1%
7	www.scribd.com Internet	40 words — 1%
8	1library.co Internet	39 words — 1%
9	juanchozapata19.blogspot.com Internet	25 words — < 1%
10	www.researchgate.net Internet	24 words — < 1%
11	kipdf.com Internet	21 words — < 1%
12	lookformedical.com Internet	21 words — < 1%

13	docplayer.es Internet	19 words — < 1%
14	archivos.ujat.mx Internet	14 words — < 1%
15	www.redalyc.org Internet	14 words — < 1%
16	educacionenlinea.colpos.mx Internet	13 words — < 1%
17	www.coursehero.com Internet	13 words — < 1%
18	rsdjournal.org Internet	12 words — < 1%

EXCLUDE QUOTES ON
EXCLUDE BIBLIOGRAPHY ON

EXCLUDE SOURCES OFF
EXCLUDE MATCHES < 12 WORDS

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.