



**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL**

**EVALUACIÓN DE ACEITES ESENCIALES PARA EL
MANEJO DE MOSQUITA BLANCA (*Bemisia tabaci* Genn)
Y ARAÑA ROJA (*Tetranychus urticae* Koch)**

TESIS

Que presenta:

Angel Manuel Herrera Gorocica

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Doctorado en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable

Director de tesis:

Dr. Esaú Ruiz Sánchez

Conkal, Yucatán, México

Septiembre, 2023





Conkal, Yucatán, México, a 08 de septiembre del 2023

El comité de tesis del candidato a grado: M.C. Angel Manuel Herrera Gorocica, constituido por los CC. Dr. Esaú Ruiz Sánchez, Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez, Dra. María de los Ángeles Sánchez Contreras, Dr. Emanuel Hernández Núñez, y Dr. Luis Latournerie Moreno habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico-metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: **EVALUACIÓN DE ACEITES ESENCIALES PARA EL MANEJO DE MOSQUITA BLANCA (*Bemisia tabaci* Genn) Y ARAÑA ROJA (*Tetranychus urticae* Koch)**, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dr. Esaú Ruiz Sánchez
Director de Tesis

Dra. María de los Ángeles Sánchez Contreras
Asesor de Tesis

Dr. Horacio Salomón Ballina Gómez
Asesor de Tesis

Dr. Emanuel Hernández Núñez
Asesor de Tesis

Dr. Luis Latournerie Moreno
Asesor de Tesis



Conkal, Yucatán, México a 08 de septiembre del 2023.

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Angel Manuel Herrera Gorocica

AGRADECIMIENTOS

A mi comité, conformado por el Dr. Esaú Ruiz-Sánchez, la Dra. María de los Ángeles Sánchez Contreras, el Dr. Horacio Ballina-Gómez, el Dr. Emanuel Hernández Núñez y el Dr. Luis Latournerie Moreno, por la magnífica asesoría brindada a lo largo de lo que duró el Doctorado, por la increíble calidad humana que poseen, su paciencia y por haberme apoyado en la recta final a concluir este documento.

Al Dr. Raciél Estrada, el Dr. Felipe de J. González y al Dr. Ben-Hur Chuc, por apoyarme e instruirme durante mi estancia académica en el ITESCAM de Calkiní, Campeche.

Al antes Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), ahora Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCT) por brindarme el apoyo económico para la realización de mis estudios de Doctorado.

Al Instituto Tecnológico de Conkal, por todo el apoyo en la logística e implementación de los diversos proyectos y por brindarme las instalaciones para poder llevarlos a cabo.

A mi compañero, colega, colaborador y amigo el Dr. Marcos Cua, con quien pasé horas y horas en el laboratorio evaluando ácaros y mosquitas.

A los famosos 88, conformado por Roberto Ruiz, Jesús Clemente, Walther Torres y Rodrigo Cauich. Por sus valiosas aportaciones a mi formación personal y profesional durante la travesía doctoral.

A todos los estudiantes de licenciatura que, como parte de su formación, amablemente me apoyaron en la implementación, mantenimiento y recolecta de datos en los diversos experimentos de campo. Sin su valiosa ayuda no hubiera sido posible éste trabajo.

A Lina y Yenni, por apoyarme y agilizar todos los trámites que fueron necesarios para poder cumplir en tiempo y forma el título.

A mis padres Don Miguel Herrera y Doña María Gorocica, que me enseñaron a nunca rendirme.

Y, por último, pero no menos importante, a quien me apoyo de inicio a fin en este proceso. A mi confidente, mi tranquilizante, quien siempre me mantuvo sereno para no mandar a todos a la chingada, a mi amorcito, la futura doctora Monserrat Esquivel.

DEDICATORIA

*“A quienes creyeron en mí, pero en especial a quienes
no lo hicieron”*

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	XI
ABSTRACT	XII
I. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.2.1 Actividad insecticida y acaricida de los aceites esenciales de plantas aromáticas en <i>Bemisia tabaci</i> y <i>Tetranychus urticae</i>	2
1.2.2 Compuestos orgánicos volátiles (COV) y su actividad en <i>Bemisia tabaci</i> y <i>Tetranychus urticae</i>	3
1.2.3 Plantas aromáticas con potencial para el manejo de plagas primarias en la Península de Yucatán.....	5
1.3 HIPÓTESIS	7
1.4 OBJETIVOS.....	7
1.4.1 General	7
1.4.2 Específicos	8
1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL	8
1.6 BIBLIOGRAFÍA.....	8
II. CAPÍTULO 2. EFFECTS OF ESSENTIAL OILS ON MORTALITY AND POPULATION DENSITY OF THE WHITEFLY (<i>BEMISIA TABACI</i> GENN.) AND THE TWOSPOTTED SPIDER MITE (<i>TETRANYCHUS URTICAE</i> KOCH) IN THE GREENHOUSE (<u>ARTÍCULO SOMETIDO A ARCHIVES OF PHYTOPATHOLOGY AND PLANT PROTECTION</u>)	17
ABSTRACT	17
III. CAPÍTULO 3. EFFECT OF ESSENTIAL OILS AND THEIR RESIDUAL EXTRACTS ON THE MORTALITY AND POPULATION DENSITY OF <i>BEMISIA TABACI</i> GENN IN GREENHOUSES. (<u>ARTÍCULO EN PREPARACIÓN PARA SOMETER A JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION</u>)	18
ABSTRACT.....	18
IV. CAPÍTULO 4. EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE <i>LIPPIA ORIGANOIDES</i> KUNTH Y DOS DE SUS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE <i>TETRANYCHUS URTICAE</i> KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE) Y <i>BEMISIA TABACI</i> GENN (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN INVERNADERO. (<u>ARTÍCULO PUBLICADO EN TROPICAL AND SUBTROPICAL AGROECOSYSTEMS</u>)	19
RESUMEN	19
V. CAPÍTULO 5. EVALUATION OF SWINE BIOSOLIDS AND BIORATIONAL INSECTICIDES IN TOMATO CULTIVATED IN LOW-TECH	

GREENHOUSE. (ARTÍCULO EN PREPARACIÓN PARA SOMETER A AGRICULTURAL RESEARCH) 20
ABSTRACT 20
VI. CAPÍTULO 6. CONCLUSIÓN GENERAL..... 21

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 2. EFFECTS OF ESSENTIAL OILS ON MORTALITY AND POPULATION DENSITY OF THE WHITEFLY (<i>Bemisia tabaci</i> GENN.) AND THE TWOSPOTTED SPIDER MITE (<i>Tetranychus urticae</i> KOCH) IN THE GREENHOUSE (ARTÍCULO SOMETIDO A ARCHIVES OF PHYTOPATHOLOGY AND PLANT PROTECTION)	17
Table 1. List of plant species used as source of essential oils (EOs).	20
Table 2. Compounds identified by GC-MS in the essential oils from mexican oregano leaves, grapefruit fruit peel, albahaca leaves, and sour orange fruit peel.....	28
CAPÍTULO 3. EFFECT OF ESSENTIAL OILS AND THEIR RESIDUAL EXTRACTS ON THE MORTALITY AND POPULATION DENSITY OF <i>Bemisia tabaci</i> GENN IN GREENHOUSES. (ARTÍCULO EN PREPARACIÓN PARA SOMETER A JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION)	37
Table 1. Repellency index of treatments based on EOs and hydrosols of <i>P. alliacea</i> and <i>P. amboinicus</i>	44
CAPÍTULO 4. EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE <i>Lippia origanoides</i> KUNTH Y DOS DE SUS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE <i>Tetranychus urticae</i> KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE) Y <i>Bemisia tabaci</i> GENN (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN INVERNADERO. (ARTÍCULO ACEPTADO EN TROPICAL AND SUBTROPICAL AGROECOSYSTEMS)	55
Tabla 1. Compuestos mayoritarios identificados en el aceite esencial de <i>Lippia origanoides</i>	66
CAPÍTULO 5. EVALUATION OF SWINE BIOSOLIDS AND BIORATIONAL INSECTICIDES IN TOMATO CULTIVATED IN LOW-TECH GREENHOUSE. (ARTÍCULO EN PREPARACIÓN PARA SOMETER A JOURNAL OF AGRONOMY)	80
Table 1. Chemical analysis of swine biosolid	83
Table 2. Description of treatments for the management of <i>Bemisia tabaci</i> in tomato (<i>Solanum lycopersicum</i>)	85

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Figura 1. Diagrama del procedimiento experimental.....	8
CAPÍTULO 2. EFFECTS OF ESSENTIAL OILS ON MORTALITY AND POPULATION DENSITY OF THE WHITEFLY (<i>Bemisia tabaci</i> GENN.) AND THE TWOSPOTTED SPIDER MITE (<i>Tetranychus urticae</i> KOCH) IN THE GREENHOUSE (ARTÍCULO SOMETIDO A ARCHIVES OF PHYTOPATHOLOGY AND PLANT PROTECTION)	17
Figure 1. Mean (\pm SE) mortality of <i>Bemisia tabaci</i> eggs (A) and nymphs (B) 48 h after treatment with the EOs (0.2% v/v) from mexican oregano, grapefruit, albahaca or sour orange. Means that do not share the same letters differed significantly (GLM, n = 20, p < 0.05).....	23
Figure 2. Mean (\pm SE) mortality of <i>Tetranychus urticae</i> adults (A) and nymphs (B) 24 h after treatment with EOs (0.2% v/v) from mexican oregano, grapefruit, albahaca or sour orange. Means that do not share the same letters differed significantly (GLM, n = 10, p < 0.05).	24
Figure 3. Mean density (\pm SE) of <i>Bemisia tabaci</i> adults (A) and eggs (B) in leaves of eggplants 2, 4, 8 and 12 days after treatment with EOs (0.2% v/v) from mexican oregano, grapefruit, albahaca or sour orange. Means that do not share the same letters differed significantly (ANOVA, n = 10, p < 0.05).	25
Figure 4. Mean density (\pm SE) of <i>Tetranychus urticae</i> adults (A) and nymphs (B) in leaves of eggplants 2, 4, 8 and 12 days after treatment with EOs (0.2% v/v) from mexican oregano, grapefruit, albahaca or sour orange. Means that do not share the same letters letters differed significantly (ANOVA, n = 10, p < 0.05).	26
CAPÍTULO 3. EFFECT OF ESSENTIAL OILS AND THEIR RESIDUAL EXTRACTS ON THE MORTALITY AND POPULATION DENSITY OF <i>Bemisia tabaci</i> GENN IN GREENHOUSES. (ARTÍCULO EN PREPARACIÓN PARA SOMETER A JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION)	37
Figure 1. Mortality of <i>B. tabaci</i> eggs and nymphs produced by EOs of <i>P. amboinicus</i> , <i>P. alliacea</i> and <i>B. simaruba</i> after 48 h of application. The oils were applied at a concentration of 0.01%, 0.05% and 0.2% (v/v). The bars (mean \pm standard error) that do not share letters are significantly different (GLM, n=10, p < 0.05).	42
Figure 2. Mortality of eggs (A) and nymphs (B) of <i>B. tabaci</i> produced by the hydrosols of <i>P. amboinicus</i> and <i>P. alliacea</i> after 48 h of application. The hydrosols were applied at a concentration of 0.01%, 0.05% and 0.2% (v/v). The bars (mean \pm standard error) that do not share letters are significantly different (GLM, n=10, p < 0.05).	43
Figure 3. Mean number (\pm EE) per cm ² of adults and eggs of <i>Bemisia tabaci</i> on eggplant leaves treated with EOs from <i>P. amboinicus</i> and <i>P. alliacea</i> at 1, 2, 7 and 14 days after applications. The bars (mean \pm standard error) that do not share letters are significantly different (Anova, n=10, p < 0.05).	45
Figure 4. Mean number (\pm SE) per cm ² of <i>Bemisia tabaci</i> nymphs on eggplant leaves treated with EOs from <i>P. amboinicus</i> and <i>P. alliacea</i> at 1, 2, 7 and 14 days after applications. The bars (mean \pm standard error) that do not share letters are significantly different (Anova, n=10, p < 0.05).	46

CAPÍTULO 4. EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE *Lippia origanoides* KUNTH Y DOS DE SUS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE) Y *Bemisia tabaci* GENN (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN INVERNADERO. (ARTÍCULO ACEPTADO EN TROPICAL AND SUBTROPICAL AGROECOSYSTEMS)..... 55

Figura 1. Porcentaje de mortalidad corregida en adultos (A) y ninfas (B) de *T. urticae* producido por AE de *L. origanoides*, timol y carvacrol a concentraciones de 0.2 % y 0.01 % (v/v). Las evaluaciones se hicieron a las 24 h posteriores a la aplicación. Las barras representan las medias \pm error estándar. Medias que no comparten letras son diferentes significativamente (GLM, n=10, p < 0.05). 63

Figura 2. Porcentaje de mortalidad corregida en huevos (A) y ninfas (B) de *B. tabaci* producido por AE de *L. origanoides*, timol y carvacrol a concentraciones de 0.2 % y 0.01 % (v/v). Las evaluaciones se hicieron a las 48 h posteriores a la aplicación. Las barras representan las medias \pm error estándar. Medias que no comparten letras son diferentes significativamente (GLM, p < 0.05; Prueba post-hoc Bonferroni). 64

Figura 3. Porcentaje de repelencia de ácaros móviles y disuasión de oviposición de *T. urticae* producida por el AE de *L. origanoides*, carvacrol y timol a los 2 y 5 días de la aplicación. Los tratamientos se aplicaron a una concentración de 0.2 % y 0.01 % (v/v). Las barras (media \pm error estándar) que no comparten letras son significativamente diferentes (ANOVA, p < 0.05; Prueba post-hoc Tukey). 65

Figura 4. Porcentaje de repelencia de adultos y disuasión de oviposición de *B. tabaci* producida por el AE de *L. origanoides*, carvacrol y timol a los 2 y 5 días de la aplicación. Los tratamientos se aplicaron a una concentración de 0.2 % y 0.01 % (v/v). Las barras (media \pm error estándar) que no comparten letras son significativamente diferentes (ANOVA, p < 0.05; Prueba post-hoc Tukey). 66

CAPÍTULO 5. EVALUATION OF SWINE BIOSOLIDS AND BIORATIONAL INSECTICIDES IN TOMATO CULTIVATED IN LOW-TECH GREENHOUSE. (ARTÍCULO EN PREPARACIÓN PARA SOMETER A JOURNAL OF AGRONOMY)..... 80

Figure 1. Variation in the physiology of tomato plants with the incorporation of different levels of swine biosolids..... 87

Figure 2. Average yield and average number of tomato fruits in a crop fertilized with different levels of swine biosolids under greenhouse conditions..... 88

Figure 3. Variation in the population density of *B. tabaci* in a tomato crop var. Express pony with applications of biorational treatments, under greenhouse conditions. 90

RESUMEN

El uso de productos botánicos para el manejo de plagas puede reducir el uso de plaguicidas químicos en la agricultura. En este sentido, los aceites esenciales (AE) y sus componentes representan una opción viable debido a los efectos tóxicos y repelentes sobre una amplia gama de ácaros e insectos plagas. En el presente estudio, se planteó como objetivo general evaluar el efecto de aceites esenciales, hidrosoles y compuestos orgánicos volátiles (COVs) de siete especies de plantas aromáticas con presencia en la Península de Yucatán, y con potencial para el manejo de *Bemisia tabaci* Genn y *Tetranychus urticae* Koch bajo condiciones de invernadero. El presente proyecto de tesis se integró en tres fases. En la fase uno se evaluaron los efectos de los siete AE y dos hidrosoles, de los cuales el AE de *Lippia origanoides* Kunth y el hidrosol de *Plectranthus amboinicus* Lour fueron los mejores para controlar las poblaciones de *B. tabaci* y *T. urticae* bajo condiciones ambientales fluctuantes de invernadero. En la fase dos, se compararon los efectos tóxicos y repelentes del AE de *L. origanoides*, con sus principales COVs (carvacrol y timol) sobre *T. urticae* y *B. tabaci* bajo condiciones ambientales fluctuantes, como en la fase uno, siendo más efectivo el AE de *L. origanoides* que sus dos componentes. En la fase tres, los tratamientos más sobresalientes de las fases anteriores fueron evaluados en un paquete biorracional (botánicos experimentales) y comparados con dos paquetes comerciales (botánicos y químicos convencionales), resultando los paquetes botánicos experimentales y comerciales igual de efectivos que el paquete químico convencional para controlar las poblaciones de *B. tabaci*, con fuertes tendencias a reducir aún más, la infestación de la plaga en un cultivo de tomate comercial en un invernadero de baja tecnología.

ABSTRACT

The use of botanicals for pest management can reduce the use of chemical pesticides in agriculture. In this sense, essential oils (EA) and their components represent a viable option due to their toxic and repellent effects on a wide range of mites and insect pests. In the present study, the general objective was to evaluate the effect of essential oils, hydrosols and volatile organic compounds (VOCs) of seven species of aromatic plants present in the Yucatan Peninsula, and with potential for the management of *Bemisia tabaci* Genn and *Tetranychus urticae* Koch under greenhouse conditions. This thesis project was integrated into three phases. In phase one, the effects of the seven EOs and two hydrosols were evaluated, of which the EO from *Lippia origanoides* Kunth and the hydrosol from *Plectranthus amboinicus* Lour were the best to control the populations of *B. tabaci* and *T. urticae* under environmental conditions fluctuating greenhouse. In phase two, the toxic and repellent effects of EO from *L. origanoides* were compared with its main VOCs (carvacrol and thymol) on *T. urticae* and *B. tabaci* under fluctuating environmental conditions, as in phase one, being more effective the AE of *L. origanoides* than its two components. In phase three, the most outstanding treatments from the previous phases were evaluated in a biorational package (experimental botanicals) and compared with two commercial packages (botanical and conventional chemicals), resulting in the experimental and commercial botanical packages being equally effective as the chemical package method to control the populations of *B. tabaci*, with strong tendencies to further reduce the infestation of the pest in a commercial tomato crop in a low-tech greenhouse.

I. CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 INTRODUCCIÓN

Los insecticidas y acaricidas organosintéticos modernos actúan principalmente a través del sistema nervioso de los insectos, donde ejercen su efecto de forma no selectiva (Loetti y Belloq 2017; Correy *et al.* 2019). En la actualidad se ha documentado una lista amplia de problemas asociados al uso de insecticidas y acaricidas organosintéticos como son la contaminación ambiental (Bai, *et al.* 2006), residuos en las cosechas (Sharma, *et al.* 2010), daños a la salud humana (Yang, *et al.* 2019) y selección de poblaciones resistentes (Correy *et al.*, 2019). Por ello, en los últimos años se ha tratado de encontrar nuevas alternativas al manejo de las plagas pero que sean igual de efectivas (Montejo-Canul *et al.*, 2019; Góngora-Gamboa *et al.*, 2020).

Los aceites esenciales contienen compuestos volátiles orgánicos producidos por los metabolitos secundarios de las plantas que le dan su olor característico y se encargan de la interacción insecto-planta (Isman, *et al.* 2010). Se han realizado muchos estudios sobre la actividad biológica de los aceites esenciales como insecticidas, bactericidas, acaricidas, viricidas, fungicidas, antiparasitario, citotóxicos y cosméticos, medicinales y en aplicaciones alimentarias (Bakkali, *et al.* 2008; Kyarimpa, *et al.* 2014). Muchos de estos aceites esenciales de plantas y sus principales componentes son tóxicos para los insectos y los ácaros y tienen un comportamiento activo a concentraciones subletales (Isman, *et al.* 2010). La Península de Yucatán también cuenta con plantas con dichos componentes, algunas de esas plantas son *O. micranthum* Willd, *P.amboinicus* Lour, *P. alliacea* L., *L. origanoides* Khunt, *Bursera simaruba* (L.) Sarg, *Citrus x aurantium* L. y *Citrus x paradisi* Macfad. que según diversos autores presentan compuestos que han sido probados como potentes bactericidas y fungicidas (Pino, *et al.*, 2009; Senthilkumar y Venkatesalu, 2010; Ayedoun, 1998), pero que no han sido probados contra *Bemisia tabaci* y *Tetranychus urticae*, dos de las principales plagas de importancia agrícola. Éstos compuestos actúan de diversas maneras en los insectos, interrumpiendo canales en el sistema neuronal o actuando en los demás sistemas provocando modificaciones conductuales y eventualmente su muerte (Enan, 2001).

La búsqueda de nuevos compuestos plaguicidas, ambientalmente aceptables ha estimulado la bioprospección de productos derivados de plantas para el manejo de plagas

agrícolas (Souto *et al.*, 2021). En este contexto, los aceites esenciales y sus compuestos orgánicos volátiles (COVs) han mostrado gran potencial para el manejo de plagas en la agricultura debido a sus efectos tóxicos y repelentes sobre los insectos y ácaros (Ebadollahi *et al.*, 2020). Por otro lado, el estudio de los esquilmos derivados de la producción de AE como agentes de manejo de plagas es escaso, por ejemplo, solo existen dos trabajos previos realizados en laboratorio donde aplicaron los hidrosoles sobre *Myzus persicae*, con resultados prometedores (Petrakis *et al.*, 2014; Zekri *et al.*, 2016).

Por lo anterior, el uso de productos biorracionales en la producción agrícola se considera un pilar fundamental de la agricultura sostenible y de la producción inocua de alimentos. Por lo tanto, se hace fundamental la investigación y evaluación de nuevos productos biorracionales para el manejo de plagas en hortalizas bajo condiciones de invernadero y campo.

1.2 ANTECEDENTES

1.2.1 Actividad insecticida y acaricida de los aceites esenciales de plantas aromáticas en *Bemisia tabaci* y *Tetranychus urticae*

Las plantas producen una gran variedad de metabolitos secundarios, crean y almacenan una amplia gama de componentes volátiles orgánicos en flores, hojas, frutos y raíces, que son liberados al ambiente por diferentes factores, ya sean bióticos o abióticos (Hegde, *et al.* 2012). Dichos metabolitos secundarios componen a los aceites esenciales, y algunos de éstos presenta acción insecticida y acaricida, característica que los ha convertido en una opción generalizada para buscar nuevos agentes de control de plagas, pues son menos dañinos para el medio ambiente y la salud humana (Souza y Vendramim, 2000; Baldin, *et al.* 2007). Dichos esfuerzos de investigación se han dedicado a la búsqueda específica de los compuestos naturales con acción tóxica sobre organismos plaga, especialmente el estudio de los aceites esenciales, mostrando el potencial de los volátiles de plantas como repelentes, insecticidas o acaricidas (Kim, *et al.* 2011; Aslan, *et al.* 2004; Calmasur, *et al.* 2006; Zandi-Sohani, *et al.* 2012).

En *B. tabaci* se ha observado en diversas ocasiones que, al aplicar los aceites esenciales son capaces de causar repelencia y disuadir su oviposición, así mismo, también se han observado sus efectos ovicidas e insecticidas, así como la disminución de sus poblaciones al aplicar los aceites como paquetes biorracionales (Gaire, *et al.* 2019; Ebadollahi, *et al.* 2020). En adultos el fruto de *Schinus terebinthifolius* causó 38 % de repelencia (Hussein, *et al.* 2017); los aceites de frutos de *Zanthoxylum rhoifolium* y *Zanthoxylum riedelianum* disminuyeron la oviposición en 85 y 98% respectivamente (Costa, *et al.* 2017). Para adultos y ninfas, se ha logrado reducir la mortalidad hasta un 81% con los aceites de ricino, sésamo, cítricos y neem (de Almeida Marques, *et al.* 2014). El aceite de soya en paquetes biorracionales presentó la misma eficacia que el control químico convencional sobre las poblaciones de *B. tabaci* (Montejo-Canul *et al.*, 2019).

En *T. urticae*, los aceites esenciales de plantas del género Lamiacea han sido las más utilizadas como acaricidas. Se han hecho estudios diversos en laboratorio, donde se observaron los efectos repelentes y tóxicos sobre adultos, ninfas y huevos. Sin embargo, en los pocos estudios bajo condiciones ambientales fluctuantes donde se aplicaron los AE, se ha observado altos porcentajes de mortalidad y disuasión de la oviposición (Miresmailli e Isman 2006; Da Camara, *et al.*, 2015). En el 2006, Calmasur, *et al.* utilizó los vapores de los aceites esenciales de *Micromeria fruticosa*, *Nepeta racemosa* y *Origanum vulgare* y con 2 µl/L aire consiguió altos niveles de mortalidad al exponerlos por 120 min. En otros estudios utilizaron los aceites de *Satureja hortensis*, *Ocimum basilicum*, *Thymus vulgaris*, *Mentha pulegium*, *Mentha viridis*, *Rosemarinus officinalis* y *Zataria multiflora* obteniendo los mismos resultados, pero con dosis más elevadas (Aslan, *et al.* 2004; Zandi-Sohani y Ramezani, 2015). En el 2016, Pavela, *et al.* probó los aceites esenciales de 18 plantas y encontró que *Ocimum basilicum*, *Mentha spicata*, *M. arvensis*, *M. pulegium*, *Origanum majorana* y *Origanum compactum* lograron disminuir la oviposición hasta un 80%.

1.2.2 Compuestos orgánicos volátiles (COV) y su actividad en *Bemisia tabaci* y *Tetranychus urticae*

Los compuestos orgánicos volátiles que se encuentra en los aceites esenciales de plantas aromáticas como los monoterpenos y sesquiterpenos, son sustancias volátiles, lipofílicas e incoloras que representan algunos de los ejemplos mejor estudiados de defensa vegetal. Existe un consenso general de que estos compuestos constituyen un armamento básico en el

potencial defensivo de las plantas contra el ataque biótico, con funciones antiherbívoras, antibacterianas, antifúngicas y alelopáticas (Langenheim, 1994; Lee, *et al.* 2001).

Los compuestos defensivos de las plantas pueden mostrar una amplia gama de mecanismos de toxicidad que incluyen la alteración de la membrana, la inhibición del transporte o la transducción de señales, alteraciones metabólicas e incluso la interrupción del control hormonal de los procesos de desarrollo en insectos y ácaros (Karban y Kue, 1999; Harbone, 2001; Gatehouse, 2002). La naturaleza y la intensidad de las defensas inducidas pueden estar relacionadas con el tipo de daño sufrido por la planta, pues éstas parecen ser capaces de generar respuestas diferenciales a los diferentes tipos de herbivoría (Hartley y Lawton, 1987; Heidel y Baldwin, 2004). Por ello, muchos aceites esenciales de plantas y sus principales componentes son neurotóxicos para los insectos y los ácaros y tienen un comportamiento activo a concentraciones subletales (Isman, *et al.* 2010).

La proporción de los monoterpenos en los aceites esenciales varían con el tiempo al ser expuestas las hojas a insectos con diferentes hábitos alimenticios. Por ejemplo, al principio el mentona es más abundante en las hojas expuestas a insectos raspadores y se presenta con menor proporción en los insectos chupadores, pero después de 48 horas de exposición la proporción de las hojas expuestas a los chupadores se iguala con las hojas expuestas a masticadores (Banchio, *et al.* 2005). A pesar de esto, los aceites esenciales tienen una eficacia limitada contra los insectos masticadores más grandes (lepidópteros, coleópteros) (Isman, *et al.* 2010).

En *B. tabaci* se han aplicado diversos COVs en pruebas de fumigación con resultados favorables. Por ejemplo, algunos trabajos reportan comparaciones entre los efectos tóxicos y repelentes de los AE y sus principales componentes, donde mencionan que los COVs son igual de efectivos que sus AEs (Baldín, *et al.*, 2014; Li, *et al.*, 2021) Otros estudios reportan el efecto repelente del Geraniol y Citronelol sobre adultos de *B. tabaci* en condiciones de laboratorio (Déletre, *et al.*, 2015). Por otro lado, también se ha reportado que el Limoneno es capaz de inhibir la acetilcolinesterasa en *B. tabaci*, causando altos porcentajes de mortalidad (Zarrad, *et al.*, 2015).

En *T. urticae*, desde los noventa se ha aplicado los COVs provenientes de plantas de diferentes familias como una alternativa a los acaricidas sintéticos (Bettarini, *et al.*, 1993). A partir de entonces, la búsqueda de nuevos compuestos con potencial para controlar a esta plaga se hizo más evidente con resultados prometedores. Por ejemplo, el β -cariofileno sintetizado del AE de plantas de la familia Lauraceae causó el 98% de mortalidad con el método de fumigación (De Moraes, *et al.*, 2017). De Moraes, *et al.*, (2012) describió que el Eugenol resultó ser más tóxico que el AE de *E. langsdorffii* al aplicarlo como fumigante sobre *T. urticae*. Otros autores reportan que la aplicación de los terpenoides son una excelente alternativa para controlar las poblaciones de *T. urticae*, pero que su efectividad depende mucho del compuesto y del cultivo en el que se aplique (Tak e Isman, 2017; Souza, *et al.*, 2022)

1.2.3 Plantas aromáticas con potencial para el manejo de plagas primarias en la Península de Yucatán

Ocimum micranthum Willd. (*Ocimum campechianum* P. Mill)

Los aceites esenciales de diferentes especies del género *Ocimum* son aromatizantes naturales de importancia comercial. En *O. micranthum* la composición fitoquímica varía dependiendo del órgano de la planta y de la hora del día, así como el método utilizado para la extracción de sus compuestos (de Vasconcelos, *et al.* 1998; de Vasconcelos, *et al.* 2004a; de Vasconcelos, *et al.* 2004b). En estudios previos los únicos componentes que siempre se presentaron fueron Eugenol y B-cariofileno (Pino, *et al.* 2009; Carovic´-Stanko, *et al.* 2010; Charles, *et al.* 1990; de Vasconcelos, *et al.* 2004b). Con dichos compuestos se ha probado su actividad antifúngica y antibacterial con excelentes resultados (Carovic´-Stanko, *et al.* 2010; Vieira, *et al.* 2014; Sakkas y Papadopoulou, 2017).

Plectranthus amboinicus Lour

Es una hierba perenne perteneciente a la familia Lamiaceae. Sus compuestos fitoquímicos naturales son altamente valorados en la industria farmacéutica, además tiene propiedades hortícolas por su naturaleza aromática y capacidad de producción de aceites esenciales con actividades antimicrobianas, antiinflamatorias, antitumorales, cicatrizantes, antiepilépticas, larvicidas, antioxidantes y analgésicas. (Arumugam, *et al.* 2016; Pinheiro, *et al.* 2015; Erny, *et al.* 2014; Senthilkumar y Venkatesalu, 2010). Diversos estudios han

reportado los compuestos que presenta *P. amboinicus*, sobresaliendo el carvacrol y timol (Senthilkumar y Venkatesalu, 2010; Pinheiro, *et al.* 2015).

Petiveria alliacea L.

De la familia Phytolaccaceae, se caracteriza por su olor desagradable debido a los compuestos de azufre presentes en las hojas. Se produce en toda América Latina y se usa como ornamental o medicinal a través de infusiones de hojas y raíces (Braga, 1992). Estudios anteriores han reportado que los compuestos más abundantes son dominados por benzenoides y compuestos de polisulfuro con los componentes principales en alcohol bencílico, y carvacrol (Ayedoun, 1998; Neves, *et al.* 2011; Rosado-Aguilar, 2010; Zoghbi, *et al.* 2002; Kerdudo, *et al.* 2015). Debido a dichos componentes, el aceite esencial de *P. alliacea* se ha probado como acaricida en la horticultura y veterinaria (Neves, *et al.* 2011; Rosado-Aguilar, *et al.* 2010).

Lippia origanoides Kunth (*Lippia graveolens* H.B.K)

Los aceites de *L. origanoides* se caracterizan por su alto contenido de monoterpenos (70.0 - 87.2%). Encontrándose diferencias importantes entre los principales componentes, particularmente para carvacrol (0.2-44.8%), timol (18.1-7.4%) y p-cimeno (6.8-21.8%) (Lin, *et al.*, 2007; Martinez-Velazquez, *et al.* 2011). Debido a dichos componentes los aceites esenciales de orégano mexicano tienen una actividad acaricida muy potente a bajas concentraciones, además de disuadir la oviposición de ácaros de importancia veterinaria (Martinez-Velazquez, *et al.* 2011; Flores-Fernandez, *et al.* 2016) y recientemente probado como nematocida e insecticida para controlar *M. javanica* y larvas de *S. frugiperda* (Guevara, *et al.* 2018).

Bursera simaruba (L.) Sarg.

Es una especie de la familia Burseraceae, distribuida desde el Sur de Florida hasta Colombia y Venezuela, donde se le conoce como “Bálsamo de incienso”. Se ha reportado que el aceite de sus frutos presenta actividad antibacterial (Junor *et al.*, 2007; Moreno *et al.*, 2010), y que el contenido de sus metabolitos es muy variado, teniendo como compuestos mayoritarios al cis-O Cimeno, n-nonano y Germacrena-D, a-Terpineno, g-Terpineno, a-Pineno y p-Cimeno (Moreno, *et al.*, 2010; Rosales-Ovares y Cicció-Alberti, 2002)

Citrus xaurantium L.

Llamada comúnmente naranja agria, es una especie originaria de Asia, pero ampliamente distribuida en huertos de traspatio de la Península de Yucatán (González-Canché *et al.*, 2021). Trabajos recientes ha demostrado que la cáscara de naranja agria se puede utilizar como fuente de compuestos de valor agregado, como aceites esenciales, compuestos fenólicos y flavonoides (Covarrubias *et al.*, 2018; Ersus y Cam, 2007; Sawalha *et al.*, 2009). Los aceites esenciales de cáscara de naranja agria contienen D-Limoneno como compuesto mayoritario, y se ha reportado que estos presentan actividad virucida contra H1N1 (Fadja *et al.*, 2022).

Citrus xparadisi Macfad

La toronja rosada es un cítrico de gran importancia comercial, es originaria de Asia, pero cultivada en la región tropical de América. Investigaciones previas, demuestran que sus aceites esenciales presentan actividad antioxidante (Kaanin-Boudraa *et al.*, 2021), antifúngico (Delgado *et al.*, 2020) e insecticida (Zhang *et al.*, 2021).

1.3 HIPÓTESIS

El aceite esencial (AE) y los compuestos orgánicos volátiles (COVs), de al menos una de las plantas aromáticas con presencia en la Península de Yucatán presenta efecto tóxico y repelente contra *Bemisia tabaci* y *Tetranychus urticae* en invernadero.

La inclusión de los AEs y COVs como tratamientos para el manejo de plagas en tomate, permite la supresión de las poblaciones de *Bemisia tabaci* y *Tetranychus urticae*, similar al tratamiento químico convencional.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Evaluar el efecto de los aceites esenciales (AEs) y sus derivados, provenientes de especies de plantas aromáticas con presencia en la Península de Yucatán, y con potencial para el

manejo de *Bemisia tabaci* Genn y *Tetranychus urticae* Koch en solanáceas bajo condiciones de invernadero.

1.4.2 Específicos

Evaluar la actividad tóxica y repelente de aceites esenciales de especies de plantas aromáticas con presencia en la Península de Yucatán y determinar su perfil cromatográfico.

Evaluar el efecto tóxico y repelente de dos compuestos orgánicos volátiles en *Tetranychus urticae* y *Bemisia tabaci*.

Evaluar la integración de tratamientos biorracionales a base de aceites esenciales para el manejo de plagas en un cultivo de tomate con incorporación de abono orgánico.

1.5 PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

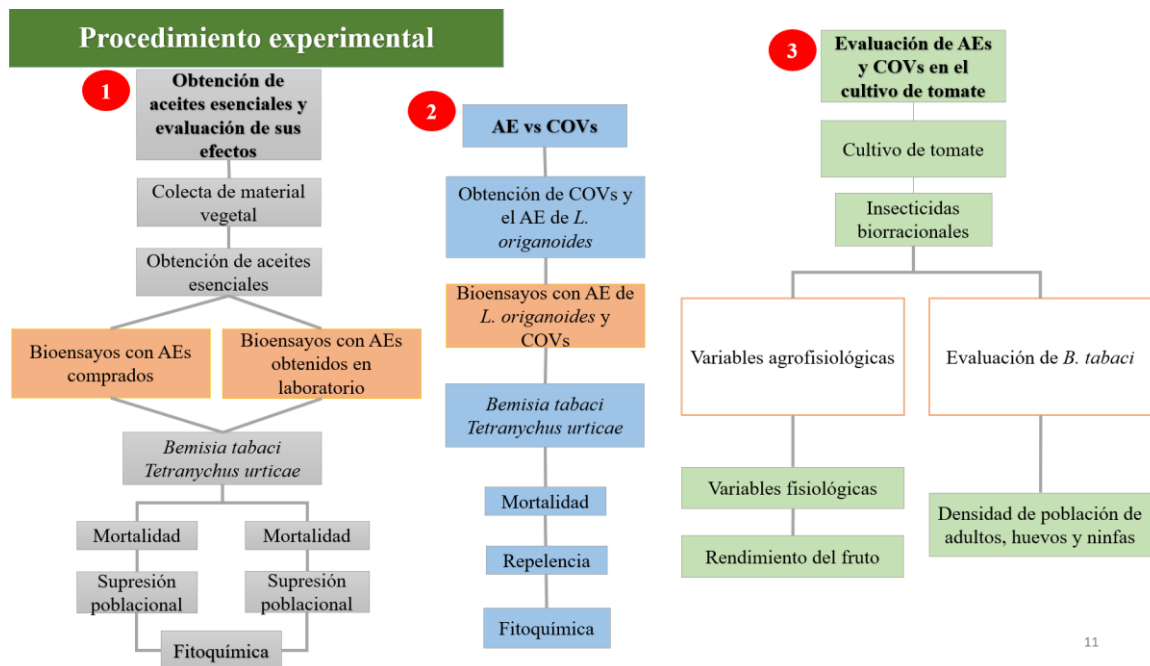


Figura 1. Diagrama del procedimiento experimental

1.6 BIBLIOGRAFÍA

Arumugam G, Kumara M, Rani U. 2016. *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng: Botanical phytochemical, pharmacological and nutritional significance. *Molecules*. 21(369)

- Aslan I, Özbek H, Calmasur Ö, Sahin F. 2004. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind Crop Prod* 19: 167–173
- Ayedoun MA, Moudachirou M, Sossou PV, Garneau F-X, Ganon H, Jean F-I. 1998. Volatile constituents of the Root oil of *petiveria alliaceae* L. from benin. *J. Essential oil Research*. 10: 665-646
- Bai Y, Zhou L, and Wang J. 2006. Organophosphorus pesticide residues in market foods in Shaanxi area, China. *Food Chemistry*. 98(2): 240–242
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. 2008. Biological effects of essential oils – a review. *Food Chem Toxicol*. 46: 446–475
- Baldin ELL, Vendramim JD, Lourenção AL. 2007. Interaction between resistant tomato genotypes and plant extracts on *Bemisia tabaci* (Genn.) biotype B. *Sci Agric*. 64: 476–481
- Banchio E, Zygadlo J, Valladares GR. 2005. Quantitative variations in the essential oil of *Minthostachys mollis* (Kunth.) Griseb. In response to insects with different feeding habits. 53: 6903-6906.
- Bettarini F, Borgonovi GE, Fiorani T, Gagliardi I, Caprioli V, Massardo P, Chapya A. 1993. Antiparasitic compounds from East African plants: Isolation and biological activity of anonaine, matricarianol, canthin-6-one and caryophyllene oxide. *International Journal of Tropical Insect Science*. 14(01): 93–99.
- Born FS, Gomes da Câmara CA, De Moraes MM, Melo JPR. 2022. Acaricidal properties of the selected components, blends and essential oils of species of genus *Protium* (Burseraceae) against *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Austral Entomology*. 61: 258– 264.
- Braga R. 1992. *Plantas do Nordeste, Especialmente do Ceará*. 3rd ed., vol. XLII, Coleção Mossoroense. Natal, RN. Brasil.
- Calmasur O, Aslan I, Sahin F. 2006. Insecticidal and acaricidal effect of three Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. *Ind Crop Prod*. 23: 140–146.

- Carovic´-Stanko K, Orlic´ S, Politeo O, Strikic´ F, Kolak I, Milos M, Satovic Z. 2010. Composition and antibacterial activities of essential oils o seven *Ocimum* taxa. Food Chemistry. 119: 196-201
- Charles DJ, Simon JE, Wood KV. 1990. Essential oil constituents of *ocimum micranthum* Willd. J Agric Food Chem. 38: 120-122.
- Correy GJ, Zaidman D, Harmelin A, Carvalho S, Mabbitt PD, Calaora V, James PJ, Kotze AC, Jackson CJ, London N. 2019. Overcoming insecticide resistance through computational inhibitor design. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 116(42): 21012-21021
- Covarrubias-Cárdenas A, Patrón-Vázquez J, Espinosa-Andrews H, Ayora-Talavera T, García-Ruiz U, Pacheco N. 2018. Antioxidant Capacity and UPLC–PDA ESI–MS Polyphenolic Profile of *Citrus aurantium* Extracts Obtained by Ultrasound Assisted Extraction. J. Food Sci. Technol. 55: 5106–5114.
- Da Camara CAG, Akhtar Y, Isman MB, Seffrin RC, Born FS. 2015. Repellent activity of essential oils from two species of Citrus against *Tetranychus urticae* in the laboratory and greenhouse. Crop Prot 74: 110–115.
- Deletre E, Chandre F, Barkman B, Menut C, Martin T. 2015. Naturally occurring bioactive compounds from four repellent essential oils against *Bemisia tabaci* whiteflies. Pest Management Science. 72(1): 179–189.
- Delgado A, Velázquez U, González J, Montes A, Villarreal S, García L, Casas R, Luis O. 2020. Evaluation of the Essential Oil of *Citrus paradisi* as an Alternative Treatment against *Candida albicans*. Open Journal of Stomatology. 10: 258-270.
- De Vasconcelos MG, Craveiro AA, Lacerda MI, Alencar JW, Abreu F J, Fernandes FK. 1998 Essential oils from leaves and inflorescences of *Ocimum micranthum* Willd. From Northeastern Brazil. J Essent Oil Res. 10: 77-78
- De Almeida Marques M, Quintela ED, Mascarin GM, Fernandes PM, & Arthurs SP. 2014. Management of *Bemisia tabaci* biotype B with botanical and mineral oils. Crop Protection. 66: 127–132.

- De Moraes, MM, de et al. 2012. Essential oil composition of *Eugenia langsdorffii* O. Berg.: relationships between some terpenoids and toxicity against *Tetranychus urticae*. Journal of the Brazilian Chemical Society. 23(9): 1647-1656.
- De Moraes, MM, Da Camara AG, Da Silva MC. 2017. Comparative toxicity of essential oil and blends of selected terpenes of *Ocotea* species from Pernambuco, Brazil, against *Tetranychus urticae* Koch. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 89(03): 1417-1429.
- De Vasconcelos MG, De Abreu FJ, Oliveira PR, Oliveira F, Tavares M. 2004a. Composition of essential oils from three *Ocimum* species obtained by steam and microwave distillation and supercritical CO₂ extraction. ARKIVOC. 6: 66-71.
- De Vasconcelos MG, De Abreu FJ, Lacerda MI, Oliveira F. 2004b. Essential oil composition of the leaves of *Ocimum micranthum* Willd. J Essent Oil Res. 16: 189-190.
- Ebadollahi A, Ziaee M, Palla F. 2020. Essential oils extracted from different species of the Lamiaceae plant family as prospective bioagents against several detrimental pests. Molecules. 25(7): 1556.
- Enan, E. 2001. Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology. 130(3): 325–337.
- Erny SMN, Razali M, Mirfat AHS, Mohd SMA. 2012. Antimicrobial activity and bioactive evaluation of *Plectranthus amboinicus* essential oil. American Journal of Research Comunication. 2(12): 121-127.
- Ersus S, Cam M. 2007. Determination of Organic Acids, Total Phenolic Content, and Antioxidant Capacity of Sour *Citrus aurantium* Fruits. Chem. Nat. Compd. 43: 607–609.
- Fadilah NQ, Jittmittraphap A, Leungwutiwong P, et al. 2022. Virucidal Activity of Essential Oils from *Citrus x aurantium* L. Against Influenza A Virus H1N1: Limonene as a Potential Household Disinfectant Against Virus. Natural Product Communications. 17(1): 1-7.
- Flores-Fernández JM, Padilla-Camberos E, Castillo Herrera GA, Martínez-Velázquez M. 2016. Adulticidal and oviposition-and hatching-altering activities of essential oil from Mexican oregano leaves (*Lippia graveolens* HBK) against the cattle tick *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae). Tropical Biomedicine. 33(2): 290-294.

- Gatehouse JA. 2002. Plant resistance towards insect herbivores: a dynamic interaction. *New Phytol.* 156: 145-169.
- Góngora-Gamboa C, Ruiz-Sánchez E, Ballina-Gómez H, González-Moreno A. 2020. Effect of biorational insecticides and neonicotinoids on the population density of *Bemisia tabaci* and fruit yield in tomato. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 23(1).
- Gonzalez-Canche NG, Carrillo JG, Escobar-Morales B, Salgado-Tránsito I, Pacheco N, Pech-Cohuo SC, Peña-Cruz MI. 2021. Physicochemical and Optical Characterization of *Citrus aurantium* Derived Biochar for Solar Absorber Applications. *Materials*. 14(16): 4756.
- Guevara P, Reyna J, Zuñiga-Ruiz B, Llanos-Romero RE, Andrés-Yeves MF, Barajas-Guzmán MG, Echeverri F, León-Rivera I. 2018. Biocidal effect of a hexane-soluble extract of *Lippia graveolens* Kunth (Verbenaceae). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas*. 17: 342-349.
- Harbone, J B. 2001. Twenty-five years of chemical ecology. *Nat Prod Rep*. 18: 361-379
- Hartley SE, Lawton JH. 1987. Effects of different types of damage on the chemistry of birch foliage, and the response of birch feeding insects. *Oecologia*. 74: 432-437.
- Hegde M, Oliveira JN, da Costa, JG, Loza-Reyes E, Bleicher E, Santana AE, Caulfield JC, Mayon P, Dewhurst, SY, Bruce TJ. 2012. Aphid antixenosis in cotton is activated by the natural plant defence elicitor cis-jasmone. *Phytochemistry*. 78: 81-88.
- Heidel AJ, Baldwin IT. 2004. Microarray analysis of salicylic acid and jasmonic acid signalling in responses of *Nicotiana attenuata* to attack by insects from multiple feeding guilds. *Plant Cell Environ*. 27: 1326-1373.
- Hussein HS, Salem MZM, & Soliman AM. 2017. Repellent, attractive, and insecticidal effects of essential oils from *Schinus terebinthifolius* fruits and *Corymbia citriodora* leaves on two whitefly species, *Bemisia tabaci*, and *Trialeurodes ricini*. *Scientia Horticulturae*. 216: 111-119
- Isman MB, Miresmailli S, Machial C. 2010. Commercial opportunities for pesticides based on plant essential oils in agriculture, industry and consumer products. *Phytochem Rev*. 10: 197-204

- Junor GO, Porter RBR, Facey PC, Yee TH. 2007. Investigation of essential oil extracts from four native Jamaican species of *Bursera* for antibacterial activity. *West Indian Med J.* 56: 22–25
- Kaanin-Boudraa G, Brahmi F, Wrona M, et al. 2021. *Citrus × paradisi* essential oil as a promising agent for margarine storage stability: Composition and antioxidant capacity. *J Food Process Preserv.* 45: e15374.
- Karban R, Kue J. 1999. Induced resistance against pathogens and herbivores: an overview. In *Induced Plant Defences Against Pathogens and Herbivores: Biochemistry, Ecology and Agriculture*. Agrawal, A. A., Tuzin, S., Bent, E., Eds.; APS Press: St. Paul, MN. pp 1-16.
- Kerdudo A, Gonnot V, Ellong EN, Boyer L, Michel T, Adenet S, Rochefort K and Fernandez X. 2015. Essential oil composition and biological activities of *Petiveria alliacea* L. from Martinique. *Journal of Essential Oil Research.* 27(3): 186-196
- Kim S, Chae SH, Youn HS, Yeon SH, Ahn YJ. 2011. Contact and fumigant toxicity of plant essential oils and efficacy of spray formulations containing the oils against B- and Q-biotypes of *Bemisia tabaci*. *Pest Manage Sci.* 67: 1093–1099.
- Kyarimpa CM, Böhmendorfer S, Wasswa J, Kiremire BT, Ndiege IO, Kabasa JD. 2014. Essential oil and composition of *Tagetes minuta* from Uganda. Larvicidal activity on *Anopheles gambiae*. *Ind Crop Prod.* 62: 400–404.
- Langenheim JH. 1994. Higher plant terpenoids: a phyto-centric overview of their ecological roles. *J Chem Ecol.* 20: 1223-1280.
- Lee S E, Lee BH, Choi WS, Park BS, Kim JG, Campbell BC. 2001. Fumigant toxicity of volatile natural products from Korean spices and medicinal plants towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L). *Pest Manag Sci.* 57: 548-553.
- Li S, Li H, Zhou Q, Zhang F, Desneux N, Wang S, Shi L. 2021. Essential oils from two aromatic plants repel the tobacco whitefly *Bemisia tabaci*. *Journal of Pest Science.* 95: 971–982.
- Lin LZ, Mukhopadhyay S, Robbins RJ, Harnly JM. 2007. Identification and quantification of flavonoids of Mexican oregano (*Lippia graveolens*) by LC-DAD-ESI/MS analysis. *Journal of Food Composition and Analysis.* 20(5): 361–369.

- Loetti V, Bellocq I. 2017. Effects of the insecticides methoxyfenozide and cypermethrin on non-target arthropods: A field experiment. *Austral Entomology*. 56(2): 55-260.
- Long-Ze L, Mukhopadhyay S, Robbins RJ, Harnly JM. 2007. Identification and quantification of flavonoids of Mexican oregano (*Lippia graveolens*) by LC-DAD-ESI/MS analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20(5): 361-369.
- Martinez-Velazquez M, Rosario-Cruz R, Castillo-Herrera G, Flores-Fernandez JM, Alvarez AH, Lugo-Cervantes E. 2011. Acaricidal effect of essential oils from *Lippia graveolens* (Lamiales: Verbenaceae), *Rosmarinus officinalis* (Lamiales: Lamiaceae), and *Allium sativum* (Liliales: Liliaceae) against *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *J Med Entomol*. 48(4): 822–827.
- Miresmailli S, Isman MB. 2006. Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against two spotted Spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. *J Econ Entomol* 99(6): 2015-2023.
- Montejo-Canul E, Aguiñaga-Bravo A, Ruiz-Sánchez E, Ballina-Gómez H, González-Moreno A, Latournerie-Moreno L, Garruña-Hernández R. 2019. Effects of the inclusion of biorational insecticides for pest management on phytophagous insects, fruit yield, and bee abundance in tomato and tomatillo. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 52(17-18): 1239-1254.
- Moreno J, Aparicio R, Velasco J, Rojas LB, Usubillaga A, Lue-Merú M. 2010. Chemical Composition and Antibacterial Activity of the Essential Oil from Fruits of *Bursera tomentosa*. *Natural Product Communications*. 5(2): 1934578X1000500.
- Neves II, da Camara CAG, de Oliviera JCS & de Almeida AV. 2011. Acaricidal Activity and Essential Oil Composition of *Petiveria alliacea* L. from Pernambuco (Northeast Brazil). *Journal of Essential Oil Research*. 23(1): 23-26.
- Petrakis EA, Kimbaris AC, Lykouressis DP, Polissiou MG, Perdakis DC. 2014. Hydrosol's evaluation in pest control: insecticidal and settling inhibition potential against *Myzus persicae* (Sulzer). *Journal of Applied Entomology*. 139(4): 260–267.

- Pinheiro PF, Cosa AV, Alves TA, Galter IN, Pinheiro CA, Pereira AF, Ramos CM, Praca MM. 2015. Phytotoxicity and cytotoxicity of essential oil from leaves of *Plectranthus amboinicus*, carvacrol and thymol in plant bioassays. *Agric Food Chem.* 63(41): 8981-8990
- Pino N, Meléndez EM, Stashenko EE. 2009. Eugenol and methyl eugenol chemotypes of essential oil of species *ocimum gratissimum* L. and *ocimum campechianum* Mill. From Colombia. *Journal of Chromatographic Science.* 47: 800-803
- Rosado-Aguilar JA, Aguilar-Caballero A, Rodriguez-Vivas RI, Borges-Argaez R, Garcia-Vazquez Z, Mendez-Gonzalez M. 2010. Acaricidal activity of extracts from *Petiveria alliacea* (Phytolaccaceae) against the cattle tick, *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: ixodidae). *Veterinary Parasitology.* 168(3-4): 299-303
- Rosales-Ovares KM, Cicció-Alberti JF. 2002. Aceite volátil de los frutos de *Bursera simaruba* (L.) Sarg. (Burseraceae) de Costa Rica. *Ing Ciencia Quím.* 20(2): 60-61.
- Sakkas H and Papadopoulou C. 2017. Antimicrobial activity of basil, oregano, and thyme essential oils. *J. Microbiol. Biotechnol.* 27(3): 429-438
- Sawalha SMS, Arráez-Román D, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A. 2009. Quantification of Main Phenolic Compounds in Sweet and Bitter Orange Peel Using CE-MS/MS. *Food Chem.* 116: 567-574.
- Senthilkumar A and Venkatesalu V. 2010. Chemical composition and larvicidal activity of the essential oil of *Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng against *Anopheles stephensi*: a malarial vector mosquito. *Parasitol Res.* 107: 1275-1278.
- Sharma D, Nagpal A, Pakade YB, & Katnoria JK. 2010. Analytical methods for estimation of organophosphorus pesticide residues in fruits and vegetables: A review. *Talanta.* 82(4), 1077-1089.
- Souto AL, Sylvestre M, Tölke ED, Tavares JF, Barbosa-Filho JM, Cebrián-Torrejón G. 2021. Plant-derived pesticides as an alternative to pest management and sustainable agricultural production: Prospects, applications and challenges. *Molecules.* 26(16): 4835.

- Souza AP and Vendramim JD. 2000. Atividade ovicida de extratos aquosos demeliáceas sobre a mosca-branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B em tomateiro. *Scientia Agricola* 72: 159–170.
- Tak, J.-H, Isman, MB. 2017. Acaricidal and repellent activity of plant essential oil-derived terpenes and the effect of binary mixtures against *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Ind Crops Prod.* 108: 786-792.
- Vieira PRN, de Moraes SM, Bezerra FHQ, Travassos PA, Oliveira IR, Silva MG. 2014. Chemical composition and antifungal activity of essential oils from *Ocimum* species. *Industrial Crops and Products.* 55: 267-271
- Yang F-W, Li Y-X, Ren F-Z, Luo J, & Pang G-F. 2019. Assessment of the endocrine-disrupting effects of organophosphorus pesticide triazophos and its metabolites on endocrine hormones biosynthesis, transport and receptor binding in silico. *Food and Chemical Toxicology.* 133(11059): 1-14
- Zandi-Sohani M, Hojjati N, Carbonell-Barrachina ÁA. 2012. Bioactivity of *Lantana camara* L. essential oil against *Callosobruchus maculatus* (Fabricius). *Chil J Agric Res.* 72: 502–506.
- Zarrad K, Hamouda AB, Chaieb I, Laarif A, Jemâa JMB. 2015. Chemical composition, fumigant and anti-acetylcholinesterase activity of the Tunisian *Citrus aurantium* L. essential oils. *Industrial Crops and Products.* 76, 121–127.
- Zekri N, Handaq N, El Caidi A, Zair T, Alaoui El Belghiti M. 2015. Insecticidal effect of *Mentha pulegium* L. and *Mentha suaveolens* Ehrh. hydrosols against a pest of citrus, *Toxoptera aurantii* (Aphididae). *Research on Chemical Intermediates.* 42(3): 1639–1649.
- Zhang N, Liao Y, Xie L, *et al.* 2021. Using essential oils from *Citrus paradisi* as a fumigant for *Solenopsis invicta* workers and evaluating the oils' effect on worker behavior. *Environ Sci Pollut Res.* 28: 59665–59672.
- Zoghbi MdGB, Andrade EHA and Maia JGS. 2002. Volatile constituents from *Adenocalymma alliaceum* Miers and *Petiveria alliacea* L., two medicinal herbs of the Amazon. *Flavour Fragr J.* 17: 133-135

II. **CAPÍTULO 2. EFFECTS OF ESSENTIAL OILS ON MORTALITY AND POPULATION DENSITY OF THE WHITEFLY (*Bemisia tabaci* GENN.) AND THE TWOSPOTTED SPIDER MITE (*Tetranychus urticae* KOCH) IN THE GREENHOUSE (ARTÍCULO SOMETIDO A ARCHIVES OF PHYTOPATHOLOGY AND PLANT PROTECTION)**

Angel M. Herrera-Gorocica¹, M. de los Ángeles Sánchez-Contreras, Emanuel Hernández-Núñez, Horacio S. Ballina-Gómez, Luis Latourniere-Moreno, Esaú Ruiz-Sánchez²

1. angel.herrera@itconkal.edu.mx

2. esau.ruiz@itconkal.edu.mx

Abstract

Essential oils (EOs) and their components have toxic effects on insects and mites. In the present study, we evaluated the effects of the EOs of mexican oregano, grapefruit, albahaca and sour orange at 0.2% (v/v) on the mortality and population density of *Bemisia tabaci* and *Tetranychus urticae* in a greenhouse. All EOs caused significant mortality (70-90%) of eggs and nymphs of *B. tabaci*, with the highest by the mexican oregano EO. This EO also produced the highest mortality (50-55 %) of adults and nymphs of *T. urticae*. All EOs caused a significant decrease in the population density of *T. urticae*, but no effect was observed on the population of *B. tabaci*. Gas chromatography-mass spectrometry analysis showed that the major constituent in mexican oregano EO was carvacrol, in grapefruit and sour orange EOS was D-limonene, and in albahaca EO was eucalyptol.

Keywords: botanical insecticides, biorational products, horticultural pests

III. CAPÍTULO 3. EFFECT OF ESSENTIAL OILS AND THEIR RESIDUAL EXTRACTS ON THE MORTALITY AND POPULATION DENSITY OF *Bemisia tabaci* GENN IN GREENHOUSES. (ARTÍCULO EN PREPARACIÓN PARA SOMETER A JOURNAL OF PLANT DISEASES AND PROTECTION)

AUTORES: Angel M. Herrera-Gorocica¹, M. de los Ángeles Sánchez-Contreras, Marcos Cua-Basulto, Monserrat C. Esquivel-Chi, Emanuel Hernández-Núñez, Horacio S. Ballina-Gómez, Luis Latourniere-Moreno¹, Esaú Ruiz-Sánchez².

1. angel.herrera@itconkal.edu.mx

2. esau.ruiz@itconkal.edu.mx

Abstract

Essential oils (EOs) and their hydrosols can have toxic and lethal repellent effects on a wide range of insects. In the present study we evaluated the effects of the EOs of *Petiveria alliacea* L., *Plectranthus amboinicus* Lour and *Bursera simaruba* L. in three concentrations (0.01, 0.05 and 0.2% v/v) and the hydrosols of *P. alliacea* and *P. amboinicus* (1 and 10 % v/v) on mortality, repellency and population suppression of *Bemisia tabaci* Genn under fluctuating conditions in a low-tech greenhouse. All EOs at medium and high concentrations, and 10% (v/v) hydrosols caused significant (50-90%) *B. tabaci* egg mortality. The AE of *P. alliacea* caused the highest repellency in adults (RI, 0.3). *P. alliacea* and *P. amboinicus* EOs significantly suppressed the population density of *B. tabaci* adults up to day 2 after treatment, but *P. alliacea* and *P. amboinicus* hydrosols significantly reduced the *B. tabaci* until day 14 after treatment.

IV. CAPÍTULO 4. EFECTO DEL ACEITE ESENCIAL DE *LIPPIA ORIGANOIDES* KUNTH Y DOS DE SUS COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES SOBRE *TETRANYCHUS URTICAE* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE) Y *BEMISIA TABACI* GENN (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN INVERNADERO. (ARTÍCULO PUBLICADO EN TROPICAL AND SUBTROPICAL AGROECOSYSTEMS)

Angel M. Herrera-Gorocica¹, Emanuel Hernández-Núñez, Luz M. Calvo Irabien, Ángeles Sánchez-Contreras, Ana L. Ruiz-Jiménez, Luis Latournerie-Moreno, Horacio S. Ballina-Gómez, Esaú Ruiz-Sánchez²

3. angel.herrera@itconkal.edu.mx

4. esau.ruiz@itconkal.edu.mx

DOI: <http://dx.doi.org/10.56369/tsaes.4413>

RESUMEN

Antecedentes. El uso de productos botánicos para el manejo de plagas puede reducir la dependencia de plaguicidas químicos en la agricultura. **Objetivo.** Evaluar el efecto tóxico letal y repelente del aceite esencial (AE) del orégano mexicano (*Lippia origanoides*) y dos de sus componentes principales, carvacrol y timol, en *B. tabaci* y *T. urticae* en invernadero. **Metodología.** El AE de *L. origanoides*, el carvacrol y timol al 0.2 % y 0.01 % v/v se asperjaron a hojas de berenjena infestadas con las plagas. La mortalidad de individuos se evaluó a las 24 y 48 h y la repelencia a los 2 y 5 días después de la aplicación en *T. urticae* y *B. tabaci*. **Resultados.** El AE y el carvacrol al 0.2% v/v causaron 80-99 % de mortalidad en *T. urticae* y *B. tabaci* y el AE fue el que causó más del 50% de repelencia. El análisis del AE por cromatografía de gases y espectrometría de masas mostró que los componentes mayoritarios fueron timol (41.14 %), para-cimeno (14.06 %) y carvacrol (9.25 %). **Implicación.** El AE de *L. origanoides* y sus componentes mayoritarios representan una alternativa viable para el manejo de *B. tabaci* y *T. urticae*. **Conclusión.** El AE de *L. origanoides* y el carvacrol a 0.2 % v/v producen más de 80 % mortalidad y más del 50 % de repelencia en *T. urticae* y *B. tabaci*.

V. CAPÍTULO 5. EVALUATION OF SWINE BIOSOLIDS AND BIORATIONAL INSECTICIDES IN TOMATO CULTIVATED IN LOW-TECH GREENHOUSE. (ARTÍCULO EN PREPARACIÓN PARA SOMETER A AGRICULTURAL RESEARCH)

Angel M. Herrera-Gorocica¹, M. de los Ángeles Sánchez-Contreras, Emanuel Hernández-Núñez, Horacio S. Ballina-Gómez, Luis Latourniere-Moreno, Juan Díaz-Mayo, Monserrat C. Esquivel-chi, Esaú Ruiz-Sánchez²

1. angel.herrera@itconkal.edu.mx
2. esau.ruiz@itconkal.edu.mx

Abstract

Low-tech protected crops face various problems, mainly associated with the excessive use of agrochemicals. For this reason, the development of cultivation technologies has been sought in order to overcome the agronomic limitations that lead to a decrease in their use. Swine biosolids have a high content of organic matter, nitrogen (N), phosphorus (P) and essential nutrients that are useful in agricultural production. For their part, some plants produce a wide variety of essential oils and volatile organic compounds, which have insecticidal activity. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of fertilization with different levels of porcine biosolids on the agro-physiological behavior of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) and the inclusion of experimental botanical insecticides as biorational packages for the control of *B. tabaci* under greenhouse conditions. Two consecutive plantations were carried out in which tomato seedlings fertilized with porcine biosolids were transplanted. In a first plantation, a randomized block experimental design was downloaded, with five treatments (control with 0 g, 250 g, 500 g, 750 g and 1000 g of biosolids per plant) and four repetitions. In a second planting, biorational treatments will be applied as individual or combined insecticidal products for the management of *B. tabaci*. It was found that the plants of the treatments with 500g of porcine biosolids incorporation presented the best physiological attributes (P_N and C_i), and higher yield. On the other hand, the packages of biorational insecticides showed the same results as conventional chemical insecticides. Therefore, biorational products are considered a sustainable option for crop fertilization and integrated management of agricultural pests.

VI. CAPÍTULO 6. CONCLUSIÓN GENERAL

De los cuatro AEs evaluados en el primer estudio experimental de la fase uno, todos los AEs presentaron actividad tóxica letal contra *B. tabaci* y *T. urticae*, sin embargo, los efectos fueron más fuertes sobre *B. tabaci*. En *T. urticae* el aceite que presentó la mayor actividad fue el de orégano mexicano (*Lippia origanoides* Kunth). Así mismo, los efectos supresores en las poblaciones de ambas plagas fueron diferentes entre sí, mostrando disminución en las poblaciones de *T. urticae* durante el tiempo que duró el experimento, mientras que los AEs no lograron disminuir las poblaciones de *B. tabaci* en los ensayos bajo condiciones ambientales fluctuantes en un invernadero de baja tecnología. Los efectos tóxicos de los AEs fueron atribuidos a su composición fitoquímica, donde el AE de orégano mexicano presentó como compuestos mayoritarios al carvacrol y timol; el AE de toronja rosada, el D-Limoneno; la albahaca, el eucaliptol y el cariofileno; y la naranja agria, el D-Limoneno. En el segundo estudio experimental de la fase uno, los AEs de *P. amboinicus*, *P. alliacea* y *B. simaruba*, así como sus hidrosoles presentaron actividad tóxica letal contra *B. tabaci*, y se demostró que la concentración más alta utilizada (0.2% v/v) fue la que presentó mayor actividad, y el único AE que mantuvo su actividad a pesar de disminuir la concentración fue *P. alliacea*. También se demostró la alta actividad repelente del AE de *P. alliacea* y la actividad media de los dos hidrosoles de *P. amboinicus* y *P. alliacea*. Por su parte, los AEs de *P. amboinicus* y *P. alliacea* lograron suprimir las poblaciones de *B. tabaci* solo hasta el día dos, mientras que los hidrosoles suprimieron las poblaciones de huevos de *B. tabaci* hasta el día 14 después de la aplicación.

En la segunda fase del estudio, al comparar los efectos tóxicos y repelentes del AE de *L. origanoides* con dos de sus principales COVs (carvacrol y timol) sobre *T. urticae* y *B. tabaci* bajo condiciones ambientales fluctuantes, el AE de *L. origanoides* y el carvacrol al 0.2% v/v presentaron la mayor actividad tóxica letal contra individuos de ambas plagas, y los efectos se mantuvieron a pesar de disminuir las concentraciones a 0.01% v/v. Sin embargo, al evaluar la repelencia de adultos de ambas plagas, el AE de *L. origanoides* fue el que presentó la mayor actividad, por encima de sus dos compuestos mayoritarios. Los efectos tóxicos del AE se les atribuyó no solo a los componentes mayoritarios, sino también a la posible sinergia entre estos y los compuestos minoritarios presentes en el aceite.

En la tercera fase del estudio, al evaluar el efecto de los biosólidos porcinos como fertilizantes, y la inclusión de insecticidas biorracionales en el cultivo de tomate en un invernadero de baja tecnología. Se encontró que 500 g de biosólido por planta agregado al suelo antes del trasplante, mejora las características fisiológicas de la planta (tasa fotosintética y carbono intracelular) y en consecuencia aumenta el rendimiento hasta casi un 30%. Así mismo, la utilización insecticidas botánicos experimentales en paquetes biorracionales, integrados por el AE de *L. origanoides*, y sus dos componentes principales (carvacrol y timol); y los insecticidas botánicos comerciales resultaron igual de efectivos que el paquete químico convencional para controlar las poblaciones de adultos y ninfas de *B. tabaci*, y que los insecticidas botánicos experimentales presentaron mayor efecto ovicida que los insecticidas químicos convencionales.

Estos estudios demuestran el alto potencial de las plantas aromáticas regionales para el control de plagas agrícolas, y que los aceites esenciales y sus compuestos orgánicos volátiles son insecticidas botánicos con alta efectividad contra *Bemisia tabaci* y *Tetranychus urticae*. También comprueba que los estudios en condiciones de invernadero son necesarios para evaluar la eficacia de los insecticidas botánicos. Este estudio enriquece el conocimiento de las plantas aromáticas de la región para el manejo de plagas.