



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO



DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**ACTIVIDAD ACARICIDA DE EXTRACTOS VEGETALES SOBRE EL ÁCARO
ROJO (*Raoiella indica* HIRST) (ACARI: TENUIPALPIDAE)**

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA

LIC. ANDREA CABRERA MANZANO

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DR. RODOLFO OSORIO OSORIO

EN CODIRECCIÓN

DR. JOSAFAT ALBERTO HERNÁNDEZ BECERRA

VILLAHERMOSA, TABASCO, ABRIL DE 2024

Declaración de Autoría y Originalidad

En la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, el día 20 del mes de marzo del año 2024, el que suscribe Lic. Andrea Cabrera Manzano alumna del Programa de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias con número de matrícula 212C26002, adscrita a la División Académica de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autora de la Tesis presentada para la obtención del grado de Maestra en Ciencias Agroalimentarias y titulada “Actividad acaricida de extractos vegetales sobre el ácaro rojo (*Raoiella Indica* Hirst) (Acari: Tenuipalpidae)” dirigida por el Dr. Rodolfo Osorio Osorio, director y el Dr. Josafat Alberto Hernández Becerra, codirector.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita.

Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a 20 de marzo de 2024.



Lic. Andrea Cabrera Manzano



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**Jefatura de
Posgrado**



**2024
Felipe Carrillo
PUERTO**

Villahermosa, Tabasco a 17 de enero de 2024

Of. No. 015 /JP/2024

Asunto: Autorización de impresión de Tesis

MATRÍCULA 212C26002

**MTRA. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFE DEL DEPTO. DE CERTIFICACIÓN
Y TITULACIÓN DE LA U. J. A. T.
P R E S E N T E**

En conformidad con lo establecido en el Artículo 77 fracción III del Reglamento de Titulación de la U. J. A. T., me permito comunicar a Usted que la **Dr. Rodolfo Osorio Osorio (Director)** y el **Dr. Josafat Alberto Hernández Becerra (Codirector)**, dirigieron y supervisaron el Trabajo Recepcional de Tesis denominada "**Actividad acaricida de extractos vegetales sobre el ácaro rojo (Raoiella indica Hirst)**", elaborado por la **C. Andrea Cabrera Manzano** egresada de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias. El jurado para el examen profesional conformado por la **Dra. Angélica Alejandra Ochoa Flores**, **Dr. Cesar Márquez Quiroz**, **Dr. Rodolfo Osorio Osorio**, **M.C. Luis Ulises Hernández Hernández** y el **Dr. Rufo Sánchez Hernández**, revisaron y señalaron las modificaciones pertinentes al trabajo recepcional y que al interesado ha llevado a efecto. Por lo tanto, el trabajo recepcional Tesis de Investigación puede **imprimirse**.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un afectuoso saludo.

ATENTAMENTE

**M. V. Z. JORGE ALFREDO THOMAS TÉLLEZ
DIRECTOR**

**DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN**

c.c.p. M. C. Irma Gallegos Morales – Coordinadora de Investigación y Posgrado de la DACA
Dra. Magally Guadalupe Sánchez Domínguez – Jefa de Posgrado de la DACA
Dr. Aldenamar Cruz Hernández – Coordinador del Programa Maestría en Ciencias Agroalimentarias
Dr. Rodolfo Osorio Osorio – Director de Tesis.
Interesado.
MGSD'aemh

Km 25, Carretera Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Teléfono 993 358 1500 EXT 6607
Correo electrónico: posgrado.daca@ujat.mx

www.ujat.mx

Carta de Cesión de Derechos

Villahermosa, Tabasco a 22 de marzo de 2024

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTORES en la producción, creación y/o realización de la obra denominada "Actividad acaricida de extractos vegetales sobre el ácaro rojo (*Raoiella Indica* Hirst) (Acari: Tenuipalpidae)".

Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES



Lic. Andrea Cabrera Manzano
EGRESADA



Dr. Rodolfo Osorio Osorio
DIRECTOR



Dr. Josafat Alberto Becerra Hernández
CODIRECTOR

TESTIGOS



Dr. Juan Trujillo Murillo



Ing. Ana Lidia Sánchez Cerino

DEDICATORIA

A mi madre Delfina Manzano y mis hermanas (Alondra, Pilar, Magda y Aida) y mi hermano Bruno por su apoyo incondicional, sus consejos, ser la base de mi desarrollo profesional y formar parte de mi vida.

A Juan por su apoyo, comprensión y su compañía en mi recorrido personal y profesional.

Y principalmente a mi hija Ariadne por permitirme su tiempo y espacio para lograr mis metas, especialmente por ser el motor que me impulsa a seguir creciendo como persona.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT), por brindarme la beca de manutención durante todo el periodo de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) por brindar educación y formación académica. A la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), por permitirme realizar mis estudios en la Maestría en Ciencias Agroalimentarias.

A mi director de tesis el Dr. Rodolfo Osorio Osorio y mi codirector Dr. Josafat Alberto Hernández Becerra que durante la maestría me guiaron con su apoyo, sus consejos y conocimientos para lograr mi investigación.

A mi comité sinodal por su dedicación, esfuerzo y sus observaciones para mejorar el trabajo de investigación. A los profesores de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias por su tiempo y conocimientos brindados.

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
2.1. Importancia del cultivo	3
2.2. El ácaro rojo (<i>Raoiella indica</i>)	4
2.2.1. Morfología y taxonomía.....	4
2.2.2. Distribución geográfica.....	5
2.2.3. Biología y hábitos.....	6
2.2.4. Plantas hospedantes	8
2.2.5. Daños.....	9
2.3. Control.....	12
2.3.1. Actividad acaricida de extractos vegetales	13
2.3.1.1. Pimienta (<i>Pimenta dioica</i>).....	14
2.3.1.2. Albahaca (<i>Ocimum basilicum</i>)	16
2.3.1.3. Perejil criollo (<i>Eryngium foetidum</i>)	16
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	18
3.1. Planteamiento del problema.....	18
3.2. Justificación del estudio	19
IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	21
4.1. Objetivo general	21
4.1.1. Objetivos específicos	21
4.2. Hipótesis	21
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22

5.1. Colecta y secado del material vegetal.....	22
5.2. Colecta de especímenes de <i>R. indica</i>	22
5.3. Preparación de los extractos vegetales.....	23
5.4. Evaluación de la actividad acaricida de los extractos vegetales	24
5.5. Determinación de la composición química de los extractos vegetales.....	26
5.5.1. Fenoles solubles totales.....	26
5.5.2. Taninos.....	26
5.5.3. Flavonoides.....	27
5.5. Análisis estadístico de los datos	27
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
6.1. Rendimiento de los extractos vegetales.....	28
6.2. Actividad acaricida de los extractos vegetales	28
6.3. Caracterización de metabolitos secundarios en los extractos vegetales ...	33
VII. CONCLUSIONES	37
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
IX. ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Plantas hospedantes de <i>R. indica</i> de importancia económica.....	9
Cuadro 2. Contenido de fenoles totales, taninos y flavonoides en los extractos etanólicos de hojas de <i>Pimenta dioica</i> , <i>Eryngium foetidum</i> y <i>Ocimum basilicum</i>	35

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución geográfica de <i>R. indica</i> a nivel mundial.	5
Figura 2. Distribución geográfica de <i>R. indica</i> en México.....	6
Figura 3. Ciclo biológico de <i>R. indica</i> . A) Huevos y larvas, B) protoninfas, C) deutoninfas y D) adultos.....	8
Figura 4. Daños de <i>R. indica</i> en banano <i>Musa</i> AAA Cavendish (a-c), plátano <i>Musa</i> AAB Plantain (d-f) y en palma de coco (<i>C. nucifera</i>) (g).....	11
Figura 5. Proceso de preparación de los extractos vegetales.....	24
Figura 6. Proceso de evaluación de la actividad acaricida de los extractos vegetales.....	25
Figura 7. Mortalidad acumulada de <i>R. indica</i> por exposición a extractos vegetales a una concentración del 0.25 %. Las barras con diferentes letras por tiempo de exposición son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).....	29
Figura 8. Mortalidad acumulada de <i>R. indica</i> por exposición a extractos vegetales a una concentración del 0.5 %. Las barras con diferentes letras por tiempo de exposición son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).....	30
Figura 9. Mortalidad acumulada de <i>R. indica</i> por exposición a extractos vegetales a una concentración del 0.75 %. Las barras con diferentes letras por tiempo de exposición son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).....	31

Figura 10. Mortalidad acumulada de *R. indica* por exposición a extractos vegetales a una concentración del 1 %. Las barras con diferentes letras por tiempo de exposición son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$)..... 32

Figura 11. Análisis de correspondencia entre las especies de plantas (PD: *Pimenta dioica*; OB: *Ocimum basilicum*; EF: *Eryngium foetidum*) y el contenido de taninos, fenoles y flavonoides en los extractos vegetales..... 34

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

RESUMEN

El ácaro rojo de la palma, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), es una plaga en cultivos de importancia económica, tales como palma de coco (*Cocos nucifera* L.), plátanos y bananos (*Musa* spp.) y varias especies de plantas ornamentales. El control de *R. indica* se fundamenta en la aplicación de acaricidas organosintéticos, lo cual representa un riesgo para los trabajadores de campo, el surgimiento de poblaciones de ácaros resistentes y la contaminación ambiental. La utilización de extractos de plantas con metabolitos secundarios derivados de plantas nativas representa una estrategia prometedora para el control de plagas. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad acaricida de extractos etanólicos de las hojas de pimienta *Pimenta dioica* (L.) Merr. (Myrtaceae), albahaca *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae) y perejil criollo *Eryngium foetidum* L. (Apiaceae) contra *R. indica* en condiciones de laboratorio. Los extractos se obtuvieron mediante la extracción asistida por ultrasonificación, usando como solvente alcohol etílico absoluto. La actividad acaricida se evaluó mediante la exposición de grupos de ácaros hembras de *R. indica*, a porciones de folíolos de palma de coco impregnados con extractos etanólicos al 0.25, 0.50, 0.75 o 1 % (v/v). La mortalidad se evaluó a las 24, 48 y 72 h después de la exposición. Las tasas de mortalidad más altas de *R. indica* fue encontrada en extractos al 1 %, a las 72 h de exposición; 92 % por *P. dioica*, 81 % por *E. foetidum* y 77 % por *O. basilicum*. Estos extractos vegetales son promisorios para el control químico del ácaro rojo *R. indica*, en sustitución de los acaricidas organosintéticos.

Palabras claves: Extractos etanólicos, Bioensayos, Metabolitos secundarios.

ABSTRACT

The red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), is a pest of economically important crops, like coconut palm (*Cocos nucifera* L.), plantains and bananas (*Musa* spp.), and certain ornamental plant species. Controlling *R. indica* typically involves the use of organosynthetic acaricides, which represents a risk for field workers, the emergence of resistant mite populations, and environmental contamination. The utilization of plant extracts with secondary metabolites derived from native plants presents a promising pest control strategy. Therefore, the aim of this research was to evaluate the acaricidal activity of ethanolic extracts from the leaves of myrtle pepper *Pimenta dioica* (L.) Merr. (Myrtaceae), basil *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae), Mexican coriander *Eryngium foetidum* L. (Apiaceae) against *R. indica* under laboratory conditions. The extracts were obtained by ultrasonication-assisted extraction, using absolute ethyl alcohol as a solvent. The acaricidal activity was evaluated by exposing groups of female *R. indica* mites to portions of coconut palm leaflets impregnated with ethanolic extracts at 0.25, 0.50, 0.75 or 1% (v/v). Mortality was assessed at 24, 48, and 72 h after exposure. The highest mortality rates of *R. indica* were found in 1 % extracts, at 72 h of exposure: 92 % by *P. dioica*, 81 % by *E. foetidum* and 77 % by *O. basilicum*. These plant extracts hold promise for the chemical management of this pest, as a replacement for organosystemic acaricides.

Keywords: Ethanolic extracts, Bioassays, Secondary metabolites.

I. INTRODUCCIÓN

El ácaro rojo de las palmas (*R. indica*) es una de las especies de ácaros fitófagos más importantes del mundo. Es una especie polífaga que ataca a varias especies de plantas cultivadas (Carrillo et al., 2012), y tiene una amplia distribución geográfica en el mundo (Kane et al. 2012; Mesa et al., 2009; Beard et al., 2018). Esta especie forma colonias en el envés de las hojas, donde se alimenta a través de los estomas dañando las células del mesófilo, lo que provoca el amarillamiento progresivo de los folíolos que puede llegar hasta una necrosis foliar afectando los procesos de respiración y fotosíntesis de la planta (Rabelo et al., 2019; Rodrigues et al., 2020). Los daños económicos más importantes ocurren en palma de coco (*C. nucifera*) (Rabelo et al., 2019).

Raoiella indica fue identificada por primera vez en la India en palma de coco (*C. nucifera*) (Hirst, 1924). En los últimos 10 años se ha dispersado ampliamente en el continente Americano (Kane et al., 2012). La aparición de esta especie en México ocurrió en el año 2009 en el estado de Quintana Roo (Correa-Méndez et al., 2018; Melo et al., 2018). En la temporada más cálida del año, las poblaciones y los daños de esta plaga aumentan de forma significativa (Polanco-Arjona et al., 2017).

En México, en el año de 2010, el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) implementó la campaña de “ácaro rojo de las palmas” cuyo objetivo fue evitar daños económicos del ácaro rojo en los cultivos de importancia económica, tales como la palma de coco, plátanos y bananos (SENASICA, 2014). El control de *R. indica* se ha basado principalmente en la eliminación de focos de infestación mediante la aplicación de acaricidas organosintéticos. Sin embargo, este tipo de control representa riesgos para los trabajadores agrícolas, el surgimiento de poblaciones de ácaros resistentes y la contaminación ambiental (Palomares-Pérez et al., 2021).

Una de las prácticas con gran potencial para el control de plagas es el uso de plantas nativas y sus metabolitos secundarios. Las plantas se pueden usar como barreras

biológicas en el entorno del cultivo o como residuos incorporados dentro del cultivo. Así mismo, de las plantas se pueden obtener extractos vegetales con metabolitos secundarios tóxicos o disuasivos a plagas (Pino et al., 2013). Los extractos vegetales se conforman de varios compuestos bioactivos con diferentes modos de acción; por lo tanto, las plagas son menos propensas a generar resistencia (Lengai et al., 2020). Además, son compuestos biodegradables, poco tóxicos para los organismos “no blanco” (depredadores y polinizadores, entre otros) y económicos (Lengai et al., 2020). Por lo tanto, podrían emplearse en sustitución, o al menos como complemento al uso de plaguicidas organosintéticos cuyo precio, disponibilidad y tecnología de aplicación están fuera del alcance de los agricultores de bajos recursos (Abdullahi et al., 2019).

La realización de la presente investigación pretende aportar una alternativa de control del ácaro rojo *R. indica* en beneficio de los productores de palma de coco y la sociedad en general. Se establecen las bases de una opción ecológica y económicamente viable para prescindir o al menos reducir el uso de acaricidas organosintéticos en la región coprera de Tabasco. Además, el uso de extractos vegetales contribuirá a una producción de cosechas más limpias y un medio ambiente en general libre de residuos de acaricidas organosintéticos.

II. ANTECEDENTES

2.1. Importancia del cultivo

La palma de coco (*C. nucifera*) es la especie de palma más importante de los trópicos húmedos, siendo cultivada en más de 86 países, los cuales comparten similitudes en sus características geográficas y climatológicas (Lagunes, 2020). En el mundo, se cultivan alrededor de 11.6 millones de hectáreas de palma de coco con una producción de 61.5 millones de toneladas, que representa un valor de 11.2 mil millones de USD\$, donde los principales países productores son Filipinas, India e Indonesia. México ocupa el octavo lugar a nivel mundial en la producción de copra (FAOSTAT, 2023).

La producción nacional de coco y copra en 2020 fue de 474.14 mil toneladas, 16.9 % más que la producción promedio de los últimos 10 años (SADER, 2022). En 2021, México tuvo una superficie sembrada de 128.3 mil hectáreas con una producción de 243.3 mil toneladas de copra y una derrama económica de 2 mil millones de pesos. Se cultiva en alrededor de 11 entidades federativas y los principales estados productores son: Guerrero, Colima y Tabasco. Estas entidades contribuyen con alrededor del 92.6 % de la producción nacional; cada estado representa el 79.7 %, 8.6 % y 4.3 %, respectivamente (SIAP, 2023).

En México, el cultivo de palma de coco se considera de gran importancia debido al número de productores e industrias que dependen de ella; el principal producto industrial que se obtiene de este cultivo es el aceite de coco (Lagunes, 2020). Existen más de 100 productos que se elaboran a partir de la palma de coco, los cuales varían desde simples utensilios de uso local, hasta productos de alto valor agregado. Los productos o subproductos comerciales más importantes son la copra, el aceite de coco y sus derivados (productos de higiene, limpieza, farmacéuticos, alimentos y cosméticos), el coco deshidratado, la leche de coco, la fibra del fruto y el carbón de la concha, entre otros productos (Granados y López, 2022).

2.2. El ácaro rojo (*Raoiella indica*)

El ácaro rojo de las palmas (*R. indica*) se registró por primera vez en 1924 en la India, infestando foliolos de palma de coco (*C. nucifera*) (Hirst, 1924). En los últimos 10 años se ha catalogado como una especie invasora de la región neotropical del mundo, ya que causa severas afectaciones en cultivos de interés económico como palma de coco y plátano, así como en varias especies de plantas ornamentales (Rodríguez et al., 2007). *R. indica* es clasificada como una plaga de importancia cuarentenaria por la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria (SENASICA, 2018). En México, todos los cultivares comerciales de palma de coco son igualmente susceptibles al ácaro rojo (Polanco-Arjona et al., 2017).

2.2.1. Morfología y taxonomía

Los ácaros son artrópodos que se caracterizan por tener dos tagmas: gnathosoma e idiosoma. El gnathosoma consta de un par de quelíceros, que son las partes bucales y un par de pedipalpos (o palpos). El idiosoma es el resto del cuerpo y es donde se localizan las patas (Krantz y Walter, 2009). Los ácaros adultos y las ninfas comúnmente tienen cuatro pares de patas, mientras que en estado larval poseen tres pares de patas.

De acuerdo con Beard et al. (2018) la taxonomía del ácaro rojo de las palmas corresponde a:

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Arachnida

Orden: Trombidiformes

Familia: Tenuipalpidae

Género: *Raoiella* Hirst, 1924

Especie: *Raoiella indica* Hirst, 1924

2.2.2. Distribución geográfica

La presencia del ácaro rojo se ha registrado en prácticamente todo el mundo (Figura 1). A nivel mundial se encuentra en la región oeste y sureste de Asia, África, el Mediterráneo, el Caribe y América (Beard et al., 2018). *R. indica* invadió el occidente, apareciendo por primera vez en la isla caribeña de Martinica y expandiéndose por las islas vecinas como Santa Lucía, Dominicana, Puerto Rico, Isla Culebra y Cuba. Este ácaro fue descubierto en Florida EUA en 2007 y en ese mismo año se registró su presencia en Venezuela, más adelante se reportó en 2009 en Isla Mujeres y Cancún en México y en 2011 en Brasil (Carrillo et al., 2012).

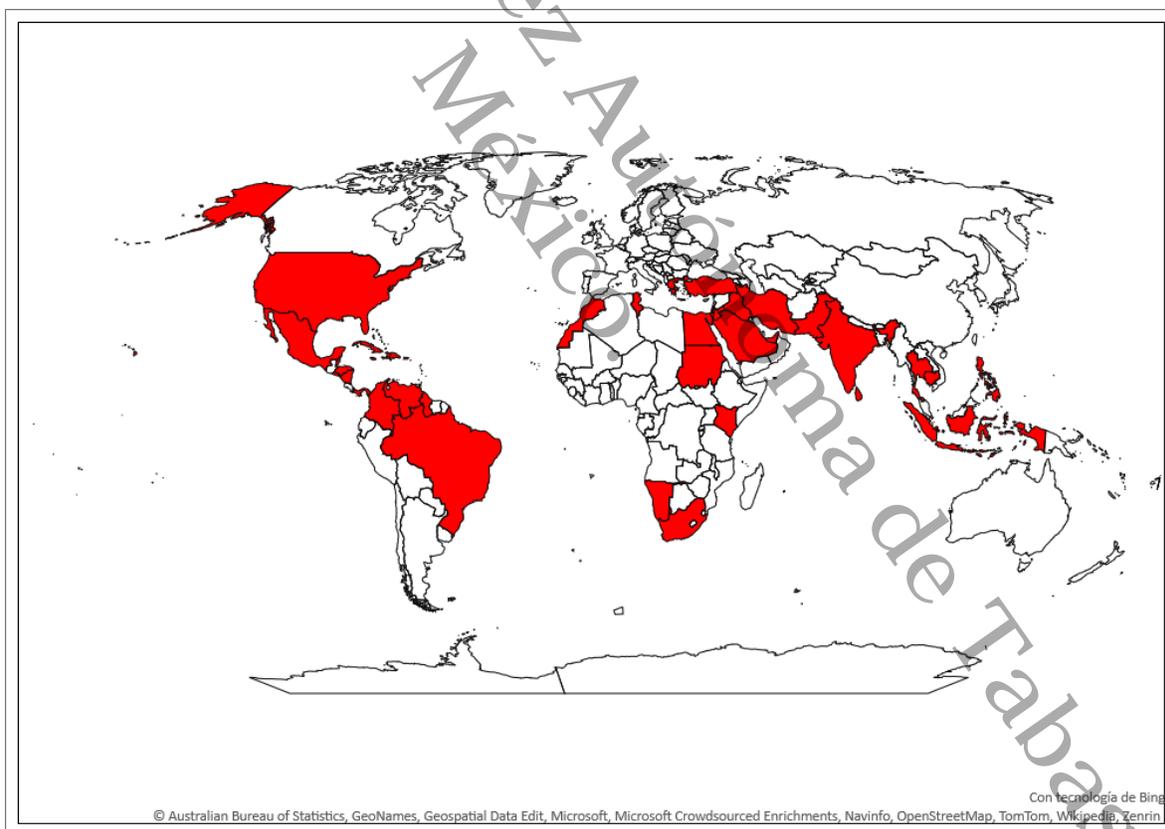


Figura 1. Distribución geográfica de *R. indica* a nivel mundial.

En México, se encuentra en las zonas costeras (Figura 2) de los estados de Quintana Roo, Yucatán, Tabasco, Campeche, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Nayarit, Guerrero, Baja California Sur y Sinaloa (SENASICA, 2014).

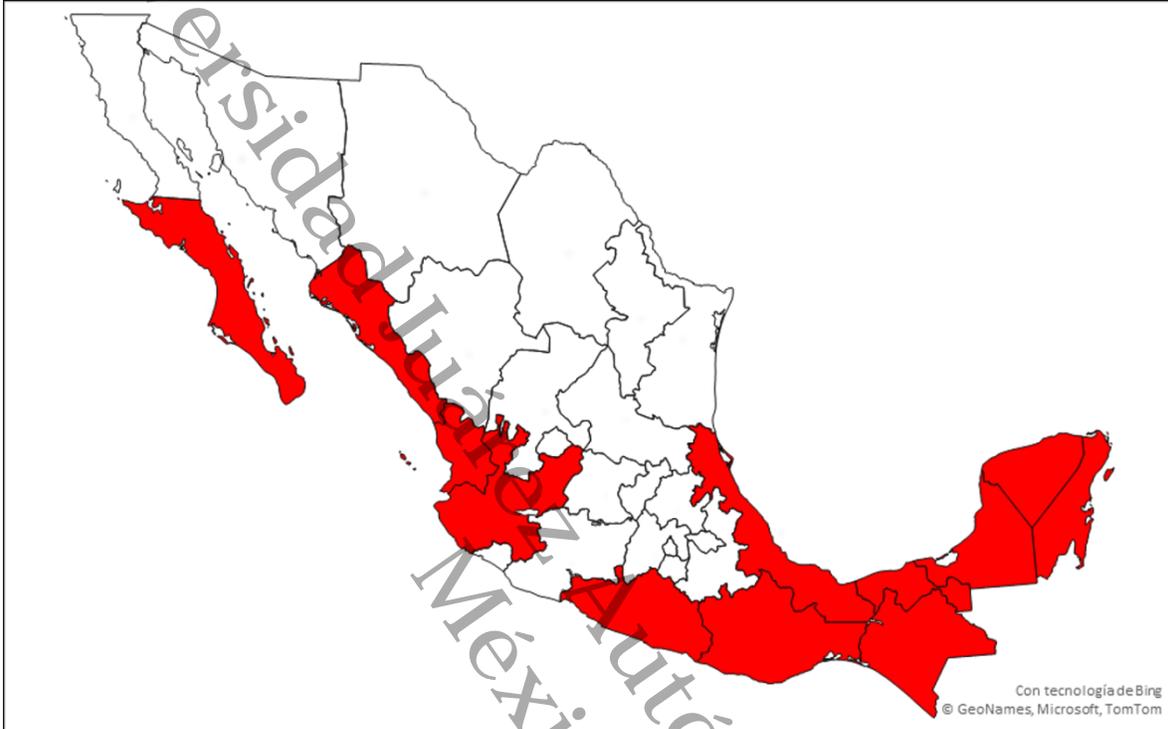


Figura 2. Distribución geográfica de *R. indica* en México.

En el estado de Tabasco, se encuentra en los municipios de Paraíso, Comalcalco, Centla, Cárdenas, Jalpa de Méndez, Centro, Cunduacán, Nacajuca y Huimanguillo (SENASICA, 2014).

2.2.3. Biología y hábitos

El ácaro rojo de las palmas tiene cuatro fases de desarrollo (Figura 3) (SENASICA, 2014; Barrios y Bustillos, 2016): huevo, larva, ninfa (con dos estadios, protoninfa y deutoninfa) y adulto (Flores et al., 2010; Barrios y Bustillos, 2016). El ciclo de desarrollo de huevo a adulto comprende de 23 a 28 días para las hembras y de 20 a 22 días para los machos, aunque estos valores pueden variar dependiendo de las condiciones ambientales (Rodríguez et al., 2007). Las condiciones climáticas tales

como la temperatura, la humedad relativa y la precipitación son factores abióticos que pueden llegar a influir en el desarrollo de *R. indica*. Las poblaciones de ácaros aumentan en temporadas de climas cálidos y baja humedad relativa; mientras que en periodos de lluvias las poblaciones disminuyen (Polanco-Arjona et al., 2017).

El huevo es adherido a la superficie abaxial de la hoja, es de color rojizo o anaranjado. Cuando están próximos a la eclosión, los huevos adquieren una coloración blanco opaca, el cuerpo es ovalado con capacidad motriz reducida y presenta en el extremo libre una estructura fina en forma de pelo o filamento, más largo que el propio huevo (Rodríguez et al., 2007; Flores et al., 2010). A partir del huevo el cambio de fase está determinado por la presencia de la exuvia (Flores et al., 2010).

Las larvas son rojizas y pueden desarrollar unas manchas negruzcas en la parte dorsal posterior del cuerpo. El cuerpo puede medir de 120 a 160 μm de largo y de 100 a 120 μm de ancho, tiene una forma ovalada y poseen tres pares de patas y sus movimientos son lentos (Rodríguez et al., 2007).

Las ninfas tienen dos estadios: La protoninfa, es de color rojizo, son de mayor tamaño que las larvas, con 180 a 200 μm de largo y 130 a 140 μm de ancho, y emerge de la exuvia con cuatro pares de patas. La deutoninfa, la cual se parece a la fase anterior, es de mayor tamaño miden de 240 a 250 μm de largo por 160 a 170 μm de ancho (Rodríguez et al., 2007).

En el estado de adulto, las hembras de *R. indica* son de color rojizo con manchas oscuras sobre la parte dorsal del cuerpo, miden de 250 a 320 μm de largo por 190 a 290 μm de ancho y siendo de forma ovalada. Los machos en cambio son de menor tamaño, su cuerpo puede medir de 220 a 230 μm de largo por 140 a 150 μm de ancho, son más activos que las hembras y presentan un aedeagus largo y afilado (Rodríguez et al., 2007).

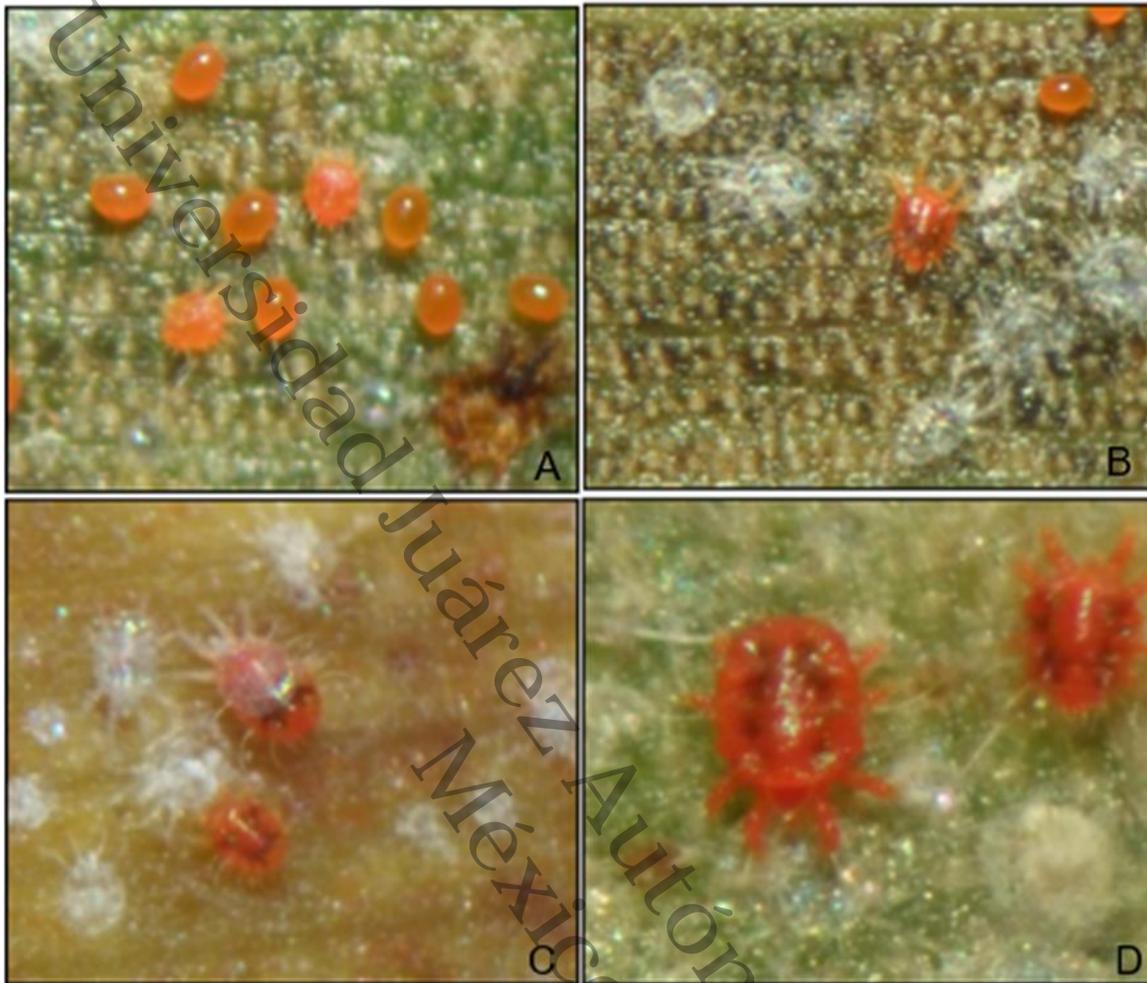


Figura 3. Ciclo biológico de *R. indica*. A) Huevos y larvas, B) protoninfas, C) deutoninfas y D) adultos.

2.2.4. Plantas hospedantes

Se ha registrado un total de 91 especies de plantas hospedantes de *R. indica* (Cuadro 1), las cuales son monocotiledóneas de las órdenes Arecales (Arecaceae), Zingiberales (Heliconiaceae, Musaceae, Strelitziaceae, Zingiberaceae) y Pandanales (Pandanaceae) (Carrillo et al., 2012). La mayoría son de la familia Arecaceae, y dentro de las especies de importancia económica se encuentran palmas, plátanos y bananos (Carrillo et al., 2012).

Cuadro 1. Plantas hospedantes de *R. indica* de importancia económica

Familia	Especie
Arecaceae	<i>Areca catechu</i> L.
	<i>Areca</i> sp.
	<i>Cocos nucifera</i> L.
	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.
	<i>Phoenix dactylifera</i> L.
	<i>Roystonea regia</i> (Kunth) O. F. Cook
	<i>Washingtonia robusta</i> H. Wendl.
	<i>Chamaedorea</i> sp.
	<i>Thrinax radiata</i> Lodd. ex Schult. & Schult.
	Heliconiaceae
<i>Heliconia caribaea</i> Lam.	
<i>Heliconia psittacorum</i> Sassy	
<i>Heliconia rostrata</i> Ruiz y Pavón	
<i>Heliconia</i> sp.	
Musaceae	<i>Musa acuminata</i> Colla
	<i>Musa balbisiana</i> Colla
	<i>Musa comiculata</i> Rumph.
	<i>Musa</i> sp.
	<i>Musa uranoscopus</i> Lour.
	<i>Musa paradisiaca</i> L.

Las plantas de importancia económica en el trópico húmedo de México son de la familia Arecaceae y Musaceae, en ellas se encuentra *C. nucifera*, el huésped favorito de *R. indica*, así como el banano enano gigante (*Musa* AAA Cavendish), el plátano macho (*Musa* AAB Plantain) y el plátano datil (*Musa* AA Sucrier) (Polanco-Arjona et al., 2017).

2.2.5. Daños

Las afectaciones generadas por el ácaro rojo sobre las plantas hospederas son diversas. Pueden ir desde daños leves que afecten la coloración de las hojas, hasta generar la muerte de la planta (Morales, 2017). El ácaro rojo se alimenta a través de los estomas de la planta huésped, lo cual interfiere en el proceso de fotosíntesis

y la respiración de la planta (Ochoa et al., 2011). En palmas de coco, los daños más evidentes se observan en las hojas viejas (tercio inferior del dosel de la planta), las cuales se tornan amarillas, con el tiempo se necrosan y pueden llegar a secarse por completo (Rodríguez et al., 2007). Las plantas jóvenes de palmas de coco también son severamente dañadas por el ácaro rojo, distinguiéndose mejor en las hojas verdes, donde forman sus colonias en el envés de las hojas y en éstas pueden aparecer puntos amarillos esparcidos sobre ambas superficies hasta provocar una fuerte coloración amarilla y necrosis generalizada en todos los folíolos de la hoja (Morales, 2017).

En las plantas adultas de *C. nucifera*, los daños más importantes se presentan en las hojas maduras, que se vuelven amarillentas, y después se secan por completo, reduciendo así la tasa fotosintética, provoca el aborto de las flores, y la disminución del peso de la copra de los frutos (Hoy et al., 2006, Palomares-Pérez et al., 2021).

El daño causado por *R. indica* en las plantas de *Musa* spp. va de moderado a bajo; en banano (*Musa AAA Cavendish*) se muestran manchas cloróticas y rojizas en la parte abaxial de la hoja, donde se encuentran las colonias de ácaros. En plantas de plátano se presentan manchas cloróticas, pero son más pequeñas y separadas. En *C. nucifera*, al inicio de la infestación aparecen pequeñas manchas de color amarillo pálido y rojas, posteriormente se hacen más grandes y se tornan de color marrón cobrizo hasta secarse progresivamente desde el ápice hasta el raquis de las hojas (Figura 4) (Polanco-Arjona et al., 2017).



Figura 4. Daños de *R. indica* en banano *Musa* AAA Cavendish (a-c), plátano *Musa* AAB Plantain (d-f) y en palma de coco (*C. nucifera*) (g).

2.3. Control

El control del ácaro rojo se basa principalmente en el uso de productos acaricidas, no obstante, debido a los efectos adversos que estos ocasionan al medio ambiente, se ha optado en la búsqueda de métodos alternativos. Una alternativa al control químico es el control biológico, a través de la utilización de enemigos naturales (Mendoza et al., 2005). De acuerdo con Morales (2017) los hongos entomopatógenos y ácaros depredadores con mayor tamaño son los principales enemigos naturales de los ácaros fitófagos, disminuyendo su desarrollo y crecimiento poblacional. Otra alternativa apunta a la utilización de extractos vegetales que funjan como acaricidas para el control del ácaro rojo (Ruíz-Jiménez et al., 2021).

De acuerdo con la Campaña Fitosanitaria “Ácaro rojo de las palmas” implementada por SENASICA (2014) los tipos de control utilizados para disminuir la presencia del ácaro rojo en México son los siguientes:

Control químico. Es el método más utilizado en México para disminuir y evitar la dispersión del ácaro rojo de las palmas, mediante la aplicación periódica de acaricidas organosintéticos. Los productos con mejor efectividad para el control de *R. indica* son: abamectina, spiridiclofen y azufre, mismos que cuentan con la autorización por parte de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) para ser utilizados contra *R. indica* (SENASICA, 2014). El esquema de aplicación es el siguiente: se procederá a realizar la aplicación foliar de un acaricida que haya demostrado efectividad biológica contra *R. indica* y que cuente con registro ante la COFEPRIS, a los 30 y 60 días después de la primera aplicación se repetirá el tratamiento químico, cuidando que cada aspersion se efectúe con ingredientes activos de diferente modo de acción, si la plaga continua se realizarán aplicaciones mensuales de acaricida hasta que se elimine completamente (SENASICA, 2018).

Control biológico. Se deberán preservar los insectos y ácaros de las familias Coccinellidae, Chrysopidae y Phytoseiidae. Es decir, cuidar la actividad

depredadora del coccinélido *Stethorus keralicus* Kapus (Coleoptera: Coccinellidae) y de los ácaros *Amblyseius channabasavanni* Gupta y *A. largoensis* Muma (Acari: Phytoseiidae) que se encuentran de forma natural en las plantaciones de palma de coco (SENASICA, 2017). Hasta ahora este método de control no se ha implementado de forma comercial, y además realizar aplicaciones de acaricidas organosintéticos también destruye a estos enemigos naturales de *R. indica*.

Cultural. Este método se lleva a cabo mediante la eliminación del material vegetativo infestado con podas sanitarias, se separan las hojas basales de la planta infestada, mismas que deben quemarse, enterrarse o moverse con el propósito de disminuir el riesgo de dispersión de la plaga (SENASICA, 2018)

2.3.1. Actividad acaricida de extractos vegetales

La metodología de extracción es la forma más común de obtener compuestos químicos o metabolitos secundarios de las plantas. Estos extractos se pueden utilizar en la agricultura como fungicidas, acaricidas, aficidas, repelentes y estimulantes debido a su bajo riesgo y menor efecto nocivo para el humano; su uso es frecuente en la agricultura ecológica (Castresana y Puhl, 2018; Vargas et al., 2021). De acuerdo con SENASICA (2017), el uso de productos a base de extractos vegetales deberá ser una opción para recomendar a los productores siempre y cuando hayan demostrado su eficacia como producto acaricida.

Los extractos vegetales presentan actividad plaguicida debido al contenido de fenoles, flavonoides y taninos, entre otros; ya que poseen varias funciones que ayudan a las plantas a defenderse de aquellos organismos herbívoros. La presencia de fenoles como carvacrol, eugenol, linalool, metileugenol, 1,8 cineol y en forma de monoterpenos en su composición química, tienen antecedentes de acción acaricida (Batish et al., 2008; Pupiro-Martínez et al., 2018; Velázquez, 2020). Los flavonoides son capaces de funcionar como agentes de antialimentación, como reductores de la digestibilidad del alimento o como toxinas, algunos de ellos como; cirsimarina, taxifolina, retusin, isoquercitrina y epicatequina han demostrado tener la capacidad de funcionar como plaguicidas (Fernández et al., 2016; Velázquez, 2020). Los

taninos a altas concentraciones son considerados antinutricionales, debido a que forman complejos insolubles con proteínas, carbohidratos y otros polímeros, provocando una disminución de la digestión (Cabrera-Carrión, 2017). La presencia y abundancia de fenoles, taninos, flavonoides, entre otros compuestos en extractos vegetales pueden provocar actividad biológica en plagas (González-López et al., 2019)

Varios trabajos de investigación muestran una prometedora capacidad acaricida de los extractos vegetales aplicados contra el ácaro rojo (*R. indica*). Por ejemplo, Pino et al. (2011) realizaron un estudio de toxicidad del aceite esencial de *Melaleuca quinquenervia* sobre *R. indica*, los resultados obtenidos indican que el aceite provoca el 100 % de mortalidad sobre el ácaro rojo a una concentración del 2.5 % a las 24 h de exposición por el método de aspersión en condiciones de laboratorio. En otro estudio realizado por Fernández et al. (2016) encontraron que el extracto etanólico de hojas de *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. (Poaceae) provocó una mortalidad de 92.5 % sobre *R. indica* con una concentración de 7.5 %, y que concentraciones menores (2.5 y 5 %) también ocasionaron una mortalidad superior al 80 %. En otro caso, el extracto etanólico de *Chrysanthemum cinerariifolium* (Trevir.) Sch. Bip. (Asteraceae) al 1 % provocó una mortalidad del 80.8 % sobre adultos de *R. indica* a las 48 h de exposición. Finalmente, en un trabajo reciente de Ruíz-Jiménez et al. (2021), encontraron que la actividad acaricida de extractos vegetales de *Lipia berlandieri* Schauer (Verbenaceae), *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) y *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng. (Lamiaceae) sobre *R. indica*, cuya concentración fue del 1 % y a 72 h de exposición, causaron mortalidades promedio de 100 %, 90 % y 78 %, respectivamente.

2.3.1.1. Pimienta (*Pimenta dioica*)

La pimienta es una especie que pertenece a la familia Myrtaceae. Es un árbol que posee un sabor aromático, una mezcla de aromas de especias como el clavo, la nuez moscada y la canela, y es una especia importante por sus cualidades tanto culinarias como medicinales (Rao et al., 2012). Además de otras propiedades, tiene

la propiedad de funcionar como plaguicida; como lo demuestra el trabajo de Pupiro-Martínez et al. (2018), donde el aceite esencial de *P. dioica* a una concentración del 1 % causó una mortalidad mayor al 90 % a las 48 y 72 h de exposición sobre el ácaro *Tetranychus tumidus* Banks. Los bioensayos se realizaron por el método de microinmersión en condiciones de laboratorio, a 22.3 ± 2.9 °C de temperatura y 69.4 ± 10.5 % de humedad relativa. En otro estudio realizado, Aguilar et al. (2019) encontraron que el extracto etanólico de *P. dioica* por aspersion tiene actividad insecticida sobre la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* y provoca una mortalidad del 32.5 % a la 24 h exposición y un porcentaje de inhibición de oviposición del 65.8 %.

La efectividad acaricida de los extractos vegetales se debe a la presencia de los metabolitos secundarios en las plantas, por ello algunos autores se han dedicado a la investigación de éstos. En un trabajo realizado por Velázquez (2020), se encontraron los siguientes compuestos químicos en extractos etanólicos de *P. dioica* identificados por cromatografía de gases/espectrometría de masas (CG/EM) fueron monoterpenos (66 %) y sesquiterpenos (26 %), entre otros grupos funcionales (7 %); mientras que en la cromatografía de líquidos de alta resolución/espectrometría de masas (HPLC/EM) fueron flavonoides (36 %), ácidos orgánicos (25 %), alcaloides (8 %), fenoles monoterpenoides (6 %) y compuestos de diversos grupos funcionales (25 %).

Madruga (2020) presenta la caracterización química de aceites esenciales de *P. dioica* obtenida por cromatografía de gases/espectrometría de masas. Los principales compuestos químicos encontrados en mayor cantidad en el aceite de *P. dioica* fueron; eugenol, metoxieugenol, cariofileno, 3-alil-2-metoxifenol, 1,8-cineol y α -cadinol. El análisis cromatográfico se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 6890 GC System, acoplado con un espectrómetro de masa Agilent 5973 equipado con una columna capilar HP 5 (25 m x 0.25 mm) con 0.33 μ m de espesor.

2.3.1.2. Albahaca (*Ocimum basilicum*)

La albahaca es una planta herbácea, perenne que pertenece a la familia Lamiaceae. Tiene varios usos debido a los metabolitos que presenta; los extractos de aceites esenciales de *O. basilicum* se utilizan como productos alimenticios, como fragancias comerciales, saborizantes y para mejorar la vida útil de los productos alimenticios (Balakrishnan et al., 2018). En un estudio realizado por Yáñez et al. (2014) demostraron que el aceite esencial de *O. basilicum* obtenido por destilación por arrastre de vapor, ocasionó una mortalidad de 94 % y 100 % contra el ácaro *Tetranychus urticae* a una concentración de 1.6 % a las 24 y 48 h, respectivamente. La actividad acaricida se evaluó por contacto y en un invernadero con temperatura entre 20-35 °C y la humedad de 50-80 %. En otro trabajo, Rivas et al. (2015) presentaron la caracterización del aceite esencial de *O. basilicum* extraído por hidrodestilación de las hojas, usando como solvente agua y hexano, determinada por medio de Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas (CG-EM) y se identificaron compuestos químicos como isoestragol, humuleno, eucaliptol, β -linalol, cis- β -ocimeno y alcanfor.

2.3.1.3. Perejil criollo (*Eryngium foetidum*)

El perejil criollo o culantro es una hierba bienal que pertenece a la familia Apiaceae. La planta ha demostrado actividad antihelmíntica, antiinflamatoria, actividad anticonvulsiva y actividad antibacteriana contra especies de *Salmonella* y *Erwinia*. El aceite esencial es eficaz contra tripanosomas parásitos, nematodos, hongos y bacterias en humanos y otros mamíferos (Paul et al., 2011).

La composición química del aceite esencial de las hojas de *E. foetidum* tiene un alto porcentaje de aldehídos alifáticos (E-2-dodecenal, 5-dodeceno, tetradecanal, tetradecenal) y aromáticos (2,4,6-trimetilbenzaldehído, 3,4,5-trimetilfenol). El aceite fue obtenido por destilación de hojas y tallos usando agua como solvente y analizado en un cromatógrafo Agilent Technologies 7890^a Network GC acoplado a un detector selectivo de masas (MSD) Agilent Technologies 5975 inert GC MS

system, equipado con un puerto de inyección split/splitless (230 °C, relación de split 20:1) (Jaramillo et al., 2011).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

3.1. Planteamiento del problema

La palma de coco (*C. nucifera*) es el principal huésped de *R. indica* (Carrillo et al., 2012). *R. indica* introduce sus quelíceros en los estomas de las hojas de palma de coco para alimentarse del contenido celular del mesófilo, esto provoca daños en el crecimiento y desarrollo de la planta; el mayor daño es en la fase de vivero, provocando la muerte de las plantas (Palomares-Pérez et al., 2021). Las plantas jóvenes también son afectadas por el ácaro rojo, el daño se observa mejor en las hojas verdes, en el envés de las hojas se presentan puntos amarillos esparcidos o una fuerte coloración amarilla y necrosis generalizada en toda la hoja (Morales, 2017). En plantas adultas, los daños son más evidentes en las hojas viejas, que se vuelven amarillentas y pueden secarse por completo, afectando la tasa fotosintética y respiración de la planta, provocando el aborto de las flores y el rendimiento de copra (Rodríguez et al., 2007; Palomares-Pérez et al., 2021).

El control de *R. indica* se basa principalmente en el uso de acaricidas organosintéticos (Palomares-Pérez et al., 2021). La aplicación intensiva de acaricidas organosintéticos para el control de esta plaga, lejos de resolver la problemática, ocasiona el desarrollo de resistencia de plagas a los plaguicidas (Whalon et al., 2008; Van Leeuwen et al., 2015). Además, con la prohibición o restricción reciente de muchos acaricidas organosintéticos en los estándares de producción agrícola (Fair Trade, 2020), el manejo fitosanitario enfrenta el desafío de la búsqueda de prácticas agroecológicas que garanticen sistemas de producción más resilientes y sostenibles (Valentín-Pérez et al., 2018), que no ocasionen daños al medio ambiente (Pupiro-Martínez et al., 2018) y problemas a la salud humana (Trujillo et al., 2019).

3.2. Justificación del estudio

El ácaro rojo ataca a varias especies de importancia económica en México, principalmente a los cultivos de las zonas tropicales como la palma de coco, heliconias, plátanos y bananos (Carrillo et al., 2012). La superficie sembrada de *C. nucifera* para fruto y copra asciende a 142,784 ha con una producción de 469,910 ton que representa un ingreso de 2,990 millones de pesos (SIAP, 2023). La superficie sembrada de plátanos y bananos (*Musa spp.*) en México es de 85,641 ha con una producción de 2,593,024 ton que tiene un valor de 10, 547 millones de pesos (SIAP, 2023).

El control de *R. indica* en México se basa en la campaña implementada por el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, basado principalmente en la aplicación periódica de acaricidas en conjunto con el control cultural donde se realizan podas sanitarias (SENASICA, 2014). En la búsqueda de alternativas de control, el interés por las plantas como fuente de metabolitos secundarios bioactivos con propiedades tóxicas o disuasivas para las plagas se ha incrementado (Pino et al., 2013). Los metabolitos bioactivos incluyen compuestos alcaloides, esteroides, fenólicos, flavonoides y terpenos (Bourgaud et al., 2001; Tiwari y Rana, 2015). A partir de estos compuestos se desarrollan productos ecológicos, biorracionales o botánicos, considerados como de “menor riesgo” para la salud humana y el medio ambiente, comparado con los plaguicidas organosintéticos (Koul, 2016). La demanda de los productos botánicos para el control insectos y ácaros es cada vez mayor (Koul, 2016).

Los extractos vegetales son una alternativa de una agricultura sostenible para el control de plagas y enfermedades, debido a su efectividad, bajo costo y no contaminar el medio ambiente (Celis et al., 2009). Otro de los principales beneficios de utilizar extractos vegetales como plaguicidas es la poca capacidad que tienen las plagas para generar resistencia frente a este tipo de compuestos. La presencia simultánea de varios compuestos bioactivos con propiedades plaguicidas en los

extractos hace que las plagas tarden más en crear resistencia a una mezcla que a los componentes usados por separado (Silva et al., 2002)

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

IV. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

4.1. Objetivo general

Determinar la actividad acaricida de extractos de hojas de pimienta (*P. dioica*), albahaca (*O. basilicum*) y perejil criollo (*E. foetidum*) contra *R. indica* bajo condiciones de laboratorio.

4.1.1. Objetivos específicos

- Obtener los extractos etanólicos de las hojas de *P. dioica*, *O. basilicum* y *E. foetidum*.
- Medir la mortalidad de *R. indica* a diferentes concentraciones de los extractos vegetales.
- Analizar estadísticamente las tasas de mortalidad de *R. indica* entre extractos a diferentes concentraciones.

4.2. Hipótesis

Los extractos de hojas de *P. dioica*, *O. basilicum* y *E. foetidum* en concentraciones de 0.25 al 1 %, presentan una efectividad acaricida de más del 70 % contra adultos del ácaro rojo *R. indica*.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Colecta y secado del material vegetal

El material vegetal se colectó en el municipio de Comalcalco, Tabasco, México. La pimienta (*P. dioica*) y la albahaca (*O. basilicum*) en la Ranchería Sur 5.^a sección (18° 11' 09.6" N, 93° 14' 12.1" O, 19 msnm) y el perejil criollo (*E. foetidum*) en la Ranchería Cupilco (18° 14' 16.8" N, 93° 07' 31.1" O, 6 msnm). Las hojas colectadas estaban libres del daño de plagas y enfermedades. Se colocaron en bolsas de polietileno y fueron trasladados al laboratorio de Servicios Especiales de la Universidad Tecnológica de Tabasco. Las hojas se lavaron y se secaron a temperatura ambiente con la ayuda de un deshumidificador durante 10 días y se mantuvieron alejadas de la luz. Las hojas secas se molieron en una licuadora. El material molido se pasó a través de un tamiz de 8 pulgadas de malla No. 40, y después se almacenó en frascos ámbar en porciones de 500 g a temperatura ambiente hasta su uso para la preparación de los extractos vegetales.

5.2. Colecta de especímenes de *R. indica*

Los ejemplares de *R. indica* se colectaron de los foliolos de palma de coco (*C. nucifera*) infestados de forma natural, en la Ranchería Miguel Hidalgo 2.^{da} sección, Centro, Tabasco (17° 58' 00.1" N, 92° 59' 20.4" O, 9 msnm), que durante al menos tres años no han sido expuestas a productos acaricidas. Las muestras de foliolos se colocaron en bolsas de polietileno para su traslado al Laboratorio de Sanidad Vegetal de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Los foliolos se revisaron cuidadosamente bajo un microscopio estereoscópico para extraer a las hembras adultas relativamente jóvenes, caracterizadas por un cuerpo de forma oval, más grande que las otras formas biológicas de su especie, con manchas oscuras en el dorso, opistosoma redondeado y color rojo carmín intenso (Kane et al., 2012). Las hembras extraídas fueron utilizadas en los bioensayos el mismo día de la colecta.

5.3. Preparación de los extractos vegetales

Para la extracción vegetal se usó la metodología de Ochoa-Flores et al. (2019) (Figura 5): Se colocaron 20 g de polvo vegetal y 200 mL de solvente en un matraz Erlenmeyer con tapón de rosca de 250 mL. La mezcla se homogenizó durante 30 s a 4000 rpm con la ayuda de un homogeneizador digital Ultra-Turrax T25 (IKA Works, Inc., Wilmington, NC). Posteriormente se realizó la extracción asistida por ultrasonificación durante 25 min a 40 ° usando un baño de ultrasonificación con potencia de salida de 110W, 40KHz (Cole-Parmer CPX-956-217R 8895.39). La mezcla de extracción fue filtrada en un papel Whatman No. 40, luego se colocó en un matraz de bola de boca esmerilada de 250 mL para eliminar el solvente de extracción a una temperatura de 45 °C empleando un Rotavaporador R-300 (BÜCHI Latinoamérica S. de R.L. de C.V., CDMX). Para la extracción se utilizó alcohol etílico absoluto como disolvente. Los extractos secos se colocaron en frascos ámbar estériles y se guardaron en un refrigerador a 5 °C.



Figura 5. Proceso de preparación de los extractos vegetales.

5.4. Evaluación de la actividad acaricida de los extractos vegetales

Se evaluó la actividad acaricida de los extractos vegetales de *P. dioica*, *O. basilicum* y *E. foetidum* a concentraciones de 0.25, 0.50, 0.75 y 1% (v/v), utilizando agua destilada como diluyente. Como unidad experimental se utilizó una porción de lámina foliar (2.5×4 cm) de foliolo de palma de coco. La porción de lámina foliar se sumergió por 5 s en la dilución de extracto vegetal o en agua destilada (testigo) y se secó a temperatura ambiente durante 20 min. Después, la superficie abaxial de la lámina foliar se colocó sobre una placa de acrílico de 4×4 cm (que tenía un orificio de 2 cm de diámetro en el centro). Con cinta adhesiva, los bordes de la lámina foliar se fijaron a la placa de acrílico. Enseguida, se colocaron 10 hembras de *R. indica* sobre la superficie la superficie foliar (abaxial) delimitada por el orificio del acrílico

(Sánchez-Vázquez et al., 2017). Para confinar los ácaros a este orificio, se sobrepuso una segunda placa de acrílico del mismo tamaño. Los bordes de ambas placas se sellaron con cinta adhesiva, y esta unidad se colocó sobre una capa de algodón húmedo dentro de una caja Petri. El registro de la mortalidad de ácaros se cuantificó a las 24, 48 y 72 h después de la exposición. Los ácaros que no se movían cuando se les molestaba durante 5 s con un pincel No. 000 se consideraban muertos (Helle y Overmeer, 1985). Todos los bioensayos se llevaron a cabo en una cámara de cría a una temperatura de 28 ± 2 °C, 50 ± 10 % de humedad relativa y un fotoperiodo de 12 h. Para cada dilución (o el testigo) se realizaron 10 repeticiones (Figura 6).



Figura 6. Proceso de evaluación de la actividad acaricida de los extractos vegetales.

5.5. Determinación de la composición química de los extractos vegetales

5.5.1. Fenoles solubles totales

Para el análisis de contenido fenólico total de los extractos se usó el método de Folin-Ciocalteu basado en Peterson (1979) que es como sigue: se pesó 0.1 g de extracto seco de cada especie vegetal y se diluyó en metanol al 80 % en un matraz volumétrico de 50 mL. De la dilución de extracto se tomó 50 μ L y se mezcló con 3 mL de agua destilada y 250 μ L de reactivo Folin-Ciocalteu, se dejó reposar por 8 min. Después se agregó 750 μ L de solución de Na_2CO_3 al 20 % y 950 μ L de agua destilada y se dejó reposar por 30 min. Se midió la absorbancia en un espectrofotómetro visible Orbeco a una longitud de onda de 765 nm. La concentración de los fenoles solubles totales fue calculada usando una curva estándar de una solución de ácido gálico y expresada como mg de ácido gálico por cada 100 g de extracto seco.

5.5.2. Taninos

El método utilizado para determinación de taninos se realizó en dos etapas, la primera etapa fue de acuerdo con Peterson (1979) con el análisis de fenoles solubles totales, y en la segunda etapa, se realizó la cuantificación de fenoles solubles residuales después del secuestro de los taninos con grenetina. Para la muestra de la primera etapa se siguió la metodología usada en la determinación de análisis de fenoles solubles totales descrita anteriormente. Para la muestra de la segunda etapa se siguió la metodología de Lastra et al. (2000), donde se utilizaron 2 mL de extracto vegetal que se llevaron a un matraz aforado de 25 mL, se le añadió 8 mL de agua destilada, 5 mL de solución de gelatina al 25 %, 10 mL de solución saturada de cloruro de sodio acidificada y 1 g de caolín. Las muestras se taparon y se agitaron durante 30 min y se dejaron reposar para posteriormente filtrarlas. Del filtrado se tomaron 1 mL y diluyó con 4 mL de agua destilada, de esta solución de tomaron 50 μ L y se realizó la reacción Folin-Ciocalteu.

5.5.3. Flavonoides

Para la cuantificación de flavonoides se utilizó la misma muestra del análisis de fenoles solubles totales. Se tomó 1 mL de solución de extracto, se mezcló y equilibró con 4 mL de agua desionizada y 300 μ L de NaNO_3 al 5 % por 5 min. Después se adicionó 300 μ L de solución metanólica de AlCl_3 al 10 % y se dejó reposar por 1 min, posteriormente se agregó 2 μ L de NaOH y 10 mL de agua destilada. Se tomó lectura de absorbancia a 415 nm. El contenido de flavonoides totales se calculó usando una curva estándar de quercetina (0-60 ppm) y se expresó como mg equivalentes de quercetina / 100 g de extracto seco (Rojas et al., 2015)

5.5. Análisis estadístico de los datos

Los porcentajes de mortalidad de ácaros fueron corregidos de acuerdo con la mortalidad en el tratamiento testigo (Abbott, 1925). Así mismo, previo al análisis de varianza se transformaron en valores de arcoseno para satisfacer la distribución normal de errores. En el análisis de varianza se compararon la mortalidad registrada en los cuatro tratamientos (incluyendo el testigo), por concentración y tiempo de exposición. El análisis de varianza del contenido de fenoles totales (y_1), taninos (y_2) y flavonoides (y_3) de los extractos vegetales fue realizado después de la transformación de las variables respuesta a valores de $\log(y)$ (Zar, 2020). La comparación múltiple de medias en ambos casos se realizó mediante la prueba de Tukey con una $P = 0.05$. Todos los análisis se realizaron con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS OnDemand for Academics (SAS Institute Inc., 2022).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Rendimiento de los extractos vegetales

El extracto de *P. dioica* se obtuvo con un rendimiento promedio del 10 % (p/p) de materia seca y con una humedad del 10 %, el rendimiento de *O. basilicum* fue con un rendimiento promedio de 6.5 % (p/p) y una humedad del 10 % y *E. foetidum* tuvo un rendimiento del 5 % (p/p) con una humedad del 13 %. El rendimiento depende en su mayoría del solvente utilizado en la extracción; sin embargo, no existe un solvente o método de extracción determinado; también dependerá de los compuestos por extraer y de los factores de las muestras que intervengan en la extracción como; la concentración del solvente, la temperatura, el tiempo de contacto, el tamaño de partícula y la relación masa-solvente, entre otros (Rodríguez-Montero et al., 2020). El cálculo del rendimiento es un punto importante que se requiere para determinar la factibilidad técnico-económica del proceso tecnológico asociado a la obtención de un producto (Pino et al., 2011).

6.2. Actividad acaricida de los extractos vegetales

Los tres extractos vegetales mostraron actividad acaricida contra adultos de *R. indica*. A medida que se incrementó la concentración y el tiempo de exposición los porcentajes de mortalidad de *R. indica* para cada extracto también incrementaron. La mejor actividad acaricida para cada extracto se observó a la concentración más alta (1 %) y al mayor tiempo de exposición (72 h).

A una concentración del 0.25 % y 72 h de exposición, los extractos de *P. dioica*, *O. basilicum* y *E. foetidum*, produjeron porcentajes de mortalidad de 52, 38 y 42 %, respectivamente (Figura 7).

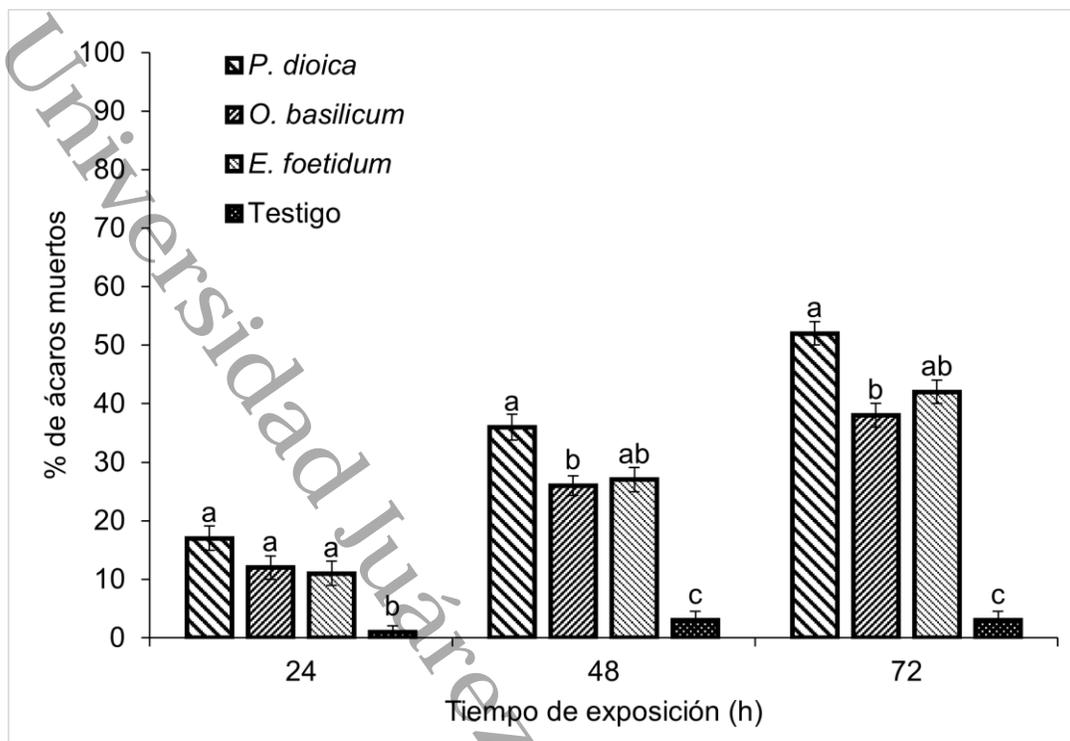


Figura 7. Mortalidad acumulada de *R. indica* por exposición a extractos vegetales a una concentración del 0.25 %. Las barras con diferentes letras por tiempo de exposición son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).

A una concentración del 0.5 % y 72 h de exposición, los extractos de *P. dioica*, *O. basilicum* y *E. foetidum* ocasionaron porcentajes de mortalidad de 69, 55 y 58 %, respectivamente (Figura 8). Al igual que en la concentración anterior, en este caso a medida que aumentó el tiempo de exposición los porcentajes de mortalidad acumulada de *R. indica* también incrementaron; aunque en ambas concentraciones, por debajo del 70 % de mortalidad (Figura 7 y 8).

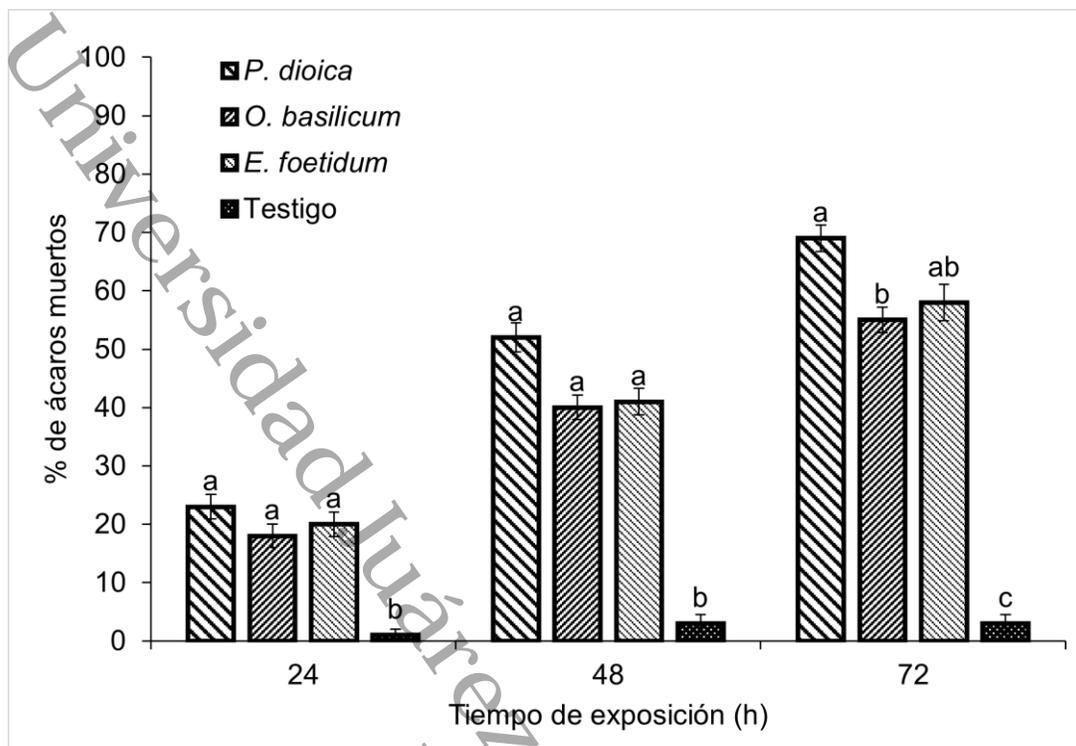


Figura 8. Mortalidad acumulada de *R. indica* por exposición a extractos vegetales a una concentración del 0.5 %. Las barras con diferentes letras por tiempo de exposición son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).

A una concentración del 0.75 % y 72 h de exposición, los extractos de *P. dioica*, *O. basilicum* y *E. foetidum* ocasionaron porcentajes de mortalidad de 86, 68 y 76 %, respectivamente (Figura 9). El porcentaje de mortalidad ocasionado por *P. dioica* fue estadísticamente superior a los porcentajes registrados para *O. basilicum* y *E. foetidum* ($P < 0.05$).

La mejor actividad acaricida se observó a la concentración del 1 % y 72 h de exposición. El extracto de *P. dioica* produjo una mortalidad del 92 %, estadísticamente mayor que *O. basilicum* (77 % de mortalidad) y *E. foetidum* (88 % de mortalidad). Considerando, una mortalidad superior igual o mayor al 80 % los extractos promisorios para el control de *R. indica* fueron *P. dioica* y *E. foetidum* (Figura 10).

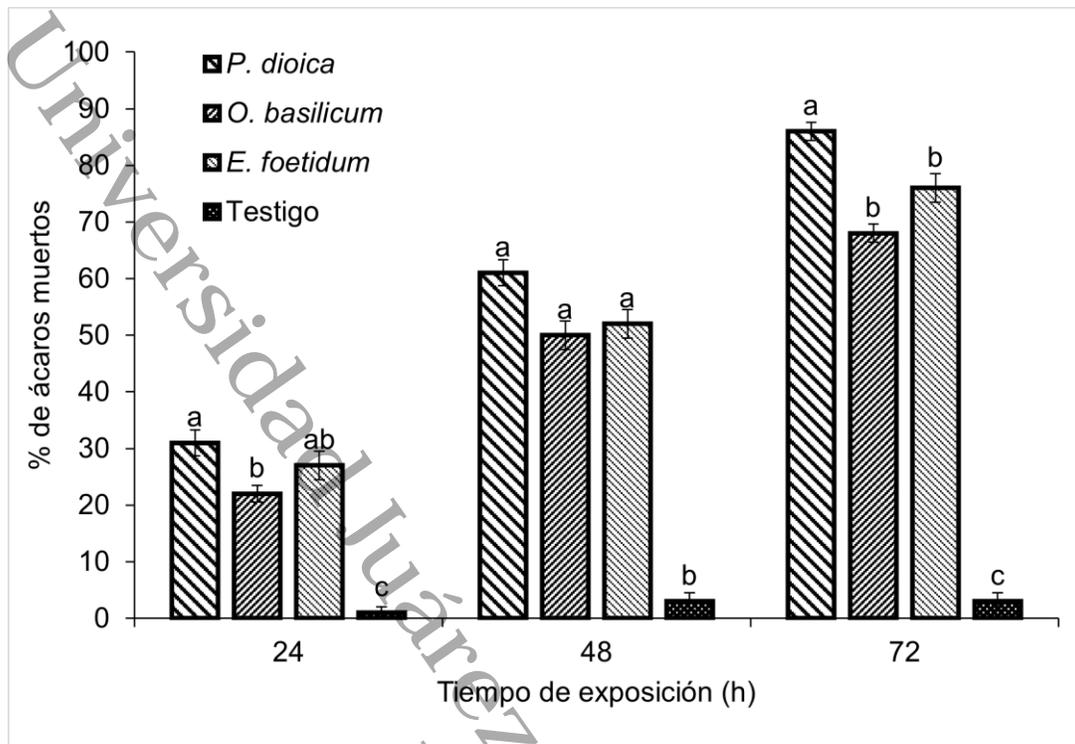


Figura 9. Mortalidad acumulada de *R. indica* por exposición a extractos vegetales a una concentración del 0.75 %. Las barras con diferentes letras por tiempo de exposición son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).

En un estudio realizado por Pupiro-Martínez et al. (2018) se encontró que la actividad acaricida del aceite esencial de *P. dioica* al 1 %, sobre el ácaro *T. tumidus* presentó una mortalidad de 73 % a las 24 h de exposición, y una mortalidad del 94.2 % a las 48 y 72 h de exposición, por lo que indicaron que *P. dioica* poseen una acción acaricida rápida. El efecto acaricida de *P. dioica* puede variar de acuerdo con el modo de exposición al aceite, si es por inhalación o por contacto, de igual forma se puede atribuir el efecto acaricida a la presencia frecuente de metileugenol, eugenol y 1,8 cineol. Un estudio realizado por Aguilar et al. (2019) se encontró que el extracto etanólico de *P. dioica* a una concentración del 1 % por aspersion tiene un efecto de 32.5 % de mortalidad a las 24 h exposición sobre la mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*).

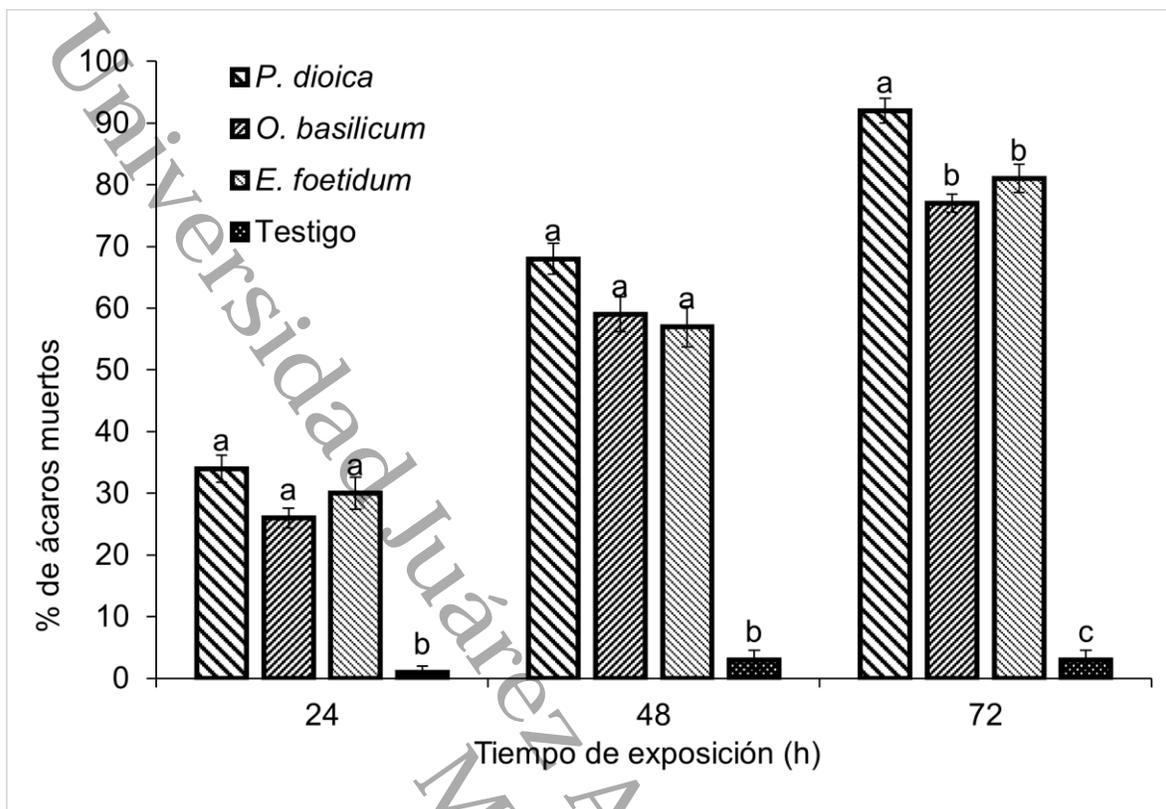


Figura 10. Mortalidad acumulada de *R. indica* por exposición a extractos vegetales a una concentración del 1 %. Las barras con diferentes letras por tiempo de exposición son significativamente diferentes entre sí ($P < 0.05$).

Por otra parte, Yáñez et al. (2014) encontraron que la actividad acaricida del aceite de *O. basilicum* sobre *Tetranychus urticae* Koch a una concentración de 1.6 % provoca una mortalidad del 94 % a las 24 h de exposición y el 100 % a las 48 h; que concentraciones menores a 1.6 % tienen mortalidades bajas y concentraciones superiores a 3.1 % tienen una efectividad del 100 % a partir de las 24 h de exposición. Otras investigaciones han demostrado la actividad acaricida de extractos vegetales de otras especies sobre *R. indica*, los cuales difieren de esta investigación. En el caso del trabajo realizado por Castillo-Sánchez et al (2018) los extractos etanólicos al 13 % de hojas y frutos de *Brosimum alicastrum* Sw. (Moraceae) tuvieron un efecto acaricida muy pobre, de 3.9 % y 4.2 % de mortalidad, respectivamente. En cambio, los extractos de *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng (Lamiaceae) a una concentración de 13 % tuvieron una efectividad de 12.3

% En un estudio realizado por Ruiz-Jimenez et al. (2021), el extracto de hoja de *Lippia berlandieri* Schauer (Verbenaceae), produjo una mortalidad acumulada de 97 y 100 % con concentraciones de 0.75 % y 1 %, respectivamente, por un período de exposición de 72 h. Pino et al. (2011) encontraron en su trabajo de investigación que el aceite esencial de *Melaleuca quinquenervia* (Cav.) S.T. Blake (Myrtaceae) ocasionó un porcentaje de mortalidad del 100 % sobre *R. indica* a una concentración de 2.5 % a las 24 h de exposición. Los extractos vegetales de semillas de *Myrciaria dubia* (Kunth) McVaugh (Myrtaceae) mostraron actividad acaricida potencial en tratamientos con dosis de 4 y 8 % de extracto hidroalcohólico glicólico sobre *R. indica*, con valores medios de mortalidad superiores al 82 % con tiempo de exposición de 48 y 72 h (Gomes, 2018).

6.3. Caracterización de metabolitos secundarios en los extractos vegetales

En los extractos vegetales de pimienta (*P. dioica*), albahaca (*O. basilicum*) y perejil criollo (*E. foetidum*) se encontró la presencia de metabolitos secundarios, tales como fenoles, taninos y flavonoides en diferentes cantidades. El extracto de *P. dioica* fue el que presentó la mayor cantidad de estos tres compuestos. El análisis de correspondencia entre extractos y compuestos indicó que existe una estrecha relación del extracto de *P. dioica* con los compuestos taninos y fenoles, pero esta relación es muy distante con respecto a la albahaca y el perejil criollo (Figura 11).

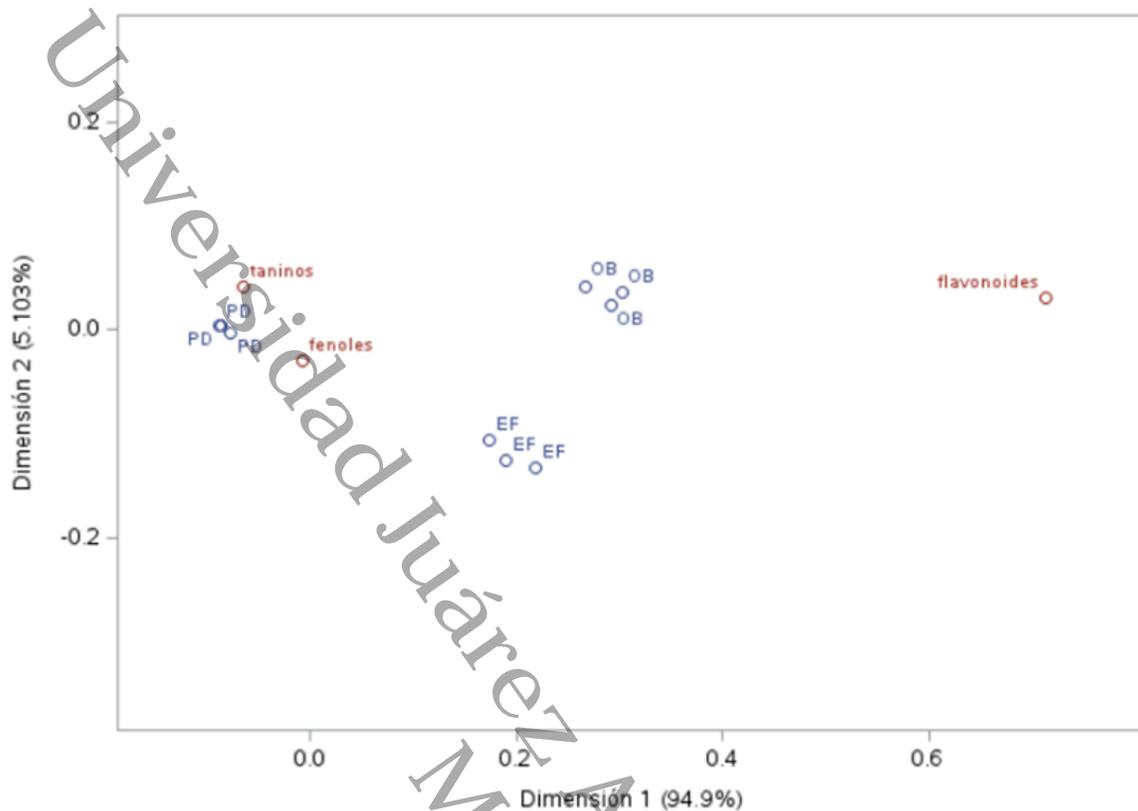


Figura 11. Análisis de correspondencia entre las especies de plantas (PD: *Pimenta dioica*; OB: *Ocimum basilicum*; EF: *Eryngium foetidum*) y el contenido de taninos, fenoles y flavonoides en los extractos vegetales.

El contenido de fenoles totales ($F = 2254.5$, $df = 2$, $P < 0.0001$), taninos ($F = 1328.7$, $df = 2$, $P < 0.0001$) y flavonoides ($F = 7995.8$, $df = 2$, $P < 0.0001$) por extracto vegetal fueron significativamente diferentes entre sí. Los fenoles totales y taninos fueron los compuestos más abundantes en los tres extractos vegetales (Cuadro 2). La proporción relativa del contenido de fenoles totales y taninos por extracto vegetal fue: 0.63 y 0.30 para *E. foetidum*, 0.57 y 0.40 para *P. dioica* y *O. basilicum* 0.55 y 0.35 (Cuadro 2). Por lo tanto, ambos grupos de compuestos podrían ser los responsables primarios de la actividad acaricida de estos extractos vegetales contra *R. indica*.

Cuadro 2. Contenido de fenoles totales, taninos y flavonoides en los extractos etanólicos de hojas de *Pimenta dioica*, *Eryngium foetidum* y *Ocimum basilicum*

Extractos vegetales	Fenoles (mg ácido gálico/100 g extracto seco)	Taninos (mg ácido gálico/100 g extracto seco)	Flavonoides (mg quercetina/100 g extracto seco)	Proporción relativa*
<i>Pimenta dioica</i>	8032.5±265.9a	5602.5±216.4 ^a	344.1±3.9a	0.57: 0.40: 0.03
<i>Eryngium foetidum</i>	769.3±19.5b	365.2±17.1b	90.7±0.5b	0.63: 0.30: 0.07
<i>Ocimum basilicum</i>	1792.0±18.6c	1153.8±24.9c	320.2±2.8c	0.55: 0.35: 0.10

Las medias con letras diferentes por columna son significativamente diferentes entre sí (Tukey, $P < 0.05$). Los datos están expresados como media \pm error estándar ($n = 3$).

*Fenoles: taninos: flavonoides por extracto vegetal.

El extracto de *P. dioica* fue la especie que presentó mayor cantidad de compuestos fenólicos, y también fue el extracto que presentó mayor actividad acaricida contra el ácaro rojo *R. indica*, probablemente por la presencia de fenoles en forma de monoterpenos en su composición química (Batish et al., 2008; Velázquez, 2020). Además de la presencia de eugenol componente que ha sido identificado con propiedades acaricidas (Pupiro-Martínez et al., 2018). Los metabolitos secundarios encontrados en las especies vegetales tienen varias funciones que ayudan a las plantas a defenderse de aquellos organismos herbívoros. En el caso de algunos fenoles como metileugenol, eugenol y 1,8 cineol poseen antecedentes de acción acaricida (Pupiro-Martínez., 2018). También algunos flavonoides son capaces de funcionar como agentes de antialimentación, como reductores de la digestibilidad del alimento o como toxinas (Fernández et al., 2016). Los taninos a altas concentraciones son considerados antinutricionales, debido a que forman complejos insolubles con proteínas, carbohidratos y otros polímeros, provocando una disminución de la digestión (Cabrera-Carrión, 2017).

El abuso de plaguicidas organosintéticos en los cultivos ha aumentado el riesgo de resistencia a los plaguicidas, rebrote de plagas, resistencia cruzada y efectos tóxicos para la salud humana y ambiental (Batish et al., 2008). Por ello es

indispensable sustituir o complementar los productos organosintéticos por alternativas que reduzcan o eviten los efectos secundarios. El control natural de plagas es necesario para su manejo racional y rentable, debido a que ayuda a reducir las poblaciones de plagas y es parte fundamental para evitar brotes de plagas potenciales, por lo que es prescindible que al usar cualquier método de control se pueda sumar el control biológico (Vargas et al., 2021). El uso de extractos de plantas se ha ido integrando a programas de manejo integrado de plagas debido a su capacidad que tiene en la defensa contra los animales herbívoros, esto a causa de sus metabolitos secundarios, una alternativa viable es por medio de los extractos vegetales en diversos cultivos al ser biodegradables y no crean resistencia (Fernández et al., 2016). Extractos o aceites esenciales pueden utilizarse como bioplaguicidas ya que presentan en su composición, monoterpenos y sesquiterpenos, que caracterizan el aroma y determinan la bioactividad de las plantas (Batish et al., 2008; Castresana y Puhl, 2018). La diversidad de compuestos que contienen los extractos vegetales brinda ventajas como; múltiples modos de acción como reguladores de crecimiento, inhibidores de la alimentación, ovicidas, disuasivos, atractivos, repelentes y reducción del desarrollo de la resistencia (Celis et al., 2008).

VII. CONCLUSIONES

Los extractos etanólicos de hojas de *P. dioica*, *E. foetidum* y *O. basilicum* mostraron actividad acaricida contra el ácaro rojo *R. indica*. Los mayores porcentajes de mortalidad ocurrieron a las diluciones de 1 % a las 72 h después de la exposición. *P. dioica* ocasionó el 92 % de mortalidad, *E. foetidum* el 81% de mortalidad y *O. basilicum* el 77 % de mortalidad.

El hallazgo de una cantidad mayor de fenoles y taninos en los extractos vegetales sugiere que estos metabolitos secundarios podrían estar implicados en la actividad acaricida contra el ácaro rojo *R. indica*.

Los extractos de las tres especies de plantas estudiadas son promisorios para ser incluidos en un programa de manejo integrado de plagas; sin embargo, se deben realizar experimentos adicionales para confirmar la actividad acaricida a nivel de campo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Abdullahi, A. M., Sarki, A., Hafizu, M. S., Kunihya, I. Z., Kolawole, A. A., Nassai, I. & Haruna, M. Y. (2019). Phyto-chemicals of some plant leaf powder as antiinsect agents against maize weevils *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *FUDMA Journal of Sciences*, 3(4), 291-295.
- Aguilar, E., Rodríguez, C., Bravo, H., Soto, R. M., Bautista, N. & Guevara, F. (2019). Efecto insectistático de extractos etanólicos de clavo y pimienta en *Trialetrodes vaporariorum* West. (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta zoológica mexicana*, 35. DOI: 10.21829/azm.2019.3502068.
- Balakrishnan P., Ramalingam P. S., Purushothaman S., Balu R., Jolius G. & Kumaran S. (2018). A Comprehensive Review on *Ocimum basilicum*. *Journal of Natural Remedies*, 18(3). DOI: 10.18311/jnr/2018/21324.
- Barrios, C. & Bustillos, A. E. (2016). El ácaro rojo *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no es una plaga de la palma de aceite. *Palmas*, 37(2), 11-18.
- Batish, D., Singh, H., Kumar, R. & Kaur, S. (2008). El aceite esencial de eucalipto como pesticida natural. *Ecología y Gestión Forestal*, 256, 2166-2174. Doi:10.1016/j.foreco.2008.08.008.
- Beard, J.J., Ochoa, R., Bauchan, G.R., Pooley, C. & Dowling A. (2018). *Raoiella* of the world (Trombidiformes: Tetranychoidae: Tenuipalpidae). *Zootaxa* 4501 (1). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4501.1.1>.
- Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S. & Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science*, 161, 839-851.
- Cabrera-Carrion, J.L., Jaramillo-Jaramillo, C., Dután-Torres, F., Cun-Carrión, J., García, P.A. & Rojas, L. (2017). Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en *Moringa oleífera* Lam. en función de su edad y altura. *Bioagro*, 29(1), 53-60.
- Carrillo, D., Amalin, D., Hosein, F., Roda, A., Duncan, R. E. & Peña, J. E. (2012). Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion

- of the New World. *Experimental and Applied Acarology*, 57, 271–289. DOI 10.1007/s10493-011-9487-8.
- Castillo-Sánchez L. E., Ruz-Febles N. M., Alvarado-Canché A. R., Canul-Solís J. R., López-Cobá E. & Campos-Navarrete M.J. (2018). Ethanolic extracts of *Brosimum alicastrum* and *Plectranthus amboinicus* for the control of *Raoiella indica*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(5), 625-628.
- Castresana, J.E. & Puhl, L. (2018). Eficacia de insecticidas botánicos sobre *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo cubierta. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 136-146. Doi:<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7344>.
- Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W. & Cuca, L.E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 26(1), 97-10.
- Celis, A., Mendoza, C. & Pachón, M. E. (2009). Revisión: Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 14(1), 5-16.
- Correa-Méndez, A., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., De la Cruz-Lázaro, E., Márquez-Quiroz, C. & Salinas-Hernández, R.M. (2018). Control químico del ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 319-326. DOI: 10.19136/era.a5n14.1340.
- Fair Trade. (2020). *Lista de Plaguicidas Prohibidos y Restringidos*. USA: Fairtradecertified. https://www.fairtradecertified.org/sites/default/files/standards/documents/FT_USA_STD_ProhibitedRestrictedPesticidesList_ES_1.1.0.pdf
- FAOSTAT. (2023). *Cultivos y productos de ganadería*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- Fernández, O., Sandoval, M. F., Sanabria, M. E. & Vásquez, C. (2016). Efectividad *in vitro* del extracto etanólico de *Cymbopogon citratus* (DL) Stapf y *hexythiazox* sobre *Raoiella indica* Hirst. *Idesia (Arica)*, 34(2), 77-84.

- Flores, G., Montoya, A. & Rodríguez, H. (2010). Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca Catechu* L. *Revista de Protección Vegetal.*, 25(1), 11-16.
- Gomes, E., Pereira, R. & Alves, E. (2018). Atividade acaricida de extrato a base de sementes dos frutos de caçari. *Revista Gestão Inovação e Tecnologías*, 8(3), 4495-4507. DOI: 10.7198/geintec.v8i3.988.
- González-López, G., Ojeda-Chi, M., Casanova-Lugo, F., Oros-Ortega, I., Hernández-Chávez, L. I., Piñeiro-Vázquez, A. T. & Rodríguez-Vivas, R. I. (2019). Actividad acaricida de extractos etanólicos de tres genotipos de *Leucaena* spp sobre *Rhipicephalus microplus* en condiciones *in vitro*. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(3). <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4822>
- Granados, D. & López, G.F. (2002). Manejo de la palma de coco (*C. nucifera*) en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1), 39-48.
- Helle, W. & Overmeer, J.P.W. (1985) Toxicological test methods. Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control (ed. Helle, W., & Sabelis, M.W.), pp. 391-395. Elsevier Science, U.S.A.
- Hirst, S. (1924). LV.—On some new species of red spider. *Journal of Natural History*, 14(83), 522-527.
- Hoy, M. A., Peña, J. & Nguyen, R. (2006). *Red palm mite, Raoiella indica Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae)*. Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), University of Florida, Florida. Pág. 6.
- Jaramillo, B.E., Duarte, E. & Martelo, I. (2011). Composición química volátil del aceite esencial de *Eryngium foetidum* L. colombiano y determinación de su actividad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(2), 140-150.
- Kane, E. C., Ochoa, R., Mathurin, G., Erbe, E. F. & Beard, J. J. (2012). *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): An exploding mite pest in the Neotropics. *Experimental and Applied Acarology*, 57, 215-225.

- Koul, O. (2016). *The Handbook of Naturally Occurring Insecticidal Toxins*. CABI. Oxfordshire, UK.
- Krantz, G.W. & Walter, D.E. (2009). *A manual of Acarology*. Texas Tech University Press. Texas, USA.
- Lagunes, E. R. (2020). *Análisis de la estructura de mercado de la copra en México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Lastra, H., Rodríguez, E., Ponce, H. & González M.L. (2000). Método analítico para la cuantificación de taninos en el extracto acuoso de romerillo. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 5(1), 12-22.
- Lengai, G. M., Muthomi, J. W. & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>.
- Madruga, M. (2020). *Estudio de la composición química de productos seleccionados de plantas de la familia Myrtaceae con actividad insecticida sobre Sitophilus oryzae L.* Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Melo, J., Navia, D., Mendes, J., Filgueiras, R., Teodoro, A., Ferreira, J. Guzzo, E., de Souza, I., de Mendonça, R., Calvet, E., Neto, A., Gondim, M., de Moraes, E., Godoy, M., dos Santos, J., Silva, R., da Silva, V., Norte, R., Oliva, A., dos Santos, R. & Domingos, C. (2018). The invasive red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *International Journal of Acarology* 44 (5). <https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1474945>.
- Mendoza, R., Navia, D. & Flechtmann, W. (2005). *Raoiella indica* Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae), o ácaro vermelho das palmeiras-uma ameaça para as Américas. Embrapa, Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília. Brasil.
- Mesa, N. C., Ochoa R., Welbourn, W.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), 1-185.

- Morales de la Cruz, C. (2017). Fluctuación poblacional y enemigos naturales de *Raoiella indica* Hirst en México. Tesis de maestría del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México.
- Ochoa-Flores, A. A., Hernández-Becerra, J. A., López-Hernández, E., Campos-Ruiz, R. & De la Cruz-Sánchez, A. (2019) Contenido de azadiractina en el aceite extraído del germen de las semillas y de las hojas del árbol de neem (*Azadirachta indica* A. juss). *Biotecnología en Ciencias Agropecuarias* (ed. Perera-García, M.A., Gallegos-Morales, I, Chay-Canul, A.J., Mendoza-Palacios, J.D., Ojeda-Robertos, N.F., & Cantú-Garza, R.A.), pp. 53-68. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Ochoa, R., Beard, J. J., Bauchan, G. R., Kane, E. C., Dowling, A. P. G. & Erbe, E. F. (2011). Herbivore exploits chink in armor of host. *American Entomologist*, 57(1), 26-29
- Palomares-Pérez, M., Contreras-Bermúdez, Y., Grifaldo-Alcántara, P. F., García-García, R. E., Bravo-Núñez, M. & Arredondo-Bernal, H. C. (2021). Predation capacity and larval development of *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae) fed with *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Cuyo*, 53(2), 225-231.
- Paul, J. H. A., Seaforth C. E. & Tikasingh, T. (2011). *Eryngium foetidum* L.: A review. *Fitoterapia*, 82, 302–308.
- Pino, O., Sánchez, Y. & Rojas, M. M. (2013) Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. *Revista de Protección Vegetal*, 28, 81-94.
- Peterson, G. L. (1979). Revisión del método de cuantificación de proteína de folin de Lowry, Rosebrough, Farr y Randall. *Analytical biochemistry*, 100(2), 201-220. DOI: 10.1016/0003-2697(79)90222-7.
- Pino, O., Sánchez, Y., Rojas, M. M., Rodríguez, H., Abreu, Y., Duarte, Y., Martínez, B., Peteira, B., Correa, T. M. & Martínez, D. (2011). Composición química y actividad plaguicida del aceite esencial de *Melaleuca quinquenervia* (Cav) S.T. Blake. *Revista de Protección Vegetal*, 26(3), 177-186.

- Polanco-Arjona, C. A., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., Márquez-Quiroz, C., De la Cruz-Lázaro, E., Salinas-Fernández, R. M. & Hernández-García, V. (2017). Colonization, Abundance, and Damage of *Raoiella indica* Hirst on Cultivars of *Musa* spp. at Tabasco, México. *Southwestern Entomologist*, 42(2), 363-374.
- Pupiro-Martínez, L. A., Pérez, Y. & Pino-Pérez, O. (2018). Acaricidal activity of essential oils from species belonging to Myrtaceae, Lamiaceae and Rutaceae families against *Tetranychus tumidus* Banks. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3).
- Rabelo, C., Dos Santos, M., Viteri-Jumbo, L., Guedes J., Neob de Carvalho, K., Marques, K., Sousa, E., Queiroz A. & Vieira, A. (2019). Bioactividad de *Spilanthes acmella* (Asteraceae) a *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) y selectividad al depredador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). *Revista de Protección Vegetal*, 34(1). <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v34n1/2224-4697-rpv-34-01-e08.pdf>
- Rao, P., Navinchandra S. & Jayaveera, K. N. (2012). An important spice, *Pimenta dioica* (Linn.) Merrill: A Review. *International Current Pharmaceutical Journal*, 1(8), 221-225.
- Rivas, K., Rivas, C. & Gamboa, L. (2015). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Multiciencias*, 15(3), 281-289.
- Rodrigues, J., Domingos, L., da Silva, Silveira, K., Sekiguchi, M., Da Silva, J. & Souza, S. (2020). Mortalidade de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae) sob ação, *in vitro*, de acaricidas. *Society and Development*, 9(9). DOI 10.33448/rsd-v9i9.7599
- Rodríguez, H., Montoya, A. & Ramos, M. (2007). *Raoiella indica* hirst (acari: Tenuipalpidae): una amenaza para Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 22(3), 142-153.
- Rodríguez-Montero, L., Berrocal-Jiménez, A., Campos-Rodríguez, R. & Madriz-Martínez, M. (2020). Determinación de la actividad biocida de extractos vegetales para el combate de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera:

- Aleyrodidae). *Revista Tecnología en Marcha*, 33(3).
<http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i3.4373>
- Rojas, L., Jaramillo, C. & Lemus, M. (2015). *Métodos analíticos para la determinación de metabolitos secundarios. UTMACH, 1*. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.
- Ruíz-Jimenez, K.Z., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L.U., Ochoa-Flores, A.A., Silva-Vasquez, R. & Mendez-Zamora, G. (2021). Acaricidal activity of plant extracts against the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 80(1), 33-39.
- SADER. (2022, mayo 28). *Producción de copra y coco en México*.
<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/produccion-de-copra-y-cocoenmexico?idiom=es#:~:text=Guerrero%2C%20Jalisco%20y%20Sinaloa%20son,de%2025%20mil%209%20toneladas>.
- Sánchez-Vázquez, E.P., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L.U., Hernández-García, V., Marquez-Quiroz, C. & De la Cruz-Lázaro, E. (2017) Toxicidad de acaricidas para el ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Agrociencia*, 51, 81-90.
- SAS Institute Inc. (2022). SAS OnDemand for Academics. SAS® Studio release 9.04. Cary, NC, USA.
- SENASICA. (2014). *Ácaro rojo de las palmas (Raoiella indica Hirst)*. Dirección General de Sanidad Vegetal - Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 14. 23. Ciudad de México, México.
- SENASICA. (2017). *Manual operativo de la campaña contra ácaro rojo de las palmas*. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Dirección general de sanidad vegetal. Ciudad de México, México.
- SENASICA. (2018). *Estrategia operativa de la campaña contra ácaro rojo de las palmas*. *Manual operativo de la campaña contra ácaro rojo de las palmas*. Servicio

- Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Sanidad vegetal. Ciudad de México, México.
- SIAP. (2023, febrero 18). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
- Silva, A., Lagunes, A., Rodríguez, J. C. & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: Una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 66, 4-12.
- Tiwari, R. & Rana, C.S. (2015) Plant secondary metabolites: a review. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3, 661-670.
- Trujillo, J., Ortiz, J. & Martínez, D. (2019). Disposición a pagar por productos orgánicos en Texcoco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1685-1691.
- Valentín-Pérez, Y., Mansilla, A. A. H., Gómez, R. S., Mayea, A. L., Montenegro, R. V. & Sánchez, J. D. A. (2018). Fitófagos de banano y plátano bajo condiciones de cambio climático en Cuba. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 141-157.
- Van Leeuwen, T., Tirry, L., Yamamoto, A., Nauen, R. & Dermauw, W. (2015). The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 12-21.
- Vargas B., Guerrero D., Ramos, Y. M., Bestard, G. & Rodríguez, R. (2021). Agricultura suburbana: biodiversidad, servicios ecosistémicos y control natural de plagas agrícolas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(1), 137-146.
- Whalon, M. E., Mota-Sanchez, D., & Hollingworth, R. M. (2008). *Global pesticide resistance in arthropods*. CAB International. Oxfordshire, UK.
- Velázquez, A. (2020). *Manejo de especies de Colletotrichum aisladas de pimienta dioica con extractos vegetales*. Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México.

Yáñez, P., Escoba, A., Molina, C. & Zapata, G. (2014). Comparación de la actividad acaricida de los aceites esenciales de *Ocimum basilicum*, *Coriandrum sativum* y *Thymus vulgaris* contra *Tetranychus urticae*. *Revista de Ciencias de la Vida*, 19(1), 21-33.

Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. 5th ed. Prentice Hall, NJ.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

IX. ANEXOS

Alojamiento de la Tesis en el Repositorio Institucional	
Título de Tesis:	Actividad acaricida de extractos vegetales sobre el ácaro rojo (<i>Raoiella Indica</i> Hirst) (Acari: Tenuipalpidae)
Autor(a) o autores(ras) de la Tesis:	Lic. Andrea Cabrera Manzano Dr. Rodolfo Osorio Osorio Dr. Josafat Alberto Hernández Becerra
ORCID:	https://orcid.org/0000-0002-7224-0850
Resumen de la Tesis:	<p>El ácaro rojo de la palma, <i>Raoiella indica</i> Hirst (Acari: Tenuipalpidae), es una plaga en cultivos de importancia económica, tales como palma de coco (<i>Cocos nucifera</i> L.), plátanos y bananos (<i>Musa</i> spp.) y varias especies de plantas ornamentales. El control de <i>R. indica</i> se fundamenta en la aplicación de acaricidas organosintéticos, lo cual representa un riesgo para los trabajadores de campo, el surgimiento de poblaciones de ácaros resistentes y la contaminación ambiental. La utilización de extractos de plantas con metabolitos secundarios derivados de plantas nativas presenta una estrategia prometedora para el control de plagas. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad acaricida de extractos etanólicos de las hojas de pimienta <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. (Myrtaceae), albahaca <i>Ocimum basilicum</i> L. (Lamiaceae) y perejil criollo <i>Eryngium foetidum</i> L. (Apiaceae) contra <i>R. indica</i> en condiciones de laboratorio. Los extractos se obtuvieron mediante la extracción asistida por ultrasonificación, usando como solvente alcohol etílico absoluto. La actividad acaricida se evaluó mediante la exposición de grupos de ácaros hembras de <i>R. indica</i>, a porciones de foliolos de palma de coco impregnados con extractos etanólicos al 0.25, 0.50, 0.75 o 1 % (v/v). La mortalidad se evaluó a las 24, 48 y 72 h después de la exposición. Los mayores porcentajes de mortalidad de <i>R. indica</i> por los extractos de <i>P. dioica</i>, <i>E. foetidum</i> y <i>O. basilicum</i> se encontraron a una concentración del 1% a las 72 h; 92, 81 y 77%, respectivamente. Estos extractos vegetales son promisorios para el control químico del ácaro rojo <i>R. indica</i>, en sustitución de los acaricidas organosintéticos.</p>
Palabras claves de la Tesis:	Extractos etanólicos, Bioensayos, Metabolitos secundarios.
Referencias citadas:	<p>Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. <i>Journal of Economic Entomology</i>, 18, 265-267.</p> <p>Abdullahi, A. M., Sarki, A., Hafizu, M. S., Kuniya, I. Z., Kolawole, A. A., Nassai, I. & Haruna, M. Y. (2019). Phyto-chemicals of some plant leaf powder as antiinsect agents against maize weevils <i>Sitophilus zeamais</i> (Coleoptera: Curculionidae). <i>FUDMA Journal of Sciences</i>, 3(4), 291-295.</p> <p>Aguilar, E., Rodríguez, C., Bravo, H., Soto, R. M., Bautista, N. & Guevara, F. (2019). Efecto insectistático de extractos etanólicos de clavo y pimienta en <i>Trialeurodes vaporariorum</i> West. (Hemiptera: Aleyrodidae). <i>Acta zoológica mexicana</i>, 35. DOI: 10.21829/azm.2019.3502068.</p> <p>Balakrishnan P., Ramalingam P. S., Purushothaman S., Balu R., Jolius G. & Kumaran S. (2018). A Comprehensive Review on <i>Ocimum basilicum</i>. <i>Journal of Natural Remedies</i>, 18(3). DOI: 10.18311/jnr/2018/21324.</p> <p>Barrios, C. & Bustillos, A. E. (2016). El ácaro rojo <i>Raoiella indica</i> Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no es una plaga de la palma de aceite. <i>Palmas</i>, 37(2), 11-18.</p> <p>Batish, D., Singh, H., Kumar, R. & Kaur, S. (2008). El aceite esencial de eucalipto como pesticida natural. <i>Ecología y Gestión Forestal</i>, 256, 2166-2174.</p>

Doi:10.1016/j.foreco.2008.08.008.

Beard, J.J., Ochoa, R., Bauchan, G.R., Pooley, C. & Dowling A. (2018). *Raoiella* of the world (Trombidiformes: Tetranychidae: Tenuipalpidae). *Zootaxa* 4501 (1). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4501.1.1>.

Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S. & Gontier, E. (2001). Production of plant secondary metabolites: a historical perspective. *Plant Science*, 161, 839-851.

Cabrera-Carrion, J.L., Jaramillo-Jaramillo, C., Dután-Torres, F., Cun-Carrión, J., García, P.A. & Rojas, L. (2017). Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en *Moringa oleífera* Lam. en función de su edad y altura. *Bioagro*, 29(1), 53-60.

Carrillo, D., Amalin, D., Hosein, F., Roda, A., Duncan, R. E. & Peña, J. E. (2012). Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New World. *Experimental and Applied Acarology*, 57, 271–289. DOI 10.1007/s10493-011-9487-8.

Castillo-Sánchez L. E., Ruz-Febles N. M., Alvarado-Canché A. R., Canul-Solís J. R., López-Cobá E. & Campos-Navarrete M.J. (2018). Ethanolic extracts of *Brosimum alicastrum* and *Plectranthus amboinicus* for the control of *Raoiella indica*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(5), 625-628.

Castresana, J.E. & Puhl, L. (2018). Eficacia de insecticidas botánicos sobre *Myzus persicae* (Sulzer) y *Aphis gossypii* (Clover) (Hemiptera: Aphididae) en el cultivo de pimiento (*Capsicum annum* L.) bajo cubierta. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 12(1), 136-146. Doi:<http://dx.doi.org/10.17584/rcch.2018v12i1.7344>.

Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W. & Cuca, L.E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 26(1), 97-10.

Celis, A., Mendoza, C. & Pachón, M. E. (2009). Revisión: Uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 14(1), 5-16.

Correa-Méndez, A., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., De la Cruz-Lázaro, E., Márquez-Quiroz, C. & Salinas-Hernández, R.M. (2018). Control químico del ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 5(14), 319-326. DOI: 10.19136/era.a5n14.1340.

Fair Trade. (2020). *Lista de Plaguicidas Prohibidos y Restringidos*. USA: Fairtradecertified. https://www.fairtradecertified.org/sites/default/files/standards/documents/FTUSA_STD_ProhibitedRestrictedPesticidesList_ES_1.1.0.pdf

FAOSTAT. (2023). *Cultivos y productos de ganadería*. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.

Fernández, O., Sandoval, M. F., Sanabria, M. E. & Vásquez, C. (2016). Efectividad *in vitro* del extracto etanólico de *Cymbopogon citratus* (DL) Stapf y *hexythiazox* sobre *Raoiella indica* Hirst. *Idesia (Arica)*, 34(2), 77-84.

Flores, G., Montoya, A. & Rodríguez, H. (2010). Biología de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) sobre *Areca Catechu* L. *Revista de Protección Vegetal*, 25(1), 11-16.

Gomes, E., Pereira, R. & Alves, E. (2018). Atividade acaricida de extrato a base de sementes dos frutos de caçari. *Revista Gestão Inovação e Tecnologías*, 8(3), 4495-4507. DOI: 10.7198/geintec.v8i3.988.

González-López, G., Ojeda-Chi, M., Casanova-Lugo, F., Oros-Ortega, I., Hernández-Chávez, L. I., Piñero-Vázquez, A. T. & Rodríguez-Vivas, R. I. (2019). Actividad acaricida de extractos etanólicos de tres genotipos de *Leucaena* spp sobre *Rhipicephalus microplus* en condiciones *in vitro*. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(3).

- <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4822>
- Granados, D. & López, G.F. (2002). Manejo de la palma de coco (*C. nucifera*) en México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1), 39-48.
- Helle, W. & Overmeer, J.P.W. (1985) Toxicological test methods. Spider Mites: Their Biology, Natural Enemies and Control (ed. Helle, W., & Sabelis, M.W.), pp. 391-395. Elsevier Science, U.S.A.
- Hirst, S. (1924). LV.—On some new species of red spider. *Journal of Natural History*, 14(83), 522-527.
- Hoy, M. A., Peña, J. & Nguyen, R. (2006). *Red palm mite, Raiiella indica Hirst (Arachnida: Acari: Tenuipalpidae)*. Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), University of Florida, Florida. Pág. 6.
- Jaramillo, B.E., Duarte, E. & Martelo, I. (2011). Composición química volátil del aceite esencial de *Eryngium foetidum* L. colombiano y determinación de su actividad antioxidante. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(2),140-150.
- Kane, E. C., Ochoa, R., Mathurin, G., Erbe, E. F. & Beard, J. J. (2012). *Raiiella indica* (Acari: Tenuipalpidae): An exploding mite pest in the Neotropics. *Experimental and Applied Acarology*, 57, 215-225.
- Koul, O. (2016). *The Handbook of Naturally Occurring Insecticidal Toxins*. CABI. Oxfordshire, UK.
- Krantz, G.W. & Walter, D.E. (2009). *A manual of Acarology*. Texas Tech University Press. Texas, USA.
- Lagunes, E. R. (2020). *Análisis de la estructura de mercado de la copra en México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo, México.
- Lastra, H., Rodríguez, E., Ponce, H. & González M.L. (2000). Método analítico para la cuantificación de taninos en el extracto acuoso de romerillo. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 5(1), 12-22.
- Lengai, G. M., Muthomi, J. W. & Mbega, E. R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00239>.
- Madrugá, M. (2020). *Estudio de la composición química de productos seleccionados de plantas de la familia Myrtaceae con actividad insecticida sobre Sitophilus oryzae L.* Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Santa Clara, Cuba.
- Melo, J., Navia, D., Mendes, J., Filgueiras, R., Teodoro, A., Ferreira, J. Guzzo, E., de Souza, I., de Mendonça, R., Calvet, E., Neto, A., Gondim, M., de Moraes, E., Godoy, M., dos Santos, J., Silva, R., da Silva, V., Norte, R., Oliva, A., dos Santos, R. & Domingos, C. (2018). The invasive red palm mite, *Raiiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae), in Brazil: range extension and arrival into the most threatened area, the Northeast Region. *International Journal of Acarology* 44 (5). <https://doi.org/10.1080/01647954.2018.1474945>.
- Mendoza, R., Navia, D. & Flechtmann, W. (2005). *Raiiella indica Hirst (Prostigmata: Tenuipalpidae), o ácaro vermelho das palmeiras-uma ameaça para as Américas*. Embrapa, Recursos Genéticos e Biotecnología. Brasília. Brasil.
- Mesa, N. C., Ochoa R., Welbourn, W.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), 1-185.
- Morales de la Cruz, C. (2017). Fluctuación poblacional y enemigos naturales de *Raiiella indica* Hirst en México. Tesis de maestría del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México.
- Ochoa-Flores, A. A., Hernández-Becerra, J. A., López-Hernández, E., Campos-

Ruiz, R. & De la Cruz-Sánchez, A. (2019) Contenido de azadiractina en el aceite extraído del germen de las semillas y de las hojas del árbol de neem (*Azadirachta indica* A. juss). *Biotecnología en Ciencias Agropecuarias* (ed. Perera-García, M.A., Gallegos-Morales, I, Chay-Canul, A.J., Mendoza-Palacios, J.D., Ojeda-Robertos, N.F., & Cantú-Garza, R.A.), pp. 53-68. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.

Ochoa, R., Beard, J. J., Bauchan, G. R., Kane, E. C., Dowling, A. P. G. & Erbe, E. F. (2011). Herbivore exploits chink in armor of host. *American Entomologist*, 57(1), 26-29

Palomares-Pérez, M., Contreras-Bermúdez, Y., Grifaldo-Alcántara, P. F., García-García, R. E., Bravo-Núñez, M. & Arredondo-Bernal, H. C. (2021). Predation capacity and larval development of *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae) fed with *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Cuyo*, 53(2), 225-231.

Paul, J. H. A., Seaforth C. E. & Tikasingh, T. (2011). *Eryngium foetidum* L.: A review. *Fitoterapia*, 82, 302–308.

Pino, O., Sánchez, Y. & Rojas, M. M. (2013) Plant secondary metabolites as an alternative in pest management. *Revista de Protección Vegetal*, 28, 81-94.

Peterson, G. L. (1979). Revisión del método de cuantificación de proteína de folio de Folin de Lowry, Rosebrough, Farr y Randall. *Analytical biochemistry*, 100(2), 201-220. DOI: 10.1016/0003-2697(79)90222-7.

Pino, O., Sánchez, Y., Rojas, M. M., Rodríguez, H., Abreu, Y., Duarte, Y., Martínez, B., Peteira, B., Correa, T. M. & Martínez, D. (2011). Composición química y actividad plaguicida del aceite esencial de *Melaleuca quinquenervia* (Cav) S.T. Blake. *Revista de Protección Vegetal*, 26(3), 177-186.

Polanco-Arjona, C. A., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L. U., Márquez-Quiroz, C., De la Cruz-Lázaro, E., Salinas-Fernández, R. M. & Hernández-García, V. (2017). Colonization, Abundance, and Damage of *Raoiella indica* Hirst on Cultivars of *Musa* spp. at Tabasco, México. *Southwestern Entomologist*, 42(2), 363-374.

Pupiro-Martínez, L. A., Pérez, Y. & Pino-Pérez, O. (2018). Acaricidal activity of essential oils from species belonging to Myrtaceae, Lamiaceae and Rutaceae families against *Tetranychus tumidus* Banks. *Revista de Protección Vegetal*, 33(3).

Rabelo, C., Dos Santos, M., Viteri-Jumbo, L., Guedes J., Neoob de Carvalho, K., Marques, K., Sousa, E., Queiroz A. & Vieira, A. (2019). Bioactividad de *Spilanthes acmella* (Asteraceae) a *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) y selectividad al depredador *Amblyseius largoensis* (Acari: Phytoseiidae). *Revista de Protección Vegetal*, 34(1). <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v34n1/2224-4697-rpv-34-01-e08.pdf>

Rao, P., Navinchandra S. & Jayaveera, K. N. (2012). An important spice, *Pimenta dioica* (Linn.) Merrill: A Review. *International Current Pharmaceutical Journal*, 1(8), 221-225.

Rivas, K., Rivas, C. & Gamboa, L. (2015). Composición química y actividad antimicrobiana del aceite esencial de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Multiciencias*, 15(3), 281-289.

Rodrigues, J., Domingos, L., da Silva, Silveira, K., Sekiguchi, M., Da Silva, J. & Souza, S. (2020). Mortalidade de *Raoiella indica* Hirst, 1924 (Acari: Tenuipalpidae) sob ação, *in vitro*, de acaricidas. *Society and Development*, 9(9). DOI 10.33448/rsd-v9i9.7599

Rodríguez, H., Montoya, A. & Ramos, M. (2007). *Raoiella indica* hirst (acari: Tenuipalpidae): una amenaza para Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 22(3), 142-153.

Rodríguez-Montero, L., Berrocal-Jiménez, A., Campos-Rodríguez, R. & Madriz-

Martínez, M. (2020). Determinación de la actividad biocida de extractos vegetales para el combate de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). *Revista Tecnología en Marcha*, 33(3). <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v33i3.4373>

Rojas, L., Jaramillo, C. & Lemus, M. (2015). *Métodos analíticos para la determinación de metabolitos secundarios. UTMACH*, 1. Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Ruiz-Jimenez, K.Z., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L.U., Ochoa-Flores, A.A., Silva-Vasquez, R. & Mendez-Zamora, G. (2021). Acaricidal activity of plant extracts against the red palm mite *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 80(1), 33-39.

SADER. (2022, mayo 28). *Producción de copra y coco en México*. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/produccion-de-copra-y-cocoenmexico?idiom=es#:~:text=Guerrero%2C%20Jalisco%20y%20Sin%20aloa%20son,de%2025%20mil%209%20toneladas>.

Sánchez-Vázquez, E.P., Osorio-Osorio, R., Hernández-Hernández, L.U., Hernández-García, V., Marquez-Quiroz, C. & De la Cruz-Lázaro, E. (2017). Toxicidad de acaricidas para el ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae). *Agrociencia*, 51, 81-90.

SAS Institute Inc. (2022). SAS OnDemand for Academics. SAS® Studio release 9.04. Cary, NC, USA.

SENASICA. (2014). *Ácaro rojo de las palmas (Raoiella indica Hirst)*. Dirección General de Sanidad Vegetal - Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica No. 14. 23. Ciudad de México, México.

SENASICA. (2017). *Manual operativo de la campaña contra ácaro rojo de las palmas*. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Dirección general de sanidad vegetal. Ciudad de México, México.

SENASICA. (2018). *Estrategia operativa de la campaña contra ácaro rojo de las palmas*. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Sanidad vegetal. Ciudad de México, México.

SIAP. (2023, febrero 18). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Silva, A., Lagunes, A., Rodríguez, J. C. & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: Una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 66, 4-12.

Tiwari, R. & Rana, C.S. (2015) Plant secondary metabolites: a review. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3, 661-670.

Trujillo, J., Ortiz, J. & Martínez, D. (2019). Disposición a pagar por productos orgánicos en Texcoco, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(7), 1685-1691.

Valentín-Pérez, Y., Mansilla, A. A. H., Gómez, R. S., Mayea, A. L., Montenegro, R. V. & Sánchez, J. D. A. (2018). Fitófagos de banano y plátano bajo condiciones de cambio climático en Cuba. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(2), 141-157.

Van Leeuwen, T., Tirry, L., Yamamoto, A., Nauen, R. & Dermauw, W. (2015). The economic importance of acaricides in the control of phytophagous mites and an update on recent acaricide mode of action research. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 121, 12-21.

Vargas B., Guerrero D., Ramos, Y. M., Bestard, G. & Rodríguez, R. (2021). Agricultura suburbana: biodiversidad, servicios ecosistémicos y control natural de plagas agrícolas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*,

	<p>4(1), 137-146.</p> <p>Whalon, M. E., Mota-Sanchez, D., & Hollingworth, R. M. (2008). <i>Global pesticide resistance in arthropods</i>. CAB International. Oxfordshire, UK.</p> <p>Velázquez, A. (2020). <i>Manejo de especies de Colletotrichum aisladas de pimienta dioica con extractos vegetales</i>. Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México.</p> <p>Yáñez, P., Escoba, A., Molina, C. & Zapata, G. (2014). Comparación de la actividad acaricida de los aceites esenciales de <i>Ocimum basilicum</i>, <i>Coriandrum sativum</i> y <i>Thymus vulgaris</i> contra <i>Tetranychus urticae</i>. <i>Revista de Ciencias de la Vida</i>, 19(1), 21-33.</p> <p>Zar, J. H. (2010). <i>Biostatistical Analysis</i>. 5th ed. Prentice Hall, NJ.</p>
--	--

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.