



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS
CENTRO DE AGROECOLOGÍA
MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

OBTENCIÓN Y EVALUACIÓN DE ACTIVIDAD OVICIDA DE EXTRACTOS VEGETALES EN *Tetranychus urticae* KOCH (ACARI: TETRANYCHIDAE)

TESIS
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

PRESENTA
MIRIAM MARLENE RODRÍGUEZ CABRERA

COMITÉ TUTORAL
DIRECTOR DE TESIS
DR. JESÚS FRANCISCO LÓPEZ OLGUÍN

ASESORES
DR. VICENTE S. MARCO MANCEBÓN ASESOR
DR. AGUSTÍN ARAGÓN GARCÍA ASESOR
DR. FERNANDO HERNÁNDEZ ALDANA ASESOR
DRA. BETZABETH C. PÉREZ TORRES ASESOR


Puebla, Pue. Enero, 2021

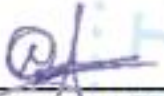


La presente tesis, titulada: **"Obtención y evaluación de actividad ovicida de extractos vegetales en *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae)"**, realizada por la alumna **BIÓL. Miriam Marlene Rodríguez Cabrera**, bajo la dirección del Comité Tutorial indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN
MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS


COMITÉ TUTORAL:


DIRECTOR: 
Dr. Jesús Francisco López Olguín

ASESOR: 
Dr. Agustín Aragón García

ASESOR: _____
Dr. Fernando Hernández Aldana

ASESOR: 
Dra. Betzabeth Cecilia Pérez Torres

ASESOR EXTERNO: 
Dr. Vicente Santiago Marco Mancebón

REVISOR EXTERNO: 
Dr. Arcángel Molina Martínez

Puebla, Pue., Enero de 2021.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado durante la maestría (periodo agosto del 2018 a julio del 2020).

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) por brindarme los recursos para realizar la investigación. A la maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas por darme la plataforma para cursar mis estudios de posgrado. Al Laboratorio de Manejo Agroecológico de Plagas del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la BUAP. Y a mis profesores que compartieron conmigo conocimientos y prácticas. Gracias.

Dr. Jesús Francisco López Olguín por aceptar ser mi tutor de tesis y guiarme en el camino para lograr el objetivo.

Dr. Agustín Aragón García por apoyarme siempre cuando se necesitó, por el conocimiento transmitido y por su amistad.

Dr. Vicente S. Marco Mancebón por el apoyo brindado y por qué, aun estando en otra institución siempre estuvo al pendiente del proyecto de investigación.

Dr. Fernando Hernández Aldana por el apoyo para realizar los extractos vegetales, que, aunque hoy ya no esté presente, siempre le agradeceré sus conocimientos transmitidos.

Dra. Cecilia Pérez Torres por el apoyo otorgado para realizar el proyecto de investigación y por ser una gran amiga.

Dr. Arcángel Molina Martínez por su tiempo y observaciones para mejorar el documento de tesis.

A mis padres Marco Antonio Rodríguez y Yanira Cabrera por el apoyo que me han dado siempre y por motivarme a salir adelante, sin ellos sería imposible haber logrado este objetivo, ya que ellos me ayudaron enormemente con mis hijos.

A mis hermanos Elizabeth y Marco Antonio Rodríguez por siempre estar a mi lado y apoyarme, los quiero mucho.

A mis hijos Iker y Sarah, que son una motivación para salir adelante, ellos son lo más importante en mi vida.

A mi esposo Tabaré Duché, que me impulsa a lograr mis objetivos y metas, que siempre está para apoyarme en cualquier decisión que elija. Agradezco que seas mi compañero de vida.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| I. RESUMEN | 1 |
| II. ABSTRACT | 2 |
| III. INTRODUCCIÓN | 3 |
| IV. ANTECEDENTES..... | 5 |
| 4.1. La agricultura en México..... | 5 |
| 4.2. Bases teóricas y prácticas de la Agroecología..... | 6 |
| 4.3. Plagas agrícolas y su control | 7 |
| 4.4. Manejo agroecológico de plagas | 8 |
| 4.5. Extractos vegetales en el control de plagas | 9 |
| 4.6. Metabolitos secundarios de plantas | 10 |
| 4.7. Obtención de extractos vegetales..... | 11 |
| 4.7.1. Etanol 96% como disolvente | 12 |
| 4.7.2. Hexano como disolvente | 12 |
| 4.8. Familia Tetranychidae | 12 |
| 4.8.1. <i>Tetranychus urticae</i> | 13 |
| 4.8.2. Morfología..... | 13 |
| 4.8.3. Biología..... | 14 |
| 4.8.4. Distribución | 15 |
| 4.8.5. Daños | 15 |
| 4.8.6. Control químico..... | 16 |
| 4.8.7. Uso de extractos vegetales para su control..... | 18 |
| 4.9. <i>Azadirachta indica</i> (A. Juss) (Meliaceae)..... | 19 |
| 4.9.1. Taxonomía..... | 19 |
| 4.9.2. Distribución | 19 |
| 4.9.3. Botánica..... | 20 |
| 4.9.4. Usos | 20 |
| 4.9.5. Fitoquímica | 21 |
| 4.9.6. Efecto sobre insectos y ácaros..... | 21 |
| 4.10. <i>Trichilia havanensis</i> (Jacq.) (Meliaceae)..... | 22 |
| 4.10.1. Taxonomía..... | 22 |
| 4.10.2. Distribución | 22 |
| 4.10.3. Botánica..... | 23 |
| 4.10.4. Usos | 23 |
| 4.10.5. Fitoquímica | 23 |
| 4.10.6. Efecto sobre insectos y ácaros..... | 24 |
| 4.11. <i>Argemone mexicana</i> (L.) (Papaveraceae)..... | 25 |
| 4.11.1. Taxonomía..... | 25 |
| 4.11.2. Distribución | 25 |
| 4.11.3. Botánica..... | 25 |
| 4.11.4. Usos | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 4.11.5. Fitoquímica | 26 |
| 4.11.6. Efecto sobre insectos y ácaros | 26 |
| 4.12. <i>Schinus molle</i> L. (Anacardiaceae)..... | 27 |
| 4.12.1. Taxonomía..... | 27 |
| 4.12.2. Distribución | 28 |
| 4.12.3. Botánica..... | 28 |
| 4.12.4. Usos | 28 |
| 4.12.5. Fitoquímica | 29 |
| 4.12.6. Efecto sobre insectos y ácaros..... | 29 |
| 4.13. <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq) Kunth ex Walp. FABACEAE..... | 30 |
| 4.13.1. Taxonomía..... | 30 |
| 4.13.2. Distribución | 30 |
| 4.13.3. Botánica..... | 31 |
| 4.13.4. Usos | 31 |
| 4.13.5. Fitoquímica | 32 |
| 4.13.6. Efecto sobre insectos y ácaros..... | 32 |
| 4.14. <i>Roldana ehrenbergiana</i> (Klatt.) H. Robinson & Brettell..... | 32 |
| 4.14.1. Taxonomía..... | 32 |
| 4.14.2. Distribución | 33 |
| 4.14.3. Botánica..... | 33 |
| 4.14.4. Usos | 33 |
| 4.14.5. Fitoquímica | 34 |
| 4.14.6. Efecto sobre insectos y ácaros..... | 34 |
| V. OBJETIVO E HIPÓTESIS | 35 |
| 5.1. Objetivo | 35 |
| 5.2. Hipótesis..... | 35 |
| VI. MATERIALES Y MÉTODOS | 36 |
| 6.1. Colecta y cría de <i>T. urticae</i> | 36 |
| 6.2. Material vegetal para los bioensayos..... | 37 |
| 6.3. Obtención de extractos..... | 38 |
| 6.4. Unidad de ensayo, tratamientos y diseño experimental | 40 |
| 6.5. Bioensayos | 41 |
| 6.6. Análisis estadístico | 44 |
| VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 45 |
| 7.1. Actividad ovicida de los extractos etanólicos vegetales en <i>Tetranychus urticae</i> | 45 |
| 7.2. Actividad ovicida de los extractos hexánicos vegetales en <i>Tetranychus urticae</i> | 49 |
| VIII. CONCLUSIONES | 53 |
| IX. LITERATURA CITADA | 54 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. <i>Tetranychus urticae</i> | 13 |
| Figura 2. Anatomía del orden Prostigmata..... | 13 |
| Figura 3. Ciclo de vida de <i>T. urticae</i> | 14 |
| Figura 4. Cría de <i>T. urticae</i> | 37 |
| Figura 5. Equipo de Extracción soxhlet..... | 38 |
| Figura 6. Extractos etanólicos..... | 40 |
| Figura 7. Rotavapor con extracto | 40 |
| Figura 8. Extracto etanólico de <i>Trichilia havanensis</i> con dos fases | 40 |
| Figura 9. Unidad experimental | 41 |
| Figura 10. Atomizador utilizado para la aplicación de los tratamientos a las unidades de ensayo | 44 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1 Localidad, fecha y partes de las plantas recolectadas. | 37 |
| Cuadro 2. Pulverizado (g), disolvente etanol (ml) y tiempo de extracción (h), para cada material vegetal..... | 39 |
| Cuadro 3. Pulverizado (g), solvente hexano (ml) y tiempo de extracción (h) para cada material vegetal..... | 39 |
| Cuadro 4. Tratamientos con base en extractos etanólicos y testigos. | 42 |
| Cuadro 5. Tratamientos con base en extractos hexánicos y testigos. | 43 |
| Cuadro 6. Mortalidad corregida de huevos de <i>T. Urticae</i> tratados con extractos vegetales etanólicos. | 45 |
| Cuadro 7. Mortalidad corregida de huevos de <i>T. Urticae</i> tratados con extractos vegetales hexánicos. | 49 |

I. RESUMEN

Se evaluó en laboratorio la actividad ovicida de extractos etanólicos y hexánicos de *Azadirachta indica* (A. Juss.), *Trichilia havanensis* (Jacq.), *Roldana ehrenbergiana* (Klatt.) H. Robinson & Brettell, *Argemone mexicana* (L.), *Schinus molle* (L.) y *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. a la concentración de 1000 mg/mL, en *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Los extractos etanólicos y hexánicos de semillas de *T. havanensis* ocasionaron mortalidad corregida de huevos de 58.0 ± 3.4 a $77.7 \pm 3.5\%$. Los extractos etanólicos de las otras especies vegetales ocasionaron mortalidad corregida de huevos de 8.8 ± 9.6 a $42.9 \pm 8.3\%$, mientras que la mortalidad corregida de los extractos hexánicos varió de 0.2 ± 2.3 a $30.1 \pm 4.0\%$. Los resultados muestran que el extracto etanólico de semillas de *T. havanensis* tiene buen potencial para el desarrollo de productos para el manejo de *T. urticae*.

Palabras claves: Extractos vegetales, *Trichilia havanensis*, ácaro, mortalidad.

II. ABSTRACT

The ovicidal activity of ethanolic and hexane extracts of *Azadirachta indica* (A. Juss.), *Trichilia havanensis* (Jacq.), *Roldana ehrenbergiana* (Klatt.) H. Robinson & Brettell, *Argemone mexicana* (L.), *Schinus molle* (L.) and *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) was evaluated in the laboratory under controlled conditions of temperature, humidity, and photoperiod. The extracts (treatments) were applied by spraying at a concentration of 1000 mg/mL to a known number of eggs (age <18 h), laid by two *T. urticae* females on leaf discs of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) (10 leaf discs per treatment), and at six days the percentage of egg mortality was recorded as a function of the total number of treated eggs, number of dead eggs and the number of emerged larvae. Corrected mortality (percentage) was obtained for each test unit, which was statistically analysed using a simple ANOVA, followed by multiple comparison of means by the Tukey method ($\alpha = 0.05$). The ethanolic and hexane extracts of *T. havanensis* seeds caused average corrected egg mortality from 58.0 ± 3.4 to $77.7 \pm 3.5\%$, which was significantly higher than the egg mortality of the other extracts. The ethanolic extracts of the other plant species caused corrected egg mortality of 8.8 ± 9.6 to $42.9 \pm 8.3\%$, while the corrected mortality of the hexane extracts ranged from 0.2 ± 2.3 to $30.1 \pm 4.0\%$. The results show that the ethanolic extract of *T. havanensis* seeds has good potential for the development of products for the management of *T. urticae*.

Keywords: vegetable extracts, *Trichilia havanensis*, mite, mortality

III. INTRODUCCIÓN

Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) es una especie de ácaro fitófago polífago llamado comúnmente “araña roja” o “araña de dos manchas”. Tiene amplia distribución en el mundo y se puede adaptar a diferentes condiciones climatológicas (Souza-Pimentel *et al.*, 2017). Actualmente, este ácaro es una de las principales plagas en la agricultura, debido a que causa daños directos al alimentarse del contenido de las células epidérmicas y parenquimáticas de tallos y hojas reduciendo la eficacia de las plantas, así como los rendimientos y la calidad de las cosechas (Klamskowki *et al.*, 2007; León *et al.*, 2014). Se han registrado más de 1200 especies de plantas hospederas; entre ellas, árboles frutales, oleaginosas, hortalizas, plantas ornamentales y plantas medicinales (Robles-Bermúdez *et al.*, 2012; Souza-Pimentel *et al.*, 2017) y se le asocia a más de 150 plantas hospederas de importancia económica en México (Cerna *et al.*, 2009; Benelli *et al.*, 2017). Ocasionando pérdidas económicas en zonas freseras de Guanajuato, Irapuato, Zamora Michoacán, Jalisco, valle de México, Puebla y Querétaro (Flores *et al.*, 2013).

Una de las herramientas más utilizadas para el control de *T. urticae* es el uso de productos químicos de síntesis, pues se considera económica, de fácil manejo y de buenos resultados en las primeras aplicaciones (Villegas-Elizalde *et al.*, 2010). No obstante, el uso constante de estos productos ha ocasionado problemas toxicológicos, de contaminación ambiental, destrucción de flora auxiliar y desarrollo de resistencias (Cerna *et al.*, 2009). Se han utilizado diversos acaricidas con diferentes estructuras químicas y modos de acción, como la abamectina, endosulfán, acequinocyl, fenpropatrín, spiromesifen, propragite, bifenazate y spiroadiclofen (Brown *et al.*, 2017; Huerta-Pérez, 2017; Intragri, 2017). Actualmente en México se permite el uso de bifentrina, permetrinas y diazinon, estos compuestos se encuentran en categoría toxicológica IV (SENASICA, 2020).

Ante esta problemática es necesario desarrollar estrategias alternativas al uso de productos químicos de síntesis para la protección de los cultivos, con posibilidad de ser incorporadas al manejo agroecológico de plagas, donde se aplican estrategias culturales, biológicas y uso de extractos o aceites vegetales para el manejo de la plaga de manera efectiva, estas prácticas son compatibles con los principios de la agroecología (Vázquez y Fernández, 2007; Altieri y Nicholls, 2018). Se considera que estos productos son de bajo costo, fácil manejo y, lo más importante, muestran menor riesgo a la salud humana y al medio ambiente (Celis *et al.*, 2008; Zepeda-Jazo, 2018).

Esta investigación tiene como objetivo evaluar extractos etanólicos y hexánicos de seis especies vegetales que, por sus antecedentes, tienen potencial para controlar las poblaciones de *T. urticae*. Las especies vegetales seleccionadas son “nim” *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), “rama tinaja” *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae), “hierba del perro” *Roldana ehrenbergiana* (Klatt.) H. Robinson & Brettell. (Asteraceae), “Chicalote” *Argemone mexicana* (L.) (Papaveraceae), “Pirul” *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) y “Cocuite” o “Mata rata” *Gliricidia sepium* (Jacq.) Khunt ex Walp. (Fabaceae).

IV. ANTECEDENTES

4.1. La agricultura en México

En las últimas décadas, la cadena agroalimentaria ha sufrido crisis sociales, ecológicas y sanitarias bastante graves a nivel mundial. Para el caso de México el panorama no es diferente. La agricultura tradicional representa una parte importante del sector agrícola de nuestro país, siendo una fuente importante de alimentos y de servicios. En los últimos años, México se ha visto obligado a complementar su demanda de maíz por medio de importaciones, las cuales representan casi uno de cada cuatro kg consumidos en los últimos siete años de acuerdo con datos del SIAP (2020). Esto se debe a la brecha entre la producción observada y la técnicamente alcanzable, siendo mayor a 50% dentro del subsector de temporal tradicional, representado por productores con menos de cinco hectáreas.

La agricultura mexicana se ha visto influenciada por transformaciones políticas que impulsó el gobierno en el siglo pasado. Durante la década de los setenta se habían establecido instituciones paraestatales al igual que estatales con la finalidad de fomentar el crecimiento en el sector agrícola. Dichas políticas no pudieron ser continuadas debido en parte a la crisis económica que sufrió el país derivado del colapso petrolero a principios de 1980, aunado a la fuerte sequía generalizada en el año 1982. Durante los siguientes años el campo mexicano percibió profundos cambios estructurales con la llegada del nuevo gobierno, culminando con la firma en 1993 del Tratado Trilateral de Libre Comercio (TLC) y, con éste, la reducción y eliminación de los subsidios a la producción agropecuaria bajo la línea de competencia en un libre mercado (Turrent y Cortés, 2005).

Así mismo, se requiere considerar el impacto que tuvo la llegada de la Revolución Verde en el campo de México. Este modelo planteaba el incremento en los rendimientos de un número limitado de cultivos a través de cambios profundos al sector rural mexicano y la implementación de un paquete tecnológico conformado por semillas mejoradas, mecanización y el uso de agroquímicos (Pengue, 2005).

Dicha estrategia generó beneficios en la producción a corto plazo, pero no consideró aspectos sociales y culturales fundamentales en la forma de trabajar la tierra de los pueblos originarios, además de ambientales, tales como el cuidado del contenido de materia orgánica en el suelo, la protección contra la erosión, la afectación a comunidades biológicas y el daño ecológico en general (Petersen, 2003; Ceccon, 2008). Los mismos autores comentan que el modelo de Revolución Verde se centró en la optimización de los sistemas de cultivo a través de la simplificación y un alto uso de insumos externos, lo cual provocó que gran parte de la investigación agrícola tuviera dicho enfoque. A pesar de ello, en los últimos años se ha retomado el interés por los sistemas de cultivos múltiples, el uso de insumos con menor impacto ambiental, la rotación de cultivos, entre otras prácticas, y los beneficios socioeconómicos y ambientales que traen consigo.

4.2. Bases teóricas y prácticas de la Agroecología

Superar la crisis en el mundo rural, en general, y de la agricultura familiar, en particular, supone como condición fundamental la promoción de un nuevo paradigma científico-tecnológico (Petersen, 2003). Si bien no se ha establecido un consenso respecto al concepto de Agricultura Sostenible, es clara la necesidad de promover un paradigma capaz de generar una producción agrícola que asegure la disponibilidad de alimentos saludables y a precios asequibles para una creciente población humana, es una tarea urgente e inevitable (Altieri *et al.*, 2012). En este contexto de crisis socioambiental y alimentaria, la agroecología se presenta como una alternativa para la producción sustentable de alimentos, poniendo en cuestionamiento la racionalidad económica y tecnológica del actual modelo agrícola convencional (Serra y Simões do Carmo, 2012).

En la agroecología, “el concepto clave que guía el razonamiento metodológico y epistemológico en este análisis, es el de sostenibilidad” (Gliessman *et al.*, 2007). El conocimiento agroecológico ha de ser generado a través de las aportaciones de

diferentes disciplinas para, mediante el análisis de todo tipo de procesos de la actividad agraria, en su sentido más amplio, comprender el funcionamiento de los ciclos minerales, las transformaciones de energía, los procesos biológicos y las reacciones socioeconómicas como un todo (Sevilla, 2006).

4.3. Plagas agrícolas y su control

“Una plaga agrícola se define como una población de individuos que atacan a los cultivos establecidos por los seres humanos y cuyo nivel poblacional disminuye sus rendimientos y aumenta los costos de producción, traducéndose en un problema económico” (Falconi, 2013). Principalmente se componen por: insectos, ácaros, caracoles, aves y roedores. Estos organismos se consideran plaga cuando su densidad poblacional aumenta perjudicando los rendimientos del cultivo, y por ende causando pérdidas económicas (Jiménez, 2009). Se alimentan de diferentes estructuras de la planta como el follaje, tallo, fruto, raíz, flores y semillas; el consumo continuo merma el desarrollo de la planta dando como resultado una baja en cantidad y/o calidad del producto, aumentando los costos de producción debido al necesario gasto para su control (Jiménez, 2016). Se estima que hasta un 40% de la cosecha se pierde a causa de estas (CESTA, 2011; Ruíz *et al.*, 2013; Fao, 2016).

Existen diversos métodos o estrategias para el control de plagas. Jiménez (2009) menciona los siguientes métodos:

Método mecánico: Consiste en la remoción y eliminación de órganos infestados de las plantas. (Uso de barreras artificiales).

Método físico: Consiste en controlar los factores abióticos (temperatura, humedad, fotoperiodo, etc.)

Método cultural: Utilización de prácticas agronómicas (labores de preparación de tierra, métodos de siembra, selección de variedades, etc.).

Control biológico: Utilización de enemigos naturales para controlar la plaga. Por ejemplo: depredadores, parasitoides y entomopatógenos.

Control químico: Aplicar sustancias químicas para controlar los organismos plaga. (uso de plaguicidas).

Control etológico: Aplicación de prácticas o agentes que afecten el comportamiento de los organismos plaga (uso de trampas o feromonas).

Control genético: Utilización de mecanismos genéticos o de la herencia con fines de control de plagas (Insectos estériles).

Control legal: Consta de normas que establece el gobierno para impedir el ingreso de plagas y enfermedades a su territorio. Ejemplo: reglamentación de cultivos.

Control o manejo integrado de plagas: Conjunto de distintas técnicas cuya finalidad es reducir las poblaciones plaga.

Aunque existen muchos métodos para el control de plagas, el más común, desde hace más de siete décadas, es el control químico, en buena parte por su amplia distribución, además de su fácil acceso y alta efectividad para controlar plagas a corto plazo (Villegas-Elizalde *et al.*, 2010). Los plaguicidas de amplio espectro, como los organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides; son los más utilizados. Sin embargo, se ha evidenciado que estos productos químicos suelen ser aplicados de manera irracional, causando daños ecológicos y poniendo en riesgo la salud de los productores y consumidores. Otro inconveniente de la aplicación de estos productos es la generación de resistencia en los organismos que intentan combatir, lo cual en el largo plazo incrementa los costos de producción (Dubrovsky *et al.*, 2017).

4.4. Manejo agroecológico de plagas

El enfoque agroecológico para el control de plagas tiene la necesidad de comprender por qué los organismos nocivos se adaptan rápidamente a los agroecosistemas y por qué los agroecosistemas son susceptibles a ellas (Altieri y Nicholls, 2018). Además, plantea establecer estrategias para el control de plagas a nivel de sistema de producción bajo el modelo de desarrollo endógeno; así como realizar prácticas agronómicas que tengan un efecto positivo en la reducción de la

incidencia de plagas y desarrollar tecnologías alternativas para el control de éstas (Vázquez y Fernández, 2007). A la par, estas prácticas agroecológicas conservan la biodiversidad de especies florísticas y faunísticas, así como el cuidado del ambiente y de la salud humana.

Dentro del Manejo Agroecológico de plagas existen diferentes maneras de proteger los cultivos de los organismos plagas, los más utilizados son el control cultural, biológico y el uso de extractos o aceites vegetales (Bejarano citado en Brechelt, 2004).

4.5. Extractos vegetales en el control de plagas

Los extractos vegetales se han utilizado durante siglos por su potencial insecticida, así como de conservación, siendo común durante el siglo XIX la utilización de compuestos alcaloides de origen vegetal como elementos fitosanitarios (Celis *et al.*, 2008). Durante la segunda guerra mundial los productos de síntesis química desplazaron a los productos de origen vegetal para combatir de manera masiva la presencia de plagas, en particular en la agricultura (Celis *et al.*, 2009). Desde entonces, los sistemas biológicos se han visto alterados de manera profunda a causa del uso desmedido, y en muchos casos, fuera de las normas regulatorias y de seguridad, de agroquímicos de síntesis (Vázquez-Luna *et al.*, 2007).

La aplicación de estos insumos ha generado una serie de problemas a nivel económico, al provocar la aparición de resistencias en ciertos grupos de artrópodos, y a nivel ambiental, contaminado cuerpos de agua y suelo, causado una crítica pérdida de la biodiversidad, así como en la salud humana, tanto de productores como consumidores (Ramírez y Lacasaña, 2001; Salamanca, 2020). Ante este panorama y en búsqueda de una agricultura sostenible, se requieren nuevas técnicas e insumos que sean capaces de controlar plagas a la par de tener un menor impacto en el ambiente, al igual que en los productores y consumidores, además de que sean económicamente viables (Altieri y Nicholls, 2007).

Se ha comprobado que las plantas cuentan con metabolitos secundarios con capacidad de control de diversos grupos de organismos perjudiciales para los cultivos como: ácaros (Souza de Jesus *et al.*, 2020), nematodos (Sepúlveda-Vázquez *et al.*, 2018), bacterias (Cuervo *et al.*, 2019), hongos (Arcos-Méndez *et al.*, 2019), roedores, virus e insectos. Entre ellas se encuentran: el ajo (*Allium sativum*), ají (*Capsicum frutescens*), higuera (*Ricinus comunis*), nim (*A. indica*) y paraíso (*Melia azedarach*), de las cuales se producen diversos bioinsecticidas comerciales (Celis *et al.*, 2008).

4.6. Metabolitos secundarios de plantas

Las plantas producen una gran cantidad de biomoléculas que son primordiales para su funcionamiento como los azúcares, aminoácidos, lípidos y nucleótidos. Estas moléculas ayudan a realizar el metabolismo primario (fotosíntesis, respiración o transporte de nutrientes) (Ávalos y Pérez, 2009; Ardonio *et al.*, 2013). De igual manera, las plantas producen compuestos químicos orgánicos que no cumplen una función directa del metabolismo primario y se le conocen como metabolitos secundarios. Estas moléculas orgánicas presentan propiedades ecológicas y biológicas diversas que ayudan, entre otras cosas, a defenderse de los organismos herbívoros o sirven como atrayentes a otros individuos (Sierra *et al.*, 2018). Los metabolitos secundarios pueden afectar la fisiología, crecimiento y desarrollo de los insectos y ácaros ya que fungen como reguladores de crecimiento, inhibidores de alimentación, repelencia, inhibidores de oviposición, inhibidores de la muda y de la formación de quitina (Attia *et al.*, 2013; Erdogan *et al.*, 2017).

No todas las familias de las plantas presentan metabolitos secundarios. Estas biomoléculas se producen en pequeñas cantidades y no en toda la planta, si no en distintas estructuras vegetativas como pueden ser tallos, corteza, hojas, raíces y semillas (Avalos, 2009), esto dependerá de la etapa fenológica donde se encuentre y del estrés biótico y abiótico que se ejerza sobre ellas (Lugo y Morales, 2017; Sierra *et al.*, 2018). Se estima que hay más de 1200 metabolitos secundarios en las plantas

y los principales grupos son: terpenos, compuestos fenólicos y alcaloides (Sepúlveda-Vázquez *et al.*, 2018).

4.7. Obtención de extractos vegetales

La extracción por solventes orgánicos es uno de los métodos más utilizados, ya que puede extraer compuestos químicos naturales de distintas partes de las plantas (semillas, tallos, hojas y raíz). Se debe de utilizar el solvente adecuado para extraer los compuestos orgánicos que se requieren de la materia prima o parte del vegetal, al escogerlo es necesario conocer su polaridad, solubilidad, costos y seguridad (Zhang *et al.*, 2018). El disolvente penetra en el material vegetal y solubiliza los metabolitos secundarios de las plantas extrayendo sustancias como grasas y ceras; esto da como resultado una oleorresina o un extracto impuro (Sierra *et al.*, 2018).

Existen dos tipos de solventes orgánicos: los polares y no polares:

- ✓ En los solventes polares se encuentran: agua, metanol, acetato de etilo, etanol y acetona; estos extraen compuestos de su misma polaridad. Zhang *et al.* (2018) mencionan que los extractos a base de solventes polares que son muy cercanos a la polaridad del soluto tienen una mejor capacidad de extracción.
- ✓ El etanol o alcohol etílico es el solvente más eficaz para extraer la mayoría de los metabolitos secundarios que se encuentran en el material vegetal (Sierra *et al.*, 2018).
- ✓ En los solventes no polares se encuentran el benceno, éter, éter de petróleo, tetracloruro de carbono y hexano. Estos extraen compuestos de baja polaridad (lípidos). Cuando se requiere desengrasar el material vegetal se necesitan solventes como el éter de petróleo o hexano (Tabio *et al.*, 2017; Sierra *et al.*, 2018).

4.7.1. Etanol 96% como disolvente

El etanol es un disolvente orgánico polar, incoloro, volátil y con olor fuerte y agradable. Se obtiene al tratar etileno con ácido sulfúrico concentrado y posterior hidrólisis. Tiene un índice de polaridad de 5.2, pero es menor que el metanol y agua, su punto de ebullición es de 78.3 °C (Núñez, 2008b). El líquido y los vapores son inflamables y su grado de toxicidad es moderado. El etanol se utiliza para obtener productos como vinagre y cloruro de etilo, entre otros (UNAM, 2012). Asimismo, es utilizado para extraer compuestos vegetales como resinas y grasas.

Fórmula química: $\text{H}_3\text{C} - \text{CH}_2 - \text{OH}$.

4.7.2. Hexano como disolvente

El hexano es un solvente orgánico apolar, incoloro y con olor a gasolina, ya que es un derivado del petróleo. Es insoluble en agua, pero se mezcla bien con solventes apolares como el éter y cloroformo, su punto de ebullición es de 69 °C. Se evapora rápidamente. Tanto los vapores como el líquido son altamente inflamables; si se ingiere o se inhala puede causar irritación en los ojos, piel y vías respiratorias; es moderadamente tóxico (Roth, 2017). El hexano es utilizado para disolver derivados del petróleo como (pinturas, rotuladores indelebles, entre otros). Asimismo, es utilizado para extraer compuestos vegetales como: aceites de semillas, ceras vegetales, aceites comestibles y colorantes (UNAM, 2016; Tabio *et al.*, 2017).

Fórmula química: $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$

4.8. Familia Tetranychidae

La familia Tetranychidae tiene 71 géneros y más de 1250 especies (Migeon *et al.*, 2009). Esta familia se caracteriza por incluir especies fitófagas que afectan a diversos cultivos a nivel mundial, principalmente las pertenecientes al género *Tetranychus* (Ferragut y Santoja, 1989).

4.8.1. *Tetranychus urticae*

La clasificación taxonómica es la siguiente: (Bolland *et al.*, 2013)

Reino: Animalia

Phylum: Arthropoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Orden: Prostigmata

Familia: Tetranychidae

Género: *Tetranychus*

Especie: *T. urticae* Koch (1836)

4.8.2. Morfología

Los adultos de *T. urticae*, tienen un tamaño de entre 0.4 y 0.6 mm (Figura 1). Su cuerpo está dividido en dos partes gnastoma e idiosoma. En la parte anterior o gnastoma se encuentran los dipalpos y los quelíceros y en la parte posterior o idiosoma se encuentran los cuatro pares de patas y los órganos internos (Figura 2). Las hembras son de mayor tamaño que los machos y tienen forma esférica, mientras que los machos son de forma elíptica con largas patas (Ferragut y Santoja, 1989; Ferragut, 2015).



Figura 1. *Tetranychus urticae*

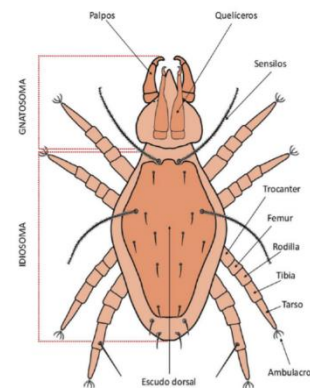


Figura 2. Anatomía del orden Prostigmata (Ferragut, 2015)

4.8.3. Biología

El ciclo de vida va de 22 a 30 días, dependiendo de la temperatura. Pasa por los estados de huevo, larva, ninfa (integrado por dos estadios ninfales, protoninfa y deutoninfa) y adulto. El estado de larva y los estadios de protoninfa y deutoninfa están divididos en fases de desarrollo activas y quiescentes. A las quiescentes se les denomina protocrisálida, deutocrisálida y teliocrisálida, respectivamente (Aucejo y Jacas, 2005). El huevo al ser ovipositado por la hembra es de color blanquecino con manchas, conforme pasan los días va cambiando de coloración, cuando ya está listo emerge el primer estado inmaduro (larva) que presenta tres pares de patas, en tanto que las etapas posteriores presentan cuatro pares de patas (Reséndiz-García y Castillo-Olivas, 2018) (Figura 3).



Figura 3. Ciclo de vida de *T. urticae*
(Reyes *et al.*, 2011)

Su coloración depende de su régimen alimenticio, factores ambientales, planta huésped o estado de desarrollo. Puede ser amarilla, verde, roja o marrón siempre con dos manchas laterales oscuras sobre el dorso. El color verde es generalmente encontrado en climas fríos y templados mientras que el color rojo en zonas cálidas

y subtropicales (Fasulo y Denmark, 2016). Tiene una alta tasa reproductiva, pues una hembra adulta puede ovipositar más de 300 huevos en todo su desarrollo biológico. Su reproducción puede ser sexual y por partenogénesis arrenotoca (los huevos no fecundados o haploides dan lugar a machos, mientras que los fertilizados o diploides dan lugar hembras) (Ferragut, 2015).

En condiciones ambientales óptimas y con buena calidad del sustrato alimenticio puede alcanzar su desarrollo en 10 días (Aucejo y Jacas, 2005; Robles-Bermúdez *et al.*, 2012; Fasulo y Denmark, 2016).

4.8.4. Distribución

Su distribución es cosmopolita. Sus colonias se observan durante los meses secos y cálidos del año (febrero a mayo), aunque actualmente se le observa en periodos más prolongados (dentro de invernaderos) (INIFAP, 2017). Necesitan temperaturas que se encuentren entre 12 y 40 °C, siendo la mejor 30 °C.

4.8.5. Daños

Tetranychus urticae se alimenta a través de sus quelíceros estiliformes que forman un tubo hueco con el que perforan la hoja y succionan los jugos de las células epidérmicas y parenquimáticas. El vaciado del contenido celular produce una coloración amarillenta que afecta el área de la hoja donde se localiza la colonia en el haz o en el envés, dando como consecuencia una disminución en la transpiración y actividad fotosintética de la planta, la necrosis y la defoliación (Fasulo y Denmark, 2016; He *et al.*, 2017). Las hojas afectadas pierden color, pueden tener tonos rojizos y secarse completamente; también los frutos pueden ser atacados cuando aún son inmaduros (Zhang, 2003).

Cuando las poblaciones son altas la arañita roja teje una estructura a base de hilos de seda que forma una telaraña, creando con ello un microclima para retener la

transpiración de la planta. Esta estructura le permite reproducirse y alimentarse de la planta hospedera, además de protegerse de los acaricidas y enemigos naturales (Aucejo y Jacas, 2005; NAPPO, 2014; Martínez-Jaime *et al.*, 2015). La seda que produce ha sido estudiada en el ámbito de la medicina y nanomateriales, ya que es resistente y flexible (Ferragut, 2015).

La elevada tasa intrínseca de crecimiento poblacional de *T. urticae* y la disminución de sus enemigos naturales (especialmente ácaros de la familia Phytoseiidae) hace que sus poblaciones alcancen frecuentemente niveles perjudiciales para los cultivos, lo que resulta en una disminución de los rendimientos (Razmjou *et al.*, 2009; Expoflores, 2013). En México, *T. urticae* es una plaga de importancia económica, entre otras regiones y otros cultivos, en la región lagunera y en otras zonas agrícolas, afectando principalmente a los cultivos de maíz y sorgo. Estudios han demostrado que el peso seco de las plantas de maíz forrajero disminuye significativamente al incrementarse el grado de daño. La reducción promedio en el peso de la planta es de 57.4% para un 100% de daño (Núñez *et al.*, 2006).

4.8.6. Control químico

Para su control se utilizan gran cantidad de acaricidas con diferentes estructuras químicas y modos de acción. El acaricida más utilizado es la Abamectina (cuyo principio activo es la Avermectina). Estos productos dejan residuos tóxicos en los frutos, afectando a los consumidores y productores, intoxican a mamíferos, además causan daños ambientales y generan mortalidad de organismos benéficos, lo que resulta en brotes de plagas secundarias (Soto *et al.*, 2011; León *et al.*, 2014; Souza-Pimentel *et al.*, 2017). De igual manera *T. urticae* puede adquirir resistencias hacia los productos de síntesis química (He *et al.*, 2017) lo que conduce a la necesidad de generar nuevos compuestos o productos activos para su control.

Cerna *et al.* (2009), evaluaron el grado de resistencia de acaricidas de diferente grupo toxicológico (avermectina, dicofol, óxido de fenbutatin y naled) y obtuvieron que la concentración letal 50 (CL₅₀) obtenida para avermectina, dicofol, óxido de fenbutatin y naled fue de 1.8, 1109.5, 52.9 y 1014.7 ppm, respectivamente. Por lo tanto, concluyeron que *T. urticae* ha desarrollado cierto grado de tolerancia a dos de los cuatro acaricidas evaluados (naled y dicofol). Villegas-Elizalde *et al.* (2010) informaron que *T. urticae* es la principal plaga en el Valle de Zamora, Michoacán en el cultivo de la fresa y se desconoce el nivel de resistencia de éste a los acaricidas de síntesis química utilizados para su control. Por ello, realizaron un estudio sobre la susceptibilidad a abamectina, endosulfán, fenpropatrín, oxidemetón metílico y propargite en una población de *T. urticae*, observando que la población de campo manifestó resistencia a abamectina, endosulfán y oxidemetón metílico. Esto se debe a que los productores realizan en promedio 30 aplicaciones por ciclo de cultivo y por lo tanto su efectividad es baja respecto a la que tenían originalmente. En contraste, las poblaciones fueron susceptible a propargite y fenpropatrín.

Robles-Bermúdez *et al.* (2012) mencionaron que *T. urticae* es una de las plagas más importantes de la rosa de corte en el Estado de México, y su combate se realiza principalmente mediante el uso de acaricidas como el propargite. Al principio los productores obtuvieron resultados satisfactorios, pero en la actualidad el propargite no controla esta plaga. Por ello, evaluaron la repuesta de dicho acaricida en cuatro poblaciones de *T. urticae* traídas de diferentes lugares: Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero, Zumpahuacán y Estado de México. Los resultados indicaron que las poblaciones provenientes de Coatepec Harinas, Villa Guerrero, y Zumpahuacán, fueron susceptibles a propargite; mientras que la población de Tenancingo se consideró resistente a dicho acaricida.

León *et al.* (2014), mencionan que *T. urticae* es la principal plaga de importancia económica para el cultivo de la fresa en el “Bajío” Guanajuato. Y se estima que para su control se hace un gasto de aproximadamente \$9,500 a \$20,000/ha/ciclo,

aumentando los costos de producción. Además, se ha reportado la resistencia de esta plaga a los acaricidas químicos, utilizados lo que ha derivado en mayor número de aplicaciones a altas concentraciones.

4.8.7. Uso de extractos vegetales para su control

Hasta el momento, se han evaluado diversos extractos vegetales para ayudar a controlar las poblaciones de *T. urticae*. Attia *et al.* (2011) evaluaron la toxicidad de 31 extractos vegetales y de dos acaricidas sintéticos (espirodiclofen y óxido de fenbutatin) en *T. urticae* en campo. Los resultados indicaron que siete de los 31 extractos vegetales (*Haplophyllum tuberculatum*, *Deverra scoparia*, *Mentha pelegium*, *Chrysanthemum coronarium*, *Hertia cheirifolia*, *Citrus aurabtium* y *Santolina africana*) fueron efectivos al reducir significativamente la densidad poblacional de *T. urticae*. Los autores concluyeron que los extractos de las plantas potencialmente activas para el ácaro podrían proporcionar un nuevo enfoque para el desarrollo de acaricidas naturales.

Vicentini *et al.* (2015) evaluaron el efecto del extracto etanólico de *Cymbopogon winterianus* Jowitt (hierba de la citronela) comparándolo con la azadiractina (AZA), sobre mortalidad y fecundidad de *T. urticae* en condiciones de laboratorio. Los resultados indicaron que para los huevos de *T. urticae*, la mayor reducción se observó a una concentración del 5% (p/v) para el período de evaluación de 120 h, tanto para el extracto de la hierba citronela (86%), como para la AZA (81%). Estos resultados sugieren un buen potencial del extracto etanólico de la hierba citronela para control de *T. urticae*.

Pavela (2017), evaluó diferentes concentraciones (1.9, 1.5, 1.1, 0.7, 0.3% p/v) del extracto acuoso de la raíz de *Saponaria officinalis*, contra todas las etapas de desarrollo de *T. urticae*. Los resultados mostraron que los huevos fueron los que presentaron mayor sensibilidad al extracto (CL₅₀ = 0.31% p/v), seguido por las ninfas

(CL₅₀ = 0.78% p/v) y por último los adultos mostraron tener menor sensibilidad (CL₅₀ = 1.18% p/v). La aplicación del extracto inhibió la oviposición por parte de las hembras un 50% a partir de la concentración 1.1% (p/v). Asimismo, se evaluó la eficacia del extracto a distintas concentraciones 15 y 30 g de raíces de *S. officinalis* en un litro de agua en invernadero durante un año en cultivos de pepinos y tomates infestados por *T. urticae*. Observó que las aplicaciones repetidas del extracto reducen significativamente el número de individuos de *T. urticae* en las hojas de ambos cultivos. Así, los conteos se mantuvieron significativamente más bajos en comparación con las plantas no tratadas durante el período de observación (140 días).

4.9. *Azadirachta indica* (A. Juss) (Meliaceae)

4.9.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *A. indica* es la siguiente (CONAFOR, 2018a).

Reino: Plantae

División: Embriofitas

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Geraniales

Familia: Meliaceae

Género: *Azadirachta*

Especie: *Azadirachta indica* (A. Juss., 1830).

4.9.2. Distribución

El árbol del nim, *A. indica*, es originario de la India. Actualmente, se encuentra distribuido en 78 países de Asia, África, Oceanía, Centro y Sur América (Aragón *et al.*, 2012). En México fue introducido en 1989 por la Universidad Autónoma del Estado de Nuevo León y se distribuye en varios estados como Yucatán, Veracruz, Oaxaca, Morelos, Sonora, Tabasco, Chiapas, Guanajuato, Michoacán, Guerrero, Jalisco, Nuevo León, Baja California Sur y San Luis Potosí (CONAFOR, 2018a).

4.9.3. Botánica

El nim es un árbol de crecimiento rápido, robusto, siempre verde y frondoso, de hoja perenne que puede llegar a perder en condiciones muy extremas. Puede llegar a medir hasta 30 metros y tener una cobertura de 25 m. Presenta una raíz principal pivotante de rápido crecimiento y desarrollo, hojas pecioladas de forma aserrada y de alrededor de 7 a 10 cm de largo y 3 a 4 cm de ancho. Las hojas se agrupan en foliolos de 35 cm de largo. La flor es pequeña (5 mm), blanca, crema o amarillenta, bisexual y actinomorfa. En plena floración, su aroma y néctar facilita la polinización. La floración va a depender de las condiciones edafoclimáticas de cada región y su fecundidad depende de la cantidad de iluminación recibida, así como de la humedad del suelo. El fruto es una drupa elipsoidal, lisa, de 1.4 a 2.4 cm de largo. La pulpa es jugosa y dulce, consumible para humanos, aves y animales. En México, la mayoría de los frutos maduran de julio a septiembre (Artigas y Fernández, 2015).

4.9.4. Usos

Esta especie, tolerante a la sequía, se siembra para evitar la erosión del suelo y para ayudar en su conservación y mejoramiento. La madera se usa para la construcción y obtención de leña. De las semillas se pueden obtener aceites (que van entre el 40 y el 50% de su peso), para usarse como combustibles. Tiene diferentes usos medicinales ya que las hojas, la corteza y las ramas tienen actividad antimicrobiana; se utiliza para inflamaciones (Orozco-Sánchez y Rodríguez-Monroy, 2007). Además, se utiliza para el control de plagas de cultivos y parásitos de animales, por lo que se ha plantado ampliamente en granjas agropecuarias. Puede tener efecto insecticida en más de 200 especies en la región del trópico y subtropical, y afectar a algunos ácaros, nematodos, hongos, bacterias y virus (Rúa, 2017) e insectos (Delgado *et al.*, 2012).

4.9.5. Fitoquímica

El nim produce aproximadamente 300 metabolitos secundarios, como terpénicos, diterpenos (derivados del abietano) y más de cincuenta tetranortriterpenoides (limonoides), siendo el más destacado la azadiractina (AZA), que se utiliza para el control de plagas y es de efecto sistémico, y otros como el nimbólido, ácido nimbidínico, azadirona, nimbina, etc. (Esparza-Díaz *et al.*, 2010; Rúa, 2017). La concentración más alta de AZA se obtiene de la semilla y puede variar por múltiples factores como son el lugar donde crece el árbol, las condiciones ambientales de producción y los procesos de extracción y cuantificación (Angulo-Escalante *et al.*, 2004; Orozco-Sánchez y Rodríguez- Monroy, 2007)

4.9.6. Efecto sobre insectos y ácaros

Los metabolitos secundarios del nim afectan a la fisiología, crecimiento y desarrollo de los insectos, lo que resulta en una reducción de daño en el cultivo. La azadiractina no mata de forma inmediata a los insectos, pero inhibe el apetito, afecta a la metamorfosis y a su ciclo de vida, actuando como una toxina. La AZA obstruye la actividad de las glándulas situadas en los corpora cardíaca y corpora allata, inhibiendo la producción de la neurohormona protoracicotrópica, la cual regula las hormonas de la metamorfosis (ecdisona) y la hormona juvenil (Orozco-Sánchez y Rodríguez-Monroy, 2007). Consecuencia de ello, afecta la fecundidad, interrumpe la comunicación sexual, inhibe la muda y la formación de quitina (INIFAP, 2004; Esparza-Díaz *et al.*, 2010).

Sharma *et al.* (2009), evaluaron la eficacia de tres extractos de plantas, *Ageratum conyzoides*, *Argemone mexicana* y *Azadirachta indica* contra larvas de *Culex quinquefasciatus*. Los extractos de *A. conyzoides* y *A. mexicana*, con valores de la CL₅₀ a las 24 y 48 h de exposición, de 425.60 y 267.90 ppm y 140.15 y 137.70 ppm, respectivamente, fueron efectivos contra *C. quinquefasciatus*. Sin embargo, el extracto de metanol de *A. indica* con valores de la CL₅₀ de 21.95 y 11.30 ppm después de 24 y 48 h de exposición, respectivamente, fue el larvicida más potente,

ya que redujo la eclosión de huevos y las larvas que eclosionaron presentaban deformidades estructurales y fisiológicas.

Encina *et al.* (2011), evaluaron dos extractos acuosos de la familia Meliaceae: *A. indica* y *Melia azedarach* L., sobre ácaros pertenecientes al género *Tetranychus*. Se realizó el experimento bajo condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y fotoperiodo; se obtuvieron tres diferentes concentraciones de los extractos de las Meliáceas, con dosis de 1,5 y 10 g en 100 ml de agua destilada y un testigo. Las dosis más altas de ambas plantas indicaron tener mayor mortandad sobre *Tetranychus* spp.

4.10. *Trichilia havanensis* (Jacq.) (Meliaceae)

4.10.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *T. havanensis* es la siguiente:(CONABIO, 2018c).

Reino: Plantae

Clase: Equisetopsida.

Orden: Sapindales

Familia: Meliaceae

Género: *Trichilia*

Especie: *Trichilia havanensis* Jacq.

4.10.2. Distribución

Se distribuye en Guatemala, Belice, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Panamá y Cuba. En México, en Campeche, Colima, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (German, 2006). Se le conoce en diferentes regiones como rama tinaja, tijalla, sinaskiwi, ciruelillo y limoncillo.

4.10.3. Botánica

Árbol perennifolio que mide hasta 12 m de alto y que dispone de un tronco de hasta 40 cm de diámetro. Con hojas generalmente imparipinnadas, de 6 a 20 cm de largo incluyendo el peciolo de 2 a 3 cm de largo y que suele ser algo alado al igual que el raquis, foliolos por lo común 3 a 9, opuestos o subopuestos. Presenta flores aromáticas, verdosas, amarillentas o de color crema, de 7 a 9 mm de diámetro, tiene flores masculinas y femeninas, ambas pequeñas; en forma de estrella de 8 a 9 mm, las masculinas, y de 4 a 5 mm, las femeninas, florecen de diciembre a abril. Su fruto es una cápsula de 1 a 1.5 cm de largo, se abre de 2 a 4 valvas o tapas, de color café verdoso, producidas tanto en la madera vieja como en la nueva, contienen de 1 a 4 semillas redondeadas de 6 a 8 mm de largo, rojas rodeadas en la base por un arilo blanco o de color crema. Maduran de mayo a septiembre (Calderón y Germán, 1993).

4.10.4. Usos

Tiene múltiples y variados usos: sirve como árbol de ornato, las hojas sirven para lavar ropa y las ramas se utilizan en ceremonias religiosas; la madera es utilizada para la construcción y carpintería; también tiene uso medicinal contra diversas afecciones. Actualmente, se está utilizando la extracción de aceite comestible a partir de semillas (Calderón y Germán, 1993). Tiene un uso potencial para utilizarlo como plaguicida. Así Villavicencio-Nieto y Pérez-Escandón (2010), obtuvieron hasta seis compuestos químicos que se pueden utilizar contra nueve distintas plagas.

4.10.5. Fitoquímica

Las semillas de *T. havanensis* contienen diferentes metabolitos secundarios, dentro los que destacan los limonoides que actúan sobre el desarrollo de insectos y ácaros. Los primeros limonoides identificados de *T. havanensis* fueron triacetato de havanensina, 3,7-di-O-acetilhavanensina, 1,7-di-O-acetilhavanensina y acetato de trichilenona, aislados de un extracto acetónico de frutos maduros. A partir de ellos se obtuvo havanensina, trichilenona, 1-dehidrohavanensina-3,7-diacetato,

isotrichilenona, 7-dehidrotrichilenona, 1,2-epoxi-7- dehidrotrichilenona, 1,2-epoxicedrelona, 1,2-dihidrotrichilenol e isotrichilenol (Chan *et al.*, 1967; Chan *et al.*, 1973). Arenas y Rodríguez-Hahn (1990), estudiaron los limonoides del fruto de *T. havanensis* en dos estados de maduración. De los frutos sin madurar se aislaron azadirona y havanensina triacetato, previamente aislados de frutos colectados en Jamaica (Chan *et al.*, 1973), y los nuevos limonoides: triacetato de 14,15-desoxihavanensina y 1,7-di-O-acetil-14,15-desoxihavanensina. Las semillas maduras contenían havanesina, triacetato y su derivado de hidroxilactona.

4.10.6. Efecto sobre insectos y ácaros

La comunidad totonaca de la Sierra de Puebla utiliza el fruto para proteger la semilla del maíz durante la germinación del ataque de insectos, aves y roedores. Las hojas son utilizadas para repeler a los insectos que dañan al grano en el almacén (Arenas y Rodríguez-Hahn, 1990; López -Olguín *et al.*, 1997).

López-Olguín *et al.* (1997) evaluaron el efecto por ingestión del fruto seco pulverizado de *T. havanensis* al 1 y 5% sobre las larvas neonatas de *Spodoptera littoralis* sobre el desarrollo, peso y mortalidad. Observaron que las larvas alimentadas con dieta al 5% presentaron mayor mortalidad respecto a las larvas alimentadas al 1% y al testigo; también hubo una reducción significativa en el peso de la larva y un retraso en su desarrollo. López-Olguín *et al.* (2002) investigaron en laboratorio los efectos del pulverizado de semillas de *T. havanensis* a concentraciones entre el 1 y el 5%, en diversos estados de desarrollo de la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata*. Se utilizaron larvas neonatas y larvas en estadio L₃ (maduras). Las larvas neonatas criadas en medio larvario tratado, fueron muy sensibles, muriendo el 100% a partir del 1%. Las larvas maduras no sufrieron ninguna alteración cuando se sumergieron en soluciones acuosas del producto o puparon en un medio tratado. Hubo un ligero efecto ovicida por tratamiento directo de huevos, a partir de la concentración del 3%.

4.11. *Argemone mexicana* (L.) (Papaveraceae)

4.11.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *A. mexicana* es la siguiente: (CONABIO, 2016).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Papaverales

Familia: Papaveraceae

Género: *Argemone*

Especie: *Argemone mexicana* (L.), 1753

4.11.2. Distribución

Se le conoce como chicalote, amapola montés, cardo, cardo santo, es de origen mesoamericano de zonas tropicales del centro y sur de América; en México distribuye en Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán (Villaseñor y Espinosa, 1998). Normalmente habita en zonas de cultivo, pastizales y orillas de la carretera.

4.11.3. Botánica

Hierba anual robusta que mide de 80 cm a 1 m de altura; tallo verde- azulado, glabro, glauco, espinoso. Hojas: verde- azuladas, sésiles, glaucas con líneas azul-brillante sobre las venas principales, abrazadoras, que miden hasta 20 cm de longitud, pinnatipartidas con las divisiones dentado-espinosas. Flores: grandes, solitarias, de 4 a 7 cm de diámetro, situadas sobre 2-3 brácteas muy similares a las hojas, pétalos de color amarillo brillante o algunas veces amarillo pálido. Fruto: capsular, oblongo ampliamente elíptico de 24 a 45 mm de largo por 12 a 20 mm de ancho, y espinoso,

por la parte superior se abre y, al madurar, se escapan las semillas, las cuales son muy pequeñas, negruzcas y rugosas y la raíz es pivotante (CONABIO,2016).

4.11.4. Usos

Argemone mexicana es considerada como una planta medicinal, ya que contiene propiedades antidiuréticas, antisépticas, analgésicas y antiinflamatorias. El látex amarillo se utiliza para tratar enfermedades de los ojos como dolor, escozor, manchas e inflamación, pero principalmente se utiliza para las cataratas. La raíz se emplea de manera de cataplasma para el dolor de pulmón o para controlar la tos. También se ha observado que las semillas sirven para aliviar dolores de muelas, heridas, dolor de estómago, diabetes entre otros (MBMTM, 2009; Brahmachari *et al.*, 2013). La ingesta de la semilla puede ocasionar vómito, náuseas y la raíz es un antihelmíntico (Sivaraman *et al.*, 2016).

4.11.5. Fitoquímica

La mayoría de los compuestos aislados pertenecen a la clase de los alcaloides, terpenoides, flavonoides, fenólicos, cumarinas, quinonas y compuestos alelopáticos de cadena larga (Brahmachari *et al.*, 2013; Sivaraman *et al.*, 2016). De la planta completa de *A. mexicana* se aislaron cuatro alcaloides de isoquinolina, (dehidrociordamina, jatrorrhizina, columbamina y oxibberina) y sus estructuras fueron establecidas por evidencia espectral (Singh *et al.*, 2010).

4.11.6. Efecto sobre insectos y ácaros

Se ha observado que *A. Mexicana* tiene efecto insecticida. Campos-Ruíz *et al.* (2018) evaluaron el efecto del aceite de sus semillas sobre las larvas de *C. quinquefasciatus* (Say) utilizando diferentes concentraciones (800, 400, 200, 100, y 50 ppm). Observaron que en la concentración de 800 ppm hubo un 90% de mortalidad en las larvas en tan solo 24 horas después de la aplicación del tratamiento. Por lo que concluyeron que el aceite vegetal de las semillas de *A.*

mexicana es un potente larvicida, con valores de hasta el 100% de mortalidad en los primeros cinco días posteriores a su aplicación.

Sivaraman *et al.* (2016) evaluaron la actividad larvicida de la semilla de *A. mexicana* contra *C. quinquefasciatus* (Say) y *Aedes aegypti* (L.). Obtuvieron 4 extractos con diferentes disolventes (hexano, cloroformo, acetato de etilo y metano); las larvas en tercer estadio. se expusieron a diferentes concentraciones, 62.5, 125, 250 y 500 ppm. Los valores de la CL₅₀ para el extracto de hexano fueron 124.12 y 267.69 ppm contra *C. quinquefasciatus* y larvas de *A. egypti*, respectivamente. Los valores de la CL₉₀ de extracto de hexano contra *C. quinquefasciatus* y *A. egypti* fueron 526.55 y 637.89 ppm respectivamente. Los resultados sugieren que el extracto de hexano de semillas de *A. mexicana* podría usarse para controlar las larvas de los mosquitos. También se ha visto que sirve para el control de ácaros. Como lo mencionan Carrillo- Rodríguez *et al.* (2011) que evaluaron cuatro plantas con uso potencial como acaricidas utilizando extractos hidroetánicos de *A. indica*, *Ricinus communis* L., *Chenopodium ambrosioides* L., *A. mexicana* L., *Tagetes erecta* L. y *M. azedarach* L. en dosis de 1, 5, 10, 15 y 20%, sobre la mortalidad de *T. urticae*. Se observó que todos los extractos inducían la mortalidad de *T. urticae*, pero en especial las especies *A. indica*, *R. communis*, *C. ambrosioides* y *A. mexicana* para las cuales la mortalidad inducida de adultos fue mayor que 50%. Además, en las concentraciones del 10 y 20% no mostraron diferencias estadísticamente significativas con el testigo químico (abamectina), sobre la mortalidad en *T. urticae*, lo que sugiere que son una opción para el control de estas poblaciones.

4.12. *Schinus molle* L. (Anacardiaceae)

4.12.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *S. molle* es la siguiente: (CONABIO, 2019).

Phyllum. Plantae

Subphyllum. Spermatophyta

Clase. Magnoliophytina

Orden. Sapindales

Familia. Anacardiaceae

Género: *Schinus*

Especie: *Schinus molle* L.

4.12.2. Distribución

Originario de la región andina de Sudamérica, principalmente Perú, aunque se extiende de Ecuador a Chile y Bolivia. En México se le conoce como Pirul y se distribuye en Aguascalientes, Chiapas, Coahuila, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Estado de México, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luís Potosí, Sinaloa, Tlaxcala, Veracruz y Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998).

4.12.3. Botánica

Árbol perennifolio, de 4 a 8 m (hasta 15 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 25 a 35 cm. Hojas: compuestas, alternas, de 15 a 30 cm de largo, colgantes, con savia lechosa; imparipinnadas de 15 a 41 folíolos generalmente apareados, de 0.85 a 5 cm de largo, estrechamente lanceolados, color verde amarillento. Flores: Panículas axilares en las hojas terminales, de 10 a 15 cm de largo, flores muy pequeñas y numerosas, de color amarillento, miden 6 mm transversalmente. Frutos: Drupas en racimos colgantes, cada fruto de 5 a 9 mm de diámetro, rosados o rojizos, con exocarpo coriáceo, lustroso, seco en la madurez, mesocarpio delgado y resinoso, cada fruto contiene una o dos semillas (Vibrans, 2009).

4.12.4. Usos

S. molle tiene diferentes usos medicinales. El aceite esencial de sus hojas posee actividad antibacteriana, antifúngica, antiviral, antimicrobiana. También se utiliza para

enjuagues bucales y dentífricos. Tiene otras funciones como astringente, estimulante digestivo, tónico, diurético, analgésico, así como estimulante y antidepresivo (Doleski *et al.*, 2015). Se ha reportado que tiene efecto insecticida o de repelencia en insectos (Ferrero *et al.*, 2006), así como propiedades alopáticas.

4.12.5. Fitoquímica

Los componentes principales del aceite esencial de *S. molle* son α -felandren, β -felandreno, mirceno y limonoides (Abdel-Sattar *et al.*, 2010). Los mismos autores, realizaron estudios de los aceites esenciales en frutos y hojas de *S. molle*; estos mostraron repelencia y actividad insecticida contra *Trogoderma granarium* Everst y *Tribolium castaneum* Herbt. En estos aceites, se identificaron 65 componentes mediante análisis Cromatografía de gases-Espectrometría de masas (GC-MS). La mayor cantidad de monoterpenos se encontró en los frutos y hojas, 80.43 y 74.84%, respectivamente. Doleski *et al.* (2015), analizaron el aceite esencial de *S. molle*, identificando 19 componentes en las hojas que representan el 2,8% de los monoterpenos y el 92,2% de los sesquiterpenos. Los principales compuestos que encontraron fueron biclogermacreno (20.5%), β -Cariofileno (19.7%), espatulenol (19.2%), globulol (9.5%), germacreno-D (7.4%), óxido de cariofileno (5.3%) y terpinen-4-ol (1,2%). Ellos también sugieren que los componentes encontrados en *S. molle* pueden variar por diferentes factores que influyen en la composición química, que podría ser el origen de la planta, la parte utilizada y la etapa de desarrollo de esta, clima, temperatura y condiciones de suelo. Feuereisen *et al.* (2017), determinaron el perfil fenólico de *Schinus terebinthifolius* y *Schinus molle*. Por primera vez, fueron identificadas antocianinas, biflavonoides y galotaninos.

4.12.6. Efecto sobre insectos y ácaros

López *et al.* (2017) evaluaron el porcentaje de inhibición de eclosión de huevos y de mortalidad de larvas y adultos del gusano blanco de la papa (*Premnotrypes vorax* (Hustache) en 24, 48, y 72 h después de haber aplicado diferentes concentraciones

(5, 10 y 15%) de extracto acuoso del pirul (*S. molle*) bajo condiciones de laboratorio. Se observó que la concentración del 5% del extracto acuoso provocó el 50% de mortalidad en adultos en 24 h, mientras que para la concentración del 10% se observó una mortalidad del 25% después de 48 h de su aplicación. Adicionalmente, se observó una disminución del 25% en la eclosión de los huevos con una concentración del 10% en 24 h. Rey-Valeirón *et al.* (2017) utilizaron plantas con potencial acaricida de *Bursera graveolens* y *S. molle* sobre la larva de la garrapata del ganado australiano *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Canestrini). Se utilizaron siete concentraciones de los aceites esenciales de *B. graveolens* y *S. molle* (0.125, 0.25, 0.625, 1.25, 2.5, 5, 10%). Los resultados indicaron que la mortalidad de las larvas se presentó entre un 99 a 100% en cuatro concentraciones de ambas plantas; sin embargo, la concentración más baja 1.25% de *S. molle* fue 1.5 veces más eficaz que la de *B. graveolens*.

4.13. *Gliricidia sepium* (Jacq) Kunth ex Walp. FABACEAE

4.13.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *G. sepium* es la siguiente: (CONABIO, 2018b).

Reino: Plantae

División: Magnoliidae

Clase: Equisetopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Gliricidia*

Especie: *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp.

4.13.2. Distribución

Se la conoce comúnmente como mata ratones, cacahuanache o coucuite. Se extiende desde el sur de México, por toda América Central hasta Colombia, Venezuela y Guayana. En México se distribuye en Tamaulipas, San Luís Potosí,

Puebla, Veracruz, Yucatán, Michoacán. Crece en laderos, barrancos y cañadas (Cobián, 2007).

4.13.3. Botánica

Árbol o arbusto caducifolio, de 2 a 15 m (hasta 20) m de altura. Presenta hojas compuestas, alternas, e imparipinnadas. Miden de 12 a 30 cm de largo (incluyendo el pecíolo). Compuestas por 7 a 25 folíolos opuestos de 3 a 8 cm de largo por 2 a 4 cm de ancho, ovados a elípticos, con el margen entero. Las flores son rosadas y se agrupan en racimos densos de 10 a 20 cm de largo, situados en las axilas de las hojas caídas. Cada racimo tiene de 15 a 50 flores zigomorfas, de 2 a 3 cm de largo, dulcemente perfumadas. Presenta frutos en vainas lineares y dehiscentes a lo largo de 2 suturas, aplanadas, de 10 a 20 cm de largo y 1 a 3 cm de ancho, agudas, péndulas, con nervadura fina, verde limón o pardo claras cuando nuevas y oscuras al madurar. Cada vaina dispone de 3 a 10 semillas. Las semillas son pardo-amarillentas, de 7.9 a 18 mm de largo por 12 a 15 mm de ancho, casi redondas, aplanadas, de superficie lisa. En plantas provenientes de semillas, el sistema radical es fuerte y profundo, con una raíz pivotante y raíces laterales en ángulos agudos respecto de la raíz principal (Vázquez- Yanes *et al.*, 1999). Florece de marzo a mayo en temporada seca y fructifica de julio a septiembre (CONAFOR, 2018b).

2.13.4. Usos.

Las hojas de los árboles sirven como alimento para el ganado, pues contiene altos niveles de proteína y buen valor nutricional. Es empleada como cerca viva y ayuda a la retención de la humedad del suelo, además, por ser una leguminosa, fija nitrógeno al suelo (Fonte *et al.*, 2013). Además, posee propiedades insecticidas bactericidas y germicidas (CONAFOR, 2018b). Los indígenas utilizaban la pulpa del fruto como repelente de insectos, la corteza, hojas y semillas para preparar veneno contra ratas y ratones (Roig, 1974).

4.13.5. Fitoquímica

Los principales metabolitos secundarios que presentan las hojas de *G. sepium* son cumarinas, flavonoides (De la Guardia *et al.*, 2003) y taninos, y en los tallos presentan ligninas, fenoles y saponinas (Ayala *et al.*, 2006; Santacoloma y Granados, 2012).

4.13.6. Efecto sobre insectos y ácaros

De la Guardia *et al.* (2003) probaron la actividad biológica de los extractos de las hojas de *G. sepium* sobre las plagas de mayor incidencia en importantes cultivos. Observaron que tienen actividad nematocida ya que el extracto acuoso al 10% de *G. sepium* inhibió la eclosión un 100% de las ootecas de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White); también presentó mortalidad del 20% y 40% estados de ninfa y adulto respectivamente, de la cucaracha alemana (*Blatella germanica* L.) Aragón-García *et al.* (2008) evaluaron el efecto del extracto acuoso de *G. sepium*, a una concentración de 2.5%, en la tasa de infestación, daño de la planta y los rendimientos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), observando una diferencia significativa entre las plantas sin y con la aplicación del extracto acuoso, teniendo mayor tasa de infestación en el grupo control de plantas de jamaica, mientras que en el grupo con el tratamiento se observó menor incidencia de insectos perjudiciales y, por ende, se observó disminución de los daños que éstos ocasionan al cultivo, reflejándose en un incremento de la producción.

4.14. *Roldana ehrenbergiana* (Klatt.) H. Robinson & Brettell.

4.14.1. Taxonomía

La clasificación taxonómica de *R. ehrenbergiana* es la siguiente: (CONABIO, 2018b).

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Clase: Equisetopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae

Género: *Roldana*

Especie: *Roldana ehrenbergiana* (Klatt.) H. Robinson & Brettell.

4.14.2. Distribución

Comúnmente llamada hierba del perro o clarincillo es endémica de México y se distribuye en los estados de Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Oaxaca, San Luis Potosí, Nayarit, Puebla y Querétaro. Su hábitat es matorral xerófilo, florece y fructifica en los meses de mayo a julio (Rendona-Martínez y Villaseñor, 2011).

4.14.3. Botánica

Hierba perene de 60 a 80 cm de alto, tallos tomentosos, hojas con pecíolos 3.6 a 4.8 cm largo, y láminas 7.0 a 8.5 cm largo y 8.0 a 10.8 cm ancho, ovado-elípticas, pinnatisectas, 6-7 lobuladas, base obtusa, ápice agudo, haz esparcidamente pilosa o tomentulosa, envés densamente tomentoso, grisáceo. cabezuelas heterógamas, 5-8 por corimbo, pedúnculos 1.8-5.5 cm largo, bractéolas 1.0-1.2 cm largo, lanceoladas; cálculo 6 brácteas, 6.0-8.0 mm largo, lanceoladas; involucre 1.1-1.2 cm alto, hemisférico o ampliamente campanulado, filarios 12-14, ovado-lanceolados, glabros, pilosos en el ápice. Flores: liguladas 8-10, lígulas 1.0-1.5 cm largo, ovado-elípticas, tubo 5.0-9.0 mm largo, flores del disco 40-50, 7.0-8.0 mm largo, lóbulos glabros. Frutos: Aquenios 10-costillados, 3.0-5.0 mm largo, glabros; vilano 70-80 cerdas, 5.0-9.0 mm largo (Rendona- Martínez y Villaseñor, 2011).

4.14.4. Usos

En San José Tejiluca, Puebla, México, se utiliza para matar a perros rabiosos y como uso medicinal para tratar la lepra (Pérez-Castorena *et al.*, 2005; Arciniegas *et al.*, 2015). Se ha observado que tiene propiedades medicinales como antioxidante

y antiinflamatorio, así como propiedades insecticidas contra hormigas, y antifúngicas (García, 2009; Arciniegas *et al.*, 2015).

4.14.5. Fitoquímica

El Género *Roldana* se caracteriza por presentar metabolitos secundarios como los sesquiterpenos de tipo eremofilano, que se localizan principalmente en la raíz de la planta, oplopanos, plastoquinonas y flavonoides (Arciniegas *et al.*, 2013). Pérez-Castorena *et al.* (2005) evaluaron los componentes químicos que presentan las hojas y raíces de *R. ehrenbergiana*. Encontraron dos nuevos furanoeremofilanos y compuestos conocidos como β -sitosterol, estigmasterol, β -sitosterol glucósido, quercitrina y flavonoide.

4.14.6. Efecto sobre insectos y ácaros

García (2009) evaluó el efecto insecticida de *R. ehrenbergiana* y *Asclepias notha*, sobre las larvas de *C. quinquefasciatus*. Preparó extractos de diferentes estructuras de la planta (flor, fruto, hoja, raíz y tallo), utilizando material vegetal (fresco y seco) con diferentes solventes como agua destilada, aguardiente de caña, diclorometano, etanol 96% y hexano. Los resultados obtenidos indicaron que *R. ehrenbergiana* presentó una fuerte actividad insecticida sobre *C. quinquefasciatus* causando una mortalidad del 100 % comparado con el 55 y 74% provocado por *A. notha* a dosis del 20 %. Además, la raíz de *R. ehrenbergiana* fue el órgano cuyos extractos presentaron una mayor toxicidad, mientras que en *A. notha* fueron los de hoja y tallo.

V. OBJETIVO E HIPÓTESIS

5.1. Objetivo

Evaluar el efecto de extractos etanólicos y hexánicos de *Argemone mexicana*, *Azadirachta indica*, *Schinus molle*, *Trichilia havanensis*, *Gliricidia sepium* y *Roldana ehrenbergiana* sobre la viabilidad de huevos de *T. urticae*.

5.2. Hipótesis

Al menos uno de los extractos etanólicos o hexánicos de *Argemone mexicana*, *Azadirachta indica*, *Schinus molle*, *Trichilia havanensis*, *Gliricidia sepium* y *Roldana ehrenbergiana*, tiene efecto estadísticamente significativo ($\alpha=0.05$) sobre la viabilidad de huevos de *T. urticae*.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Colecta y cría de *T. urticae*

Se realizaron tres colectas de adultos de *T. urticae* silvestres entre los meses de marzo y agosto del 2019 y febrero del 2020, en cultivos de rosas, pepino y papaya, sin tratamiento de insecticidas y/o acaricidas, ubicados en los municipios de Atlixco y Tepeojuma, Puebla.

Se colectaron hojas que presentaban daños (manchas cloróticas y presencia de telaraña), se colocaron en contenedores de polipropileno debidamente etiquetados con la fecha y lugar de colecta. Posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Manejo Agroecológico de Plagas del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la BUAP. La identificación de la especie se realizó con ayuda de un microscopio estereoscópico (Zeigen), claves y bibliografía sobre las características taxonómicas (Ferragut y Santoja, 1989).

A la par, se sembraron cada tres días plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en macetas con capacidad de 3 litros con un sustrato compuesto de suelo agrícola y bocashi en proporción 3:1 respectivamente, que se colocaron en invernadero; esto se realizó, ya que era necesario tener material vegetal para establecer la cría de *T. urticae*. Las colonias se establecieron bajo condiciones controladas de temperatura (26 ± 1 °C), humedad relativa ($50 \pm 5\%$) y fotoperiodo (12:12 h Luz: Oscuridad), sobre plantas de frijol contenidas en cajas de acrílico transparente de 30x47x20 cm de alto, largo y ancho, respectivamente, cubiertas con tela tricot, de donde se obtuvieron los adultos para iniciar los bioensayos (Figura 4). Las plantas se reemplazaron cuando las condiciones de infestación y daños no eran ya adecuadas para el desarrollo de las colonias de *T. urticae*.



Figura 4. Cría de *T. urticae*

6.2. Material vegetal para los bioensayos

El material vegetal de las distintas especies ensayadas se recolectó en diferentes localidades de los estados de Puebla y Veracruz (Cuadro 1).

Cuadro 1 Localidad, fecha y partes de las plantas recolectadas.

| Plantas | Fecha y lugar de colecta | Parte vegetal recolectada |
|------------------------------|---|---------------------------|
| <i>Gliricidia sepium</i> | Abril, 2019 Zolonquiapa, Izúcar de Matamoros, Puebla | Corteza |
| <i>Argemone mexicana</i> | Febrero, 2019 San Pedro Zacachimalpa, Puebla | Parte aérea |
| <i>Schinus molle</i> | Febrero y marzo 2019 San Pedro Zacachimalpa, Puebla | Parte aérea |
| <i>Trichilia havanensis</i> | Julio, 2019 Cuetzalan del progreso, Puebla | Semillas |
| <i>Azadirachta indica</i> | Septiembre, 2018 Acayucan, Veracruz | Semillas |
| <i>Roldana ehrenbergiana</i> | Octubre, 2019 Santa Cruz Alpuyecá, Puebla | Parte aérea |

La recolección de los diferentes materiales vegetales se realizó de manera manual entre las 12:00 y 15:00 h del día (horas de mayor luminosidad). El material vegetal se dejó secar bajo sombra a temperatura ambiente (18 ± 5 °C), durante 20 días, posteriormente se trituró en una licuadora industrial (PDH industrial 5 L acero inox 1 HP PD14) hasta obtener partículas homogéneas que se pasaron por un tamiz No.

16 con apertura de 1 mm MONT-INOX. El material en polvo se colocó en bolsas de papel estraza debidamente etiquetadas y se almacenó en un lugar seco para su posterior utilización.

6.3. Obtención de extractos

La obtención de los extractos etanólicos y aceites esenciales se realizó en el Laboratorio de Química Ambiental del Centro de Química del ICUAP. Se utilizó el método de extracción con equipo Soxhlet (extracción sólido-líquido) el cual realiza continuos ciclos de reflujo de manera automática, ya que el solvente se evapora y condensa, hasta obtener el extracto (Núñez, 2008a; Sierra *et al.*, 2018). El pulverizado de cada planta se pesó individualmente en una balanza digital, se vertió en un cartucho de celulosa y este último se colocó en la corneta del aparato Soxhlet. Enseguida, se vertieron 800 mL de etanol al 96% marca EMSURE® en el matraz de bola. Una vez montado el aparato Soxhlet, se encendió la parrilla de calentamiento, que es la fuente de calor, y una vez que el solvente alcanzó su punto de ebullición se empezó a evaporar y a condensarse en la corneta (Figura 5). Cuando la corneta contenía suficiente disolvente se sifoneaba regresando automáticamente al matraz de bola, disolviendo así los compuestos orgánicos extraídos, este proceso se realizó hasta que el solvente no presentaba color. Este mismo procedimiento se realizó para la extracción con hexano, donde se utilizaron 850 mL del disolvente.



Figura 5. Equipo de Extracción Soxhlet

En los cuadros 2. y 3. Se muestran las variables utilizadas para extraer con etanol y hexano la mezcla de compuestos orgánicos presentes en el material vegetal y que son solubles en el disolvente.

Cuadro 2. Pulverizado (g), disolvente etanol (mL) y tiempo de extracción (h), para cada material vegetal.

| Plantas | Masa (g) | Etanol (mL) | Tiempo de extracción (h) |
|------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------|
| <i>Gliricidia sepium</i> | 175 | 800 | 7 |
| <i>Argemone mexicana</i> | 120 | 800 | 6 |
| <i>Schinus molle</i> | 180 | 800 | 6 |
| <i>Trichilia havanensis</i> | 150 | 800 | 7 |
| <i>Azadirachta indica</i> | 180 | 800 | 6 |
| <i>Roldana ehrenbergiana</i> | 170 | 800 | 6 |

Cuadro 3. Pulverizado (g), solvente hexano (mL) y tiempo de extracción (h) para cada material vegetal

| Plantas | Masa (g) | Hexano (mL) | Tiempo de extracción (h) |
|------------------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------|
| <i>Gliricidia sepium</i> | 180 | 850 | 7 |
| <i>Argemone mexicana</i> | 120 | 850 | 6.5 |
| <i>Schinus molle</i> | 185 | 850 | 6.5 |
| <i>Trichilia havanensis</i> | 128 | 850 | 7 |
| <i>Azadirachta indica</i> | 90 | 800 | 7 |
| <i>Roldana ehrenbergiana</i> | 180 g | 850 | 7 |

Posteriormente las distintas muestras se enfriaron a temperatura ambiente (Figura 6) y cada una se colocó en un rotavapor marca Sev®, modelo A402-2 a 200 rpm a temperatura constante (< 40° C) para obtener el extracto concentrado (Figura 7). El concentrado obtenido se vertió en un frasco de cristal ámbar debidamente rotulado y se refrigeró a 4 °C para su posterior utilización (Barrientos *et al.*, 2016).

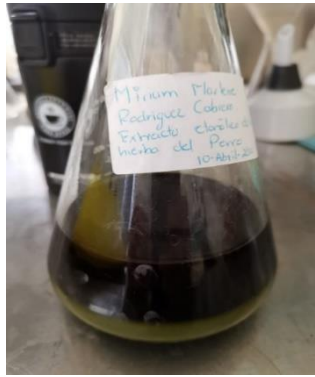


Figura 6. Extractos etanólicos



Figura 7. Rotavapor con extracto

Los extractos etanólicos de *T. havanensis* y *A. indica*, presentaron dos fases (Figura 8). Para su separación se utilizó una centrifugadora marca HERMLE modelo Z326K a 6000 rpm durante 5 minutos, obteniendo un sobrenadante y un precipitado, los cuáles se utilizaron por separado.



Figura 8. Extracto etanólico de *Trichilia havanensis* con dos fases

6.4. Unidad de ensayo, tratamientos y diseño experimental

Se evaluó el efecto de cada extracto vegetal (sólido o aceite) a una concentración de 1000 mg/mL (tratamientos), sobre la viabilidad de huevos de *T. urticae*.

La unidad experimental para los bioensayos consistió en un disco foliar de 2 cm de diámetro con un determinado número de huevos en dependencia de la puesta de dos hembras de *T. urticae* en un periodo de 18 h. El disco foliar se colocó en una

caja Petri de 60x15 mm con el fondo cubierto con dos capas de papel filtro humedecidos a saturación con agua destilada. La turgencia del disco foliar se mantuvo al colocar la caja Petri dentro de un recipiente de polipropileno de 8x9 cm con agua destilada en el fondo. Se utilizó un trozo de tela absorbente que fue conectado a la caja Petri con un clip para mantener el flujo de agua entre el papel filtro de la placa Petri y el depósito de agua del recipiente de polipropileno (Figura 9). El diseño experimental fue completamente al azar con 10 repeticiones por tratamiento.



Figura 9. Unidad experimental

6.5. Bioensayos

Los bioensayos se realizaron en el laboratorio de manejo agroecológico de plagas del Centro de Agroecología del Instituto de Ciencias de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Previamente se sembraron plantas de frijol (*P. vulgaris* L.) en macetas con capacidad de 3 litros con sustrato compuesto de suelo agrícola y bocashi en proporción 3:1, para contar con hojas suficientes para el corte de discos foliares. Se cortaron discos foliares de 2 cm de diámetro con un sacabocados, que se depositaron en un recipiente transparente con papel filtro húmedo a saturación en el fondo, con la finalidad de que no perdieran turgencia al momento de ser utilizados.

Con ayuda de un pincel de pelo de camello y un microscopio estereoscópico (Zeigen), se colocaron sobre el envés de cada disco foliar 5 adultos (2 hembras y 3 machos) de *T. urticae*. Se permitió que las hembras ovipositaran durante 18 horas para obtener el mayor número de huevos posible sobre cada disco. Después de este tiempo, se retiraron los adultos, se contabilizaron los huevos puestos en cada disco y se aplicaron los tratamientos a una concentración de 1000 mg/mL, utilizando 10 discos foliares con un determinado número de huevos para cada tratamiento.

Para obtener los extractos etanólicos a la concentración de 1000 mg/mL, se pesaron 0.025 g del extracto en una balanza analítica y se agregaron 25 mL de etanol. Para cada tratamiento, el extracto con el disolvente se colocó en un recipiente de polipropileno rígido, que se pasó por un shaker durante 10 minutos para obtener una solución homogénea. La solución se pasó a un atomizador manual para su posterior aplicación a las unidades de ensayo. Los tratamientos fueron los siete extractos etanólicos vegetales a la concentración indicada y dos testigos (agua destilada y etanol solo) (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tratamientos con base en extractos etanólicos y testigos.

| Tratamientos | Extracto + Solvente |
|--|----------------------------|
| Agua destilada (Testigo) | 0.000g + 25 mL |
| Etanol (Testigo) | 0.000g + 25 mL |
| <i>Argemone mexicana</i> | 0.025g + 25mL |
| <i>Roldana ehrenbergiana</i> | 0.025g + 25mL |
| <i>Schinus molle</i> | 0.025g + 25mL |
| <i>Trichilia havanensis</i> sobrenadante | 0.025g + 25mL |
| <i>Trichilia havanensis</i> precipitado | 0.025g + 25mL |
| <i>Azadirachta indica</i> Sobrenadante | 0.025g + 25mL |
| <i>Azadirachta indica</i> Precipitado | 0.025g + 25mL |

Los extractos hexánicos a la concentración de 1000 mg/mL se obtuvieron al combinar 0.025 g de cada extracto, 25 mL de agua destilada y 25 μ L de surfatol

como coadyuvante. No se utilizó hexano para disolver los extractos vegetales debido a que en una prueba preliminar se observó toxicidad de este testigo sobre huevos de *T. urticae*, por lo que se decidió utilizar agua destilada y surfatol como coadyuvante por sus propiedades de acidificante, adherente, dispersante, emulsificante y quelante (Fernatol, 2019). Este producto permitió una adecuada disolución de los extractos hexánicos de consistencia aceitosa con el agua destilada.

Para obtener una solución final homogénea, el recipiente con la mezcla de cada extracto se introdujo en una tina de ultrasonido (Hantec HNT-UL188) durante 30 minutos a alta intensidad y posteriormente se colocó en un Shaker-vibrador (JT-14) durante 10 minutos. Por último, la solución de cada extracto se pasó a un atomizador manual para su posterior aplicación a las unidades de ensayo. Los tratamientos fueron los seis extractos hexánicos vegetales a la concentración indicada y los testigos consistentes en surfatol para descartar un posible efecto de este producto y agua destilada (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tratamientos con base en extractos hexánicos y testigos.

| Tratamientos | Extracto +Agua destilada+ Surfatol |
|-------------------------------------|---|
| Disco foliar sin tratar (Testigo) | 0.000g + 0 mL + 0.000 µL |
| Agua destilada + Surfatol (Testigo) | 0.000g + 25 mL + 0.025 µL |
| <i>Argemone mexicana</i> | 0.025g + 25 mL + 0.025 µL |
| <i>Roldana ehrenbergiana</i> | 0.025g + 25 mL + 0.025 µL |
| <i>Schinus molle</i> | 0.025g + 25 mL + 0.025 µL |
| <i>Trichilia havanensis</i> | 0.025g + 25 mL + 0.025 µL |
| <i>Azadirachta indica</i> | 0.025g + 25 mL + 0.025 µL |

Las aplicaciones de los tratamientos sobre a las unidades de ensayo (discos foliares con huevos de *T. urticae*) se realizaron con ayuda de un atomizador manual con capacidad de 75 mL y se estandarizaron a una distancia de 10 cm desde la salida del atomizador al disco foliar, con un tamaño de gota fino, para asegurar un rociado

homogéneo (Figura10). Los discos tratados se dejaron secar a temperatura ambiente durante 5 minutos en una mesa del laboratorio y una vez secos, se colocaron en el cuarto de cría de insectos, donde se controlaron las condiciones de temperatura (26 ± 1 °C), humedad relativa ($50 \pm 5\%$) y fotoperiodo de 12:12 h (L: O). Seis días después de la aplicación de los tratamientos se registró el porcentaje de mortalidad de huevos en función del total de huevos tratados, número de huevos muertos y el número de larvas emergidas. Posteriormente, para cada unidad de ensayo se obtuvo la mortalidad corregida (%) de acuerdo con Abbott (1925).



Figura 10. Atomizador utilizado para la aplicación de los tratamientos a las unidades de ensayo

6.6. Análisis estadístico

Para descartar un posible efecto de los disolventes agua, etanol y el coadyuvante Surfatosol, se realizaron pruebas *t-student* ($\alpha=0.05$), donde se contrastaron las medias de mortalidad de los tratamientos testigo (aplicación de agua destilada versus etanol y testigo blanco (sin solvente) versus agua destilada más surfatosol).

Los datos de mortalidad corregida se procesaron por medio de un análisis de varianza de una vía (ANOVA simple), seguido de la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($\alpha=0.05$).

Los cálculos y análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurion versión XVI.I (StatPoint Inc., 2005).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Actividad ovicida de los extractos etanólicos vegetales en *Tetranychus urticae*

Las medias de mortalidad de huevos de los tratamientos testigo (agua y etanol), no presentaron diferencia estadísticamente significativa ($p > 0.05$), por lo que se promediaron para considerar un solo testigo y contar con mejores estimaciones de mortalidad corregida de huevos para los tratamientos a base de extractos etanólicos.

El análisis de varianza mostró que al menos uno de los extractos etanólicos tuvo diferente efecto que los demás sobre la mortalidad corregida de huevos ($p < 0.001$). Los extractos etanólicos de semillas de *T. havanensis*, precipitado y sobrenadante, fueron los que presentaron mayor actividad ovicida en *T. urticae*, con medias de mortalidad corregida de huevos de 60.0 y 77.7%, respectivamente. La diferencia entre estas medias de mortalidad no fue estadísticamente significativa (Cuadro 6).

Cuadro 6. Mortalidad Corregida de Huevos de *T. urticae* tratados con extractos vegetales etanólicos.

| Especies vegetales | MC* \pm EE** (%) |
|---|---------------------|
| Testigo | 00.0 \pm 02.8 a* |
| <i>Argemone mexicana</i> (parte aérea) | 42.9 \pm 08.3 cd |
| <i>Roldana ehrenbergiana</i> (parte aérea) | 29.4 \pm 12.1 bc |
| <i>Gliricidia sepium</i> (corteza) | 27.7 \pm 05.3 bc |
| <i>Schinus molle</i> (follaje) | 08.8 \pm 09.6 ab |
| <i>Trichilia havanensis</i> (semillas) sobrenadante | 77.7 \pm 03.5 e |
| <i>Trichilia havanensis</i> (semillas) precipitado | 60.0 \pm 05.1 de |
| <i>Azadirachta indica</i> (semillas) sobrenadante | 39.3 \pm 08.6 bcd |
| <i>Azadirachta indica</i> (semillas) precipitado | 25.4 \pm 06.1 bc |

*Medias de Mortalidad corregida (MC) identificadas con la misma letra, indica que no se observó diferencia estadísticamente significativa entre ellas (Prueba HSD de Tukey, $p < 0.05$).

*MC= Mortalidad corregida, **EE= Error estándar.

De acuerdo con Castiglioni *et al.* (2002) y Curcio *et al.* (2014), las plantas del género *Trichilia* biosintetizan compuestos químicos, como limonoides, terpenos, diterpenos, triterpenos, cumarinas y flavonoides, con potencial efecto plaguicida. Su actividad biológica se ha evaluado en diferentes especies plaga, entre ellas *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (López-Olguín *et al.*, 1997), *Spodoptera litura* (Fabricius) (Wheler y Murray 2000), *T. urticae* (Castiglioni *et al.*, 2002), *Ceratitis capitata* (Wied.) (López-Olguín *et al.*, 2002), *Acromyrmex lundii* (Guérin) (Caffarini *et al.*, 2008), *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Abba-Toumou *et al.*, 2016), *Spodoptera exigua* (Hübner) (De la Torre *et al.*, 2017) y *Copitarsia decolora* (Guenée) (García-Gómez *et al.*, 2018).

De la Torre *et al.* (2017) observaron mortalidad de larvas neonatas de *S. exigua* a partir de la concentración de 100 mg/L del extracto acetónico de semillas de *T. havanensis* en estado sólido (resina) y del aceite sobrenadante, con más alta mortalidad del 75% a la concentración de 10,000 mg/L. Estos resultados fueron similares a los obtenidos en esta investigación, con la diferencia que los extractos etanólicos de *T. havanensis* tuvieron efecto en la viabilidad de huevos del ácaro, lo que demuestra que el extracto etanólico de semillas de *T. havanensis* tiene efecto bioplaguicida en distintos grupos de artrópodos, así como en diferentes etapas de su ciclo biológico. Esta actividad se atribuye a los limonoides con anillo de furano que se sabe tienen efecto antialimentario, repelente, tóxico y fisiológico en insectos (Ortego *et al.*, 1999; Roy y Saraf, 2006; Curcio *et al.*, 2014).

Las medias de mortalidad corregida de los extractos etanólicos de *A. mexicana*, *R. ehrenbergiana*, *G. sepium*, *A. indica* sobrenadante y *A. indica* precipitado, fueron significativamente superiores a la media de mortalidad del tratamiento testigo ($p < 0.05$) con valores de 25.4 a 42.9%, sin mostrar diferencia estadísticamente significativa entre ellas. Mientras que el extracto etanólico de *S. molle* ocasionó 8.8% de mortalidad corregida de huevos, sin mostrar diferencia estadísticamente significativa respecto a la media de mortalidad del testigo ($p > 0.05$).

El extracto etanólico de *A. mexicana* ocasionó 42.9% de mortalidad corregida de huevos de *T. urticae*. Mientras que Carrillo-Rodríguez *et al.* (2011) registraron con este mismo extracto mortalidad corregida de adultos de *T. urticae* mayor al 50%. Estos resultados son similares a los obtenidos en esta investigación en cuanto a la actividad biológica; sin embargo, se observó mayor mortalidad en adultos que la mortalidad de huevos de *T. urticae* obtenida en este trabajo, lo que podría deberse a la diferente concentración de los extractos evaluados en estos estudios o a la diferente susceptibilidad de los distintos estados de desarrollo. Sivaraman *et al.* (2016) refieren que la actividad bioplaguicida de *A. mexicana* en insectos y ácaros se debe a los alcaloides, terpenoides, flavonoides, fenólicos, cumarinas, quinonas y compuestos alelopáticos de cadena larga que contiene.

Los extractos de *A. indica* han sido ampliamente estudiados por su efecto plaguicida. Encina *et al.* (2011) concluyeron que el extracto acuoso de hojas del nim al 1% ocasionó una mortalidad del 37.8% en ácaros adultos del género *Tetranychus spp.* Este resultado es similar al obtenido en esta investigación con el extracto etanólico sobrenadante de semillas de nim, ya que en huevos tuvo una mortalidad corregida del 39.3%, aunque con una concentración del extracto 10 veces menor (0.1%). Esto muestra que, aun cuando se realizaron en diferentes estados del ciclo de vida del ácaro (adultos y huevos), diferente parte de la planta y diferente concentración del extracto se mantiene el efecto acaricida. La principal biomolécula de *A. indica* es la Azadiractina (AZA), que se sabe afecta la fisiología y el ciclo de vida de los organismos (Esparza-Díaz *et al.*, 2010).

No se encontraron estudios de evaluación de actividad biológica de extractos etanólicos de *G. sepium* sobre ácaros fitófagos; sin embargo, han sido evaluados en otros organismos plaga tal como lo citan De la Guardia *et al.* (2003), observaron que el extracto etanólico de *G. sepium* tiene actividad antialimentaria del 40% en larvas de *Pieris Phileta* (Fabricius) y *Plutella xylostrella* (L.). Los mismos autores observaron una mortalidad del 20% y 40% en ninfas y adultos de la cucaracha

alemana (*B. germanica*), respectivamente. En este trabajo, el extracto etanólico de corteza de *G. sepium* ocasionó 27.7% de mortalidad corregida de huevos de *T. urticae*. De la Guardia *et al.* (2003); Ayala *et al.* (2006); Santacoloma y Granados (2012), sugieren que la actividad insecticida de *G. sepium* se debe a las biomoléculas que contiene en sus hojas y tallo, entre ellas cumarinas, taninos, ligninas, fenoles y saponinas.

En este estudio, el extracto etanólico de partes aéreas de *R. ehrenbergiana* ocasionó una mortalidad corregida de huevos de *T. urticae* del 29.4%. Aunque no se tiene información de actividad biológica de extractos de esta planta en ácaros, se encontró que el extracto etanólico de la raíz, a concentraciones de 10 y 20%, causó una mortalidad del 83% y 99%, respectivamente, en larvas de *C. quinquefasciatus* (Say) (García, 2009). La discrepancia respecto a los resultados de este trabajo podría deberse, entre otros factores, a las diferentes estructuras de la planta utilizadas, a las concentraciones evaluadas y a la distinta especie tratada. Los metabolitos secundarios de *R. ehrenbergiana* se localizan principalmente en la raíz (Arciniegas *et al.*, 2013); sin embargo, utilizar esta estructura vegetal demandaría altas cantidades de materia prima para obtener los extractos. En vista del potencial mostrado en otros estudios, se sugiere evaluar otras estructuras vegetativas de esta especie para conocer su actividad biológica en diferentes especies de artrópodos.

Los extractos etanólicos de las plantas evaluadas en este trabajo, presentaron actividad ovicida variable en *T. urticae*. En otros estudios se observó que el extracto etanólico *Cymbopogon winterianus* Jowitt (hierba de la citronela) ocasionó una mortalidad en huevos de *T. urticae* del 86% (Vicentini *et al.*, 2015). Asimismo, Abdel *et al.* (2011), observaron que el extracto etanólico de *Syzygium cumini* L. (Jambul) causó una mortalidad de adultos de *T. urticae* del 98.5%. La alta a moderada mortalidad ocasionada podría deberse a que el etanol, al ser de alta polaridad,

extrae la mayoría de los metabolitos secundarios que se encuentran en el material vegetal (Sierra *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018).

7.2. Actividad ovicida de los extractos hexánicos vegetales en *Tetranychus urticae*

Los tratamientos testigo (disco foliar sin tratar y tratamiento con agua destilada más surfatol) no presentaron diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo que se promediaron para obtener un solo testigo.

En el Cuadro 7 se presentan las medias de mortalidad corregida y el resultado de la comparación múltiple de medias, donde se aprecia que el tratamiento con mayor actividad ovicida fue el extracto hexánico de semillas de *T. havanensis*, con $58.0 \pm 3.4\%$ de mortalidad corregida de huevos, que resultó significativamente superior a la media de mortalidad ocasionada por los demás extractos vegetales.

Cuadro 7. Mortalidad Corregida de huevos de *T. urticae* tratados con extractos vegetales hexánicos.

| Especies vegetales | MC* \pm EE** (%) |
|--|--------------------|
| Testigo | 00.0 \pm 2.5 ab* |
| <i>Argemone mexicana</i> (parte aérea) | 17.6 \pm 2.2 cd |
| <i>Roldana ehrenbergiana</i> (parte aérea) | 12.6 \pm 3.5 bc |
| <i>Gliricidia sepium</i> (corteza) | 17.8 \pm 3.4 cd |
| <i>Schinus molle</i> (follaje) | 00.2 \pm 2.3 ab |
| <i>Trichilia havanensis</i> (semillas) | 58.0 \pm 3.4 e |
| <i>Azadirachta indica</i> (semillas) | 30.1 \pm 4.0 d |

*Medias de MC identificadas con la misma letra, indica que no existe diferencia estadísticamente significativa entre ellas (Prueba HSD de Tukey, $p < 0.05$)

*MC= Mortalidad corregida, **EE= Error estándar

El extracto hexánico de *T. havanensis* ha sido evaluado en lepidópteros noctuidos García-Gómez *et al.* (2018) evaluaron el efecto del extracto hexánico de la corteza de *T. havanensis* sobre larvas, pupas y mortalidad acumulada de *C. decolora*.

(Guenée). Observaron que presenta toxicidad en las larvas a partir de la concentración de 1000 mg/L, con una mortalidad del 48% en larvas y del 16% en pupas, teniendo una mortalidad acumulada del 64%. En esta investigación el aceite de *T. havanensis* tuvo una mortalidad del 58% en huevos de *T. urticae*. Este resultado y lo obtenido en esta investigación es evidencia de la importante actividad biológica de los extractos de *T. havanensis* contra las dos especies aun siendo de órdenes diferentes.

Tanto los extractos etanólicos (precipitado y sobrenadante) como el extracto hexánico (aceite) de *T. havanensis* mostraron actividad ovicida en *T. urticae* con mortalidad corregida de huevos igual o mayor de 58%. Esto indica que el extracto de semillas de *T. havanensis* es una alternativa para el desarrollo de productos efectivos para el manejo de *T. urticae*, y, por ende, para reducir el uso de agroquímicos que afectan la salud humana y al agroecosistema. Es importante realizar más investigaciones que contribuyan a generar conocimiento sobre el efecto de los extractos de semillas de *T. havanensis* sobre otros estados biológicos de *T. urticae*; sí como aplicar los extractos en invernadero y campo para conocer su efectividad y evaluar el efecto tóxico en organismos no diana.

Los extractos hexánicos de *A. mexicana*, *G. sepium* y *A. indica* también ocasionaron mortalidad corregida significativamente mayor que la mortalidad del tratamiento testigo ($p < 0.05$), sin observarse diferencia significativa entre sus medias de mortalidad. Este grupo de plantas presentaron baja actividad ovicida en *T. urticae* con medias de mortalidad corregida entre 17.6 y 30.1%. Mientras que las medias de mortalidad de huevos ocasionada por los extractos hexánicos de *R. ehrenbergiana* y *S. molle* no resultaron significativamente diferentes a la media de mortalidad del tratamiento testigo.

El extracto hexánico de *A. indica* mostró tener actividad ovicida moderada con mortalidad corregida de huevos de *T. urticae* del 30%. En otros artrópodos se ha

demostrado que el nim presenta actividad biológica similar, como lo mencionan Barrientos *et al.* (2018), quienes obtuvieron que el extracto hexánico de *A. indica* provocó una mortalidad de ninfas de la chinche *Meccus pallidipennis* (Stall) del 47.9, 37.5 y 27.1% a concentraciones de 80, 60 y 30%, respectivamente. Dichas concentraciones se evaluaron sin diluir. Como es del conocimiento general la Azadiractina (AZA), no mata de forma inmediata a los artrópodos, sino que afecta su fisiología y el desarrollo, por lo que tienden a morir (Esparza-Díaz *et al.*, 2010).

El extracto hexánico de *A. mexicana* presentó una mortalidad corregida de huevos de *T. urticae* por debajo del 20%. Este resultado es de un nivel similar al reportado por Rodríguez-Flores *et al.* (2012), quienes encontraron que este extracto produjo una mortalidad en larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) del 24%. También observaron que el continuo consumo del extracto tiene efecto antialimentario e insecticida.

El extracto hexánico de *S. molle* no presentó efecto ovicida en *T. urticae*. Sin embargo, ha presentado algún efecto en otros grupos de artrópodos como lo mencionan Decamps *et al.* (2008), quienes observaron que el extracto hexánico de hojas y frutos de *S. molle* produjeron repelencia en *Tribolium castaneum* (Herbt). Estos resultados tan distintos podrían deberse al método de aplicación del extracto, así como el método de extracción y la concentración evaluada y, por supuesto, a tratarse de especies plaga diferentes.

Los extractos hexánicos de las plantas evaluadas mostraron tener baja actividad ovicida en *T. urticae*. Estos resultados son de una magnitud similar a la obtenida por Alegre *et al.* (2017), quienes evaluaron los extractos hexánicos de *Annona muricata*, *Minthostachys mollis*, *Lupinus mutabilis* y *Chenopodium quinoa* en hembras adultas de *T. urticae*. Observaron que los extractos de *A. muricata*, *L. mutabilis* y *C. quinoa* no presentaron actividad biológica en ellas. Solamente el extracto de *M. mollis* produjo una mortalidad del 23% a las 48 h de haber sido aplicado. La poca actividad

biológica puede deberse al disolvente utilizado, ya que los disolventes no polares, como el hexano, extraen compuestos de baja polaridad como los lípidos. Los lípidos son de bajo peso molecular que al estar en contacto con la temperatura ambiente o el aire se volatilizan rápidamente (Marín-Loaiza y Céspedes, 2007).

VIII. CONCLUSIONES

- Los extractos etanólico y hexánico de semillas de *T. havanensis*, a una concentración de 1000 mg/mL, presentaron alta mortalidad ovicida en *T. urticae* con una mortalidad corregida mayor del 58%.
- Los extractos etanólicos de *A. mexicana*, *R. ehrenbergiana*, *G. sepium*, *A. indica sobrenadante* y *A. indica precipitado*, presentaron actividad ovicida moderada en *T. urticae*, con valores de mortalidad corregida de huevos entre 25 y 43%.
- Los extractos etanólicos de las especies vegetales evaluadas presentaron mayor actividad ovicida que los extractos hexánicos en *T. urticae*.
- El extracto de *S. molle*, tanto etanólico como hexánico, mostró tener la menor actividad ovicida en *T. urticae*.

IX. LITERATURA CITADA

- Abba-Toumou, I., P. Wango, E. Kosh-komba, S. Namkosséréna, F. Boulevane-Ouatinam, D. Lakouéténé, S. Semballa, O-D. Yongo, J. L. Syssa-Magale, S. Dogo, and M. Sembenè. (2016). The effective insecticidal activity of the two extracts ethyl Acetate and hexan of *Trichilia gilgiana* against *Sitophilus zeamais*. *International Journal Biology*, 8(2), 23-3.
- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 265-267.
- Abdel, S. E., Hossam, S., Sayed, A. y Emad. A. (2011). Acaricidal activity of different extracts from *Syzygium cumini* L. Skeels (Pomposia) against *Tetranychus urticae* Koch. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 1(5), 359-364.
- Abdel-Sattar, E., Zaitoun, A. A., Farag, M. A., El Gayed, S. H., Harraz, F. M. H. (2010). Chemical composition, insecticidal and insect repellent activity of *Schinus molle* L. leaf and fruit essential oils against *Trogoderma granarium* and *Tribolium castaneum*. *Natural Product Research*, 24(3), 226-235.
- Alegre, A., Lannacone, J., Carhuapoma, M. (2017). Toxicidad del extracto acuoso, etanólico y hexánico de *Annona muricata*, *Minthostachys mollis*, *Lupinus mutabilis*, y *Chenopodium quinoa* sobre *Tetranychus urticae* y *Chrysoperla externa*. *Chilean Journal Agricultural & Animal Sciences, ex Agro-Ciencia*, 33(3), 273-284.
- Altieri, M. A. y Nicholls, C. I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, 16(1), 3-12.
- Altieri, M.A., Koohafkan, P., y Holt, E. (2012). Agricultura verde: Fundamentos agroecológicos para diseñar sistemas agrícolas biodiversos, resilientes y productivos. *Agroecología*, 7, 7-18.
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2018). Agroecología: ciencia fundamental para el diseño de fincas resilientes a plagas. *LEISA revista de Agroecología*, 34(1), 5-8.

- Angulo-Escalante, M., Gardea-Béjar, A., Vélez de la Rocha, R., García- Estrada, R., Carrillo-Estrada, A., Cháidez-Quiroz, C. y Partida-López J. (2004). Contenido de Azadiractina en semillas de Nim (*Azadirachta indica* A. JUSS) colectadas en Sinaloa, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(4), 305-311.
- Aragón, A., Jiménez, D., Juárez, D. y Huerta, M. (2012). Manejo de Plantas oleaginosas. Puebla, México. Altres Costas-Amic Editores, S.A de C.V.
- Aragón-García, A., Torija-Torres, A., Avelleira- Cortes, R., Tapia- Rojas, A. M., Contreras- Mora, I.R. y López- Olgúin, J.F. (2008). Control de plagas de Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa* L.) con *Gliricidia sepium* (Jacq.) en Chiautla de Tapia, Puebla. *Revista de investigación y difusión científica agropecuaria* 12(3), 33-41.
- Arciniegas, A., Maldonado, J. I., González, K., L. Pérez-Castorena, A.L., Villaseñor, J.L. Y Romo, A. (2013). Sesquiterpenes and Other Natural Products from *Roldana reticulata*. *Journal of the Mexican Chemical Society* 57(1), 16-18.
- Arciniegas, A., Pérez-Castorena, A., Nieto-Camacho, A., Jhon Ironzi Maldonado, J., Villaseñor, J.L. and Romo, A. (2015). Chemical composition and Anti-inflammatory activity of *Roldana platanifolia*. *Quim. Nova*, 38(9),1172-1175.
- Arcos-Méndez, M. C., Martínez-Bolaños, L., Ortiz-Gil, G., Martínez-Bolaños, M. y Avendaño-Arrazate, C. H. (2019). Efecto in vitro de extractos vegetales contra la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Rev. Agricultura Tropical*, 5(1), 19-24.
- Ardonio, S., Boeris, M. y Toso, R. (2013). Caracterización fitoquímica de *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa* (algarrobo) y *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (alpataco), plantas con acción farmacológica. *Revista ciencia veterinarias*, 15(1), 1115-125.
- Arenas, C. y Rodríguez-Hahn, L. (1990). Limonoids from *Trichilia havanensis*. *Phytochemistry*, 29(9), 2953-295.
- Artigas, M. y Fernández, R. (2015). Establecimiento del sistema de regeneración por embriogénesis somática de *Azadirachta indica* a. Juss. *Acta biológica colombiana*, 20(2), 73-83.

- Attia, S., Grissa, K. L., Zeineb, G. G., Maillieux, A. C.; Lognay, G. y Hance, T. (2011). Assessment of the acaricidal activity of several plant extracts on the phytophagous mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in Tunisian citrus orchards. *Bulletin S. R. B. E. / K. B. V. E.* 147, 71-79.
- Attia, S., Grissa, K.L., Lognay, G., Bitume, E., Hance, T. y Maillieux, A. (2013). A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides. *J Pest Sci*, 86, 361–386
- Aucejo, S. y Jacas, J. (2005). Métodos de control de la araña roja en cítricos. *Vida Rural*. 31-33.
- Ayala, A., cetina, R., Capetillo, C., Zapata, C. y Sandoval, C. (2006). Composición química- nutricional de árboles forrajeros. SAGARPA. Yucatán, México. 54 pp.
- Avalos, A y Pérez, E. (2009) Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. *Serie Fisiología Vegetal*, 2(3),119-145.
- Barrientos, G. Zumaquero, L., Rodríguez, H. C., Romero, N. J., López-Olguín J. F., Huerta, De la P. A. (2016). Repelencia de extractos etanólicos a ninfas de primer instar de *Meccus pallidipennis* (Stal), 1872 (Hemiptera: Reduviidae) en pruebas de confinamiento en laboratorio. *Entomología Mexicana*, 3, 707-714.
- Barrientos, G., Rodríguez, C., Zumaquero, L., López, J. F., Huerta, A. y Romero, J. (2018). “Efecto de extractos de semillas de *Azadirachtina indica* aplicado a *Meccus pallidipennis* (Satl) en condiciones de laboratorio” *Southwestern Entomologist*, 43(2), 465-474.
- Benelli, G., Pavela, R., Canale, A., Nicoletti, M., Petrelli, R., Cappellacci, L., Galassi, R. y Maggi, F. (2017). Isofuranodiene and germacrone from *Smyrniolus olusatrum* essential oil as acaricides and oviposition inhibitors against *Tetranychus urticae*: impact of chemical stabilization of isofuranodiene by interaction with silver triflate. *Journal Pest Sci*, 90, 693–699.
- Bolland, H., Beron, P. y Magowski, W. (2013). Fauna Europea Bryobiidae, [Linotetranidae, Tenuipalpidae, Tetranychidae, Tuckerellidae] Fauna Europea, Versión 2017.06 <https://fauna-eu.org>.

- MBMTM (Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. (2009). *Argemone Mexicana* L. ficha informativa. Consultado en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografía.php?l=3&t=Argemone%20mexicana&id=7515>. Fecha de revisión: 23 de octubre del 2018.
- Brahmachari, G., Gorai, D. y Roy, R. (2013). *Argemone mexicana*: Chemical pharmacological aspects. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 23(3), 559-575.
- Bretchel, A. (2004). El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades, Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. (RAP-AL), Santiago, Chile. 36 pp.
- Brown, S., Kernes, D., Gore, J., Lorenz, G. y Stewart, S. (2017). Susceptibility of twospotted spider mites (*Tetranychus Urticae*) to abamectina in Midsouth cotton. *Crop Protection*, 98, 179-183.
- Caffarini, P., P. Carrizo, P. Pelicano, P. Roggero y J. Pacheco. (2008). Efectos de extractos acetónicos y acuosos de *Ricinus comunis* (ricino), *Melia Azedarach* (paraíso), *Trichillia glauca* (*Trichillia*), sobre la hormiga negra común (*Acromyrmex lundí*). *Idesia (Arica)*, 26(1),59-64.
- Calderón, G. y German T. (1993). Flora del bajío y de regiones adyacentes, Familia Meliaceae. Fascículo 11. México. 22 pp.
- Campos-Ruíz, J., Granados-Echegoyen, C., Alonso-Hernández, N., Ortega-Morales, B., Reyes-Estébanez, M., Chan-Bacab, M. y Camacho-Chan, J. (2018). Efecto del aceite vegetal de semillas de *Argemone mexicana* (Papavacerceae) sobre *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Entomología Mexicana*, 5, 155-159.
- Castiglioni, E., Vendramim, J.D., Tamai, M.A.(2002). Evaluación del efecto tóxico de extractos acuosos y derivados de meliáceas sobre *Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae). *Agrociencia*,6(2), 75-82.
- Carrillo-Rodríguez, J., Hernández-Cruz, B., Chávez-Servia, J., Vera-Guzmán, A. y Perales-Segovia, C. (2011) Efecto de extractos vegetales sobre la mortalidad

- de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en laboratorio. *J. Interamer. Soc. Trop. Hort*, 53, 154-157.
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde: tragedia en dos actos. *Ciencias*, 91, 21-29.
- Celis, A., Mendoza, C., Pachón, M., Cardona, J., Delgado, W. y Cuca, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia Piperaceae. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 97-106.
- Celis, A., Mendoza, F. C. y Pachón, M. E. (2009). Revisión: uso de extractos vegetales en el manejo integrado de plagas, enfermedades y arvenses. *Temas Agrarios*, 14(1), 5-16.
- Cerna, E., Landeros, J., Ochoa, Y., Luna, J.J., Vázquez, O. y Ventura, O. (2009). Tolerancia del ácaro *Tetranychus urticae* Koch a cuatro acaricidas de diferente grupo toxicológico. *Investigación y Ciencia de la universidad autónoma de Aguascalientes* 4, 4-10.
- CESTA (2011). Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en los cultivos. San salvador, el Salvador. Consultado en : <http://www.cesta-foe.org.sv/areas-de-trabajo/Pubs/Cuadernillo%20CESTAok.pdf>.
- Cobián, G. (2007). Evaluación de extractos de las hojas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) en la inhibición de *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.
- CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad) (2016). Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México *Argemone mexicana* (L.), 1753. Consultado de: http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/A_B/Argemone%20mexicana.pdf. Fecha de revisión: 25 de octubre 2018.
- CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad). (2018a). Cacahuananche (*Gliricidia sepium*). Consultado de: <http://enciclovida.mx/especies/188367-gliricidia-sepium>. Fecha de revisión 27 de octubre de 2018.

- CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad). (2018b) Clarincillo (*Roldana ehrenbergiana*) Consultado en: <http://enciclovida.mx/especies/180618-roidana-ehrenbergiana>. Fecha de revisión 30 noviembre del 2018.
- CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad). (2018c). Ciruelillo (*Trichilia havanensis*). Consultado en: <http://enciclovida.mx/especies/165637-Trichilia-havanensis>. Fecha de revisión 25 de octubre de 2018.
- CONABIO (Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad). (2019). *Schinus molle*. Consultado de: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/3-anaca4m.pdf. Fecha de revisión: 15 de enero 2019.
- CONAFOR (Comisión Nacional forestal). (2018a). *Azardictha indica* A. Juss. Recu Consultado en: https://www.cnf.gob.mx:8443/snif/especies_forestales/detalles.php?tipo_especie=22. Fecha de Revisión 25 de octubre del 2018.
- CONAFOR (Comisión Nacional forestal) (2018b). *Gliricidia sepium*. Consultado en: <https://www.cnf.gob.mx:8443/snif/portal/libraries/UsosPDF.php?GliricidiaSepium>. Fecha de revisión 30 de octubre del 2018.
- Chan, W. R., Gibs, J. A. y Taylor, D. R. (1967). The limonoids of *Trichilia havanensis* Jacq. An epoxide Rearrangement. *Chem. Comm.* 14, 720-721.
- Chan, W. R., Gibs, J. A. y Taylor, D. R. (1973). Triterpenoids from *Trichilia havanensis* Jacq. Part. I. The acetates of havenensis and Trichilenone, New Tetracarbocyclic Tetranortriterpenes. *Journal Chem. Soc., Perkin Trans*, 10, 1047-1050.
- Curcio, I., Silva, W., Dos santos, M. y Braz-Filho, R. (2014) Secondary Metabolites of the Genus *Trichilia*: Contribution to the Chemistry of Meliaceae Family. *American Journal of Analytical Chemistry*, 5, 91-121.
- Cuervo, S. D., Vanegas, C. J., Corzo, B. D. y Correa, M. F. (2019). Evaluación de la capacidad bactericida de extractos vegetales de distinta polaridad de *Drimys granadensis*. *Revista Peruana de Biología*, 26(1), 135-142.

- Decamps, L. R., Stefanazy, N., Sánchez C. y Ferrero A. (2008). Actividad biológica de extractos vegetales de *Schinus molle* var *areira* (Anacardiaceae en *Tribolium castaneum* Herbt. (Insect, Coleoptera, Tenebrionidae), plaga del grano almacenado. *Bol. San, Veg, Plagas*, 34, 595-605.
- De la Guardia, A. M., González, T., Marrero, A., Milián, V., Campaña, H. E Iglesias, G. (2003) Obtención de un extracto plaguicida de *Gliricidia sepium* (Jacq) Steud bajo la irradiación con microondas. *Revista cubana de plantas medicinales*. 8(3): Consultado el 03 de marzo de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S102847962003000300010&lng=es&tIng=es.
- De la Torre-Anzúres, J. Aragón-García, A., Pérez-Torres, B. y López-Olguín, F. (2017). Actividad Biológica de un Extracto de Semillas de *Trichilia havanensis* Jacq.1 sobre Larvas de *Spodoptera exigua* (Hübner). *Southwestern Entomologist*, 42(4), 1069-1079.
- Delgado, E., García- Mateos, M. R., Ybarra- Moncada, M.C., Luna-Morales; C. Martínez-Damian. M. T.(2012). Propiedades Entomotóxicas de los Extractos Vegetales de *Azardichta indica*, *Piper auritum* y *Petiveria alliacea* para el control de *Spodoptera exigua* (Hübner). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 18(1), 55-69.
- Doleski, P., Ferreira, E., Ferreira, C., Calil, J. y Palermo, M. (2015) Chemical composition of the *Schinus molle* L. essential oil and their biological activities. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(1), 132-143.
- Dubrovsky, N., Ricci, M., Polack, L. y Marasas, M. (2017). Control biológico por conservación: evaluación de los enemigos naturales de *Brevicoryne brassicae* (Hemiptera: Aphididae) en un manejo agroecológico de producción al aire libre de repollo (*Brassica oleracea*) del Cinturón Hortícola de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 116(1), 141-154.

- Encina, R. L., Ramírez, M. B. y Pino, C. D. (2011). Efecto de dos extractos acuosos de meliáceas sobre *Tetranychus spp.* (Acari: Tetranychidae) en condiciones de laboratorio. *Investigación Agraria*, 13(2), 95-100.
- Erdogan, P. y Betun, S. (2017) Acaricidal Activity of Extracts of *Juglans regia* L. on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Journal of Food Science and Engineering*, 7, 202-208.
- Esparza-Díaz, G., José López-Collado, J., Villanueva-Jiménez, J., Osorio-Acosta, F., Otero-Colina, G. y Camacho-Díaz, E. (2010). Concentración de azadiractina, efectividad insecticida y fitotoxicidad de cuatro extractos de *Azadirachta indica* A. Juss. *Agrociencia*, 4(7), 821-833.
- Expoflores (2013). Ensayo de una alternativa para el control de ácaros (*Tetranychus urticae*) en rosas en sala de postcosecha. Comisión Técnica Expoflores Flor Ecuador. Consultado en: <http://expofloresflorecuador.blogspot.com/2013/04/ensayo-de-una-alternativa-para-el.html>.
- Falconi, J. S. (2013). Manejo integrado de plagas y enfermedades en el cultivo de Kiwicha. Guía técnica. Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú. Consultado en: https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2017/07/021-a-kiwicha_MIPE_.pdf.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2016). Glosario de términos fitosanitarios NIMF 5. Roma. 41 p.
- Fasulo, T. y Denmark, H. A. (2016). Twospotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). UF/IFAS Extension. U.S. 5 pp.
- Fernatol. (2019). Surfactantes consultado en: <https://www.fernato.com.mx/surfactantes/>. Fecha de revisión 06 de octubre del 2020
- Ferragut, F y Santonja. M (1989). Taxonomía y distribución de los ácaros del género *Tetranychus* Dufour 1832 (Acari: Tetranychidae), en España. *Bol. San. Veg. Plagas*, 15,271-28.
- Ferragut, F. (2015). Manual del Orden Prostigmata. *Revista Ibero Diversidad Entomológica @ccesible*, 14,1-8.

- Ferrero, A. A., Werdin, J. O. y Sánchez, C. (2006). Biological activity of *Schinus molle* on *Triatoma infestans*. *Fitoterapia*, 77, 381–383.
- Feuereisen, M. M., Zimmermann, B. F., Schulze, K. N. y Schieber, A. (2017). Differentiation of brazilian peppertree (*Schinus terebinthifolius* Raddi) and peruvian peppertree (*Schinus molle* L.) fruits by UHPLC–UV–MS analysis of their anthocyanin and biflavonoid profiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 5330-5338.
- Flores, R., Isiordia N., Robles, A., Ortega, O., Pérez, R. y Ramos A. (2011). Ácaros fitófagos asociados en la zona centro de Nayarit. *Revista fuente año*, 2(7), 25-33.
- Fonte, L., Machado, R., Díaz, M. y Blanco, D. (2013). Caracterización morfológica de *Gliricidia sepium*, composición bromatológica y proporción de azúcares en flores. *Pastos y forrajes*, 36(4), 423-428.
- García, G. (2009). Potencial insecticida de *Roldana ehrenbergiana* (Klatt) H. Rob. & Brettel y *Asclepias notha* W.D. Stevens en larvas de *Culex quinquefasciatus*. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados. México.
- García-Gómez, A., Figueroa- Brito, R., García- Serrano, L. y Jimenez, A. (2018). *Trichilia* (Meliaceae) plants: an important source of biomolecules with insecticidal properties. *Florida Entomologist*, 101(3), 470-479.
- German, M. (2006). Flora de Guerrero.31 Meliaceae. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de México. 38 pp.
- Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V.E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C., Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16:13-23.
- He, J., Zhou, L., Yao, Q., Liu, B., Xu, H., Huang, J. (2017). Greenhouse and field-based studies on the distribution of dimethoate in cotton and its effect on *Tetranychus urticae* by drip irrigation. *Pest Management Science*, 74, 225-233.
- Huerta- Pérez, J., Solís-Aguilar, J.F., Tejeda-Reyes, S., Luna-García, J., Alonso-Hernández, L. y Díaz-Nájera, F. (2017). Efectividad de acaricidas para el

- control de araña roja en rosa en Chiantzingo, Puebla. *Entomología agrícola*, 4, 358-362.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2004). El árbol del Nim establecimiento y aprovechamiento en la huasteca potosina. Folleto técnico no. 3. San Luis Potosí, México. 23 p.
- INIFAP (Instituto Nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias). (2017). Agenda técnica Agrícola de Michoacán. Folleto técnico no. 5. Michoacán, México. 267 pp.
- INTAGRI. (2017). Manejo de la Araña de Dos Puntos en la Producción de Berries. Serie Fitosanidad Artículos Técnicos de INTAGRI Núm. 88. México. 4 p. Consultado en: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-de-la-arana-de-dos-puntos-en-la-produccion-de-berries>. Fecha de revisión 13 de enero 2021.
- Jiménez, E. (2009). Métodos de control de plagas. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 139 pp.
- Jiménez, E. (2016). Plagas de cultivos. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. 222 pp.
- Klamskowi, K., Sekrecka, M., Fonyodi, H. y Treder, W. (2007). Changes in the rate of gas Exchange, water consumption and growth in strawberry plants infested with two-spotted spider mite. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 1(15), 155-162.
- León, L., Guzmán-Ortiz, D., García, J. A., Chávez, C. y Peña-Cabriales, J. J. (2014). Consideraciones para mejorar la competitividad de la región “El Bajío” en la producción nacional de fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5(4), 673-686.
- López, I., Rivera, V., Yáñez, A., Artieda, J. y Villacres, G. (2017). Evaluación de la actividad insecticida de *Schinus molle* sobre *Premnotrypes vorax* en papa. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 93-101.

- López-Olguín, J. F., Budia, F., Castañera, P. y Viñuela, E. (1997). Actividad de *Trichilia havanensis* Jacq. (Meliaceae) sobre las larvas de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidóptera: Noctuidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 23, 3-10.
- López-Olguín, J., Adán, A., Ould-Abdallahi, E., Budia, F., Del Estal, P. y Viñuela, E. (2002). Actividad de *Trichilia havanensis* jacq. (Meliaceae) en la mosca mediterránea de la fruta *Ceratitis capitata* (wied.) (Diptera: Tephritidae). *Bol. San. Vegetal*, 28, 299-306.
- Lugo, J. Y Morales, F. (2017). Uso de los aceites esenciales en el control de plagas. *Artrópodos y Salud*, 7 (1), 44-53.
- Marín-Loaiza, C. y Céspedes, C. (2007) Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Rev. Fitotec. Mex*, 30 (4), 327-351.
- Martínez-Jaime, O., Salas-Araiza, M., Salazar-Solís, E. y Preciado-Ramírez, M. (2015). Control de la araña roja (*Tetranychus urticae* Koch.) (Acari: TETRANYCHIDAE) en rosal (*Rosa* sp) bajo condiciones de invierno. *Entomología Agrícola*, 2, 429-434
- Migeon, A., Nouguié, E. y Dorkeld, F. (2009). Spider mites web: A comprehensive database for the Tetranychidae. *Trends in Acarology*, 557-560.
- NAPPO (2014). Identificación morfológica de las arañas rojas (Tetranychidae) que afectan a las frutas importadas. Secretaría de la Organización Norteamericana de Protección a las Plantas. Ottawa, Canadá. 32 pp.
- Núñez, G., González, F., Faz, R., Figueroa, U., Nava, U., Peña, A., Reta, D., Jasso, R., Perez, L., Orozco, G., Payan, A. y Báez, F. (2006). Tecnología de producción de maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental La Laguna. Folleto Técnico núm. 13. Coahuila, México. 70 pp.
- Núñez, C. E. (2008a). Extracciones de Soxhlet. Cenunez.com.ar. fecha de revisión 23 de noviembre del 2018.

- Núñez, C. E. (2008b). Solventes y solubilidades de sustancias orgánicas Cenunez.com.ar. fecha de consulta 19 de mayo del 2020.
- Orozco-Sánchez, F. y Rodríguez-Monroy, M. (2007). Cultivos de células en suspensión de *Azadirachta indica* para la producción de un bioinsecticida. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(3), 251-258.
- Ortego, F., J. F. López-Olguín, M. Ruiz y P. Castañera. (1999). Effects of toxic and deterrent terpenoids on digestive protease and detoxication enzyme activities of Colorado potato beetle larvae. *Pest. Biochem. Physiol*, 63, 76-84.
- Pavela, R. (2017). Extract from the roots of *Saponaria officinalis* as a potential acaricide against *Tetranychus urticae*. *J Pest Sci*, 90, 683–692.
- Pengue, W. (2005). Agricultura industrial y transnacionalización en América Latina, ¿La transgénesis de un continente? Buenos Aires, Argentina: GEPAMA. 109 pp.
- Pérez-Castorena, A., Arciniegasa, A., Hernández, M. L., De la Rosa, I., Contreras, J.L. y Romo, A. (2005). Furanoeremophilanes from *Roldana ehrenbergiana*. *Zeitschrift für Naturforschung, Tübingen*, 60(10), 1088-1092.
- Petersen, P. (2003). Evaluando la sustentabilidad: estudios de caso sobre impactos de innovaciones agroecológicas en la agricultura familiar de diferentes países latinoamericanos. *LEISA Revista de Agroecología*, 64-67.
- Ramírez, J. A. y Lacasaña, M. (2001). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. *Arch Prev Riesgos Labor*, 4(2), 67-75
- Razmjou, J., Tavakkoli, H. y Nemati, M. (2009). Life history traits of *Tetranychus urticae* koch on three legumes (ACARI: Tetranychidae). *Munis Entomology & Zoology Journal*, 4(1), 204-211.
- Rendona- Martínez, R. y Villaseñor- Ríos, J. L. (2011). Flora del Valle Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 89. Asteracea. Berch. & J. Pres Instituto de Biología, UNAM. México, D.F. 64 p.
- Reséndiz-García, B. y Castillo-Olivas, O. (2018). Biología del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch. (Acari:Tetranychidae) en laboratorio en Chapingo, Estado de México. *Entomología Mexicana*, 5, 40-45.

- Reyes, J., Mesa, N. Y kondo, T. (2011). Biología de *Oligonychus yothersi* (MCGREGOR) (ACARI: TETRANYCHIDAE sobre el aguacate *Persea americana* MILL.CV. LORENA (LAURACEAE). *Caldasia*, 33(1), 211-220.
- Rey-Valeirón, C., Guzmán, L., Saa, L., López-Vargas, J. y Valarezo, E. (2017). Acaricidal activity of essential oils of *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch and *Schinus molle* L. on unengorged larvae of cattle tick *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (Acari: Ixodidae). *Journal of Essential Oil Research* 29(4), 344-350.
- Robles-Bermúdez, A., Robles-Bermúdez, G., Rodríguez-Maciel, J. C., Santillán-Ortega, C., Lagunes-Tejeda, A., Flores-Canales, R y Cambero-Campos, J. (2012). Resistencia de cuatro poblaciones del ácaro (*Tetranychus urticae* Koch.) a propargite en rosa de corte (*Rosa x hybrida*) en el Estado de México, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(4), 785-795.
- Rodríguez-Flores, E., Aldana-Llanos, L., Valdés-Estrada, M. Salinas-Sánchez, D., Gutiérrez-Ochoa, M. y Figueroa-Brito, R. (2012). Actividad de fitoextractos en *Spodoptera Frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). Centro de Desarrollo de Productos Bióticos del Instituto Politécnico Nacional. Morelos, México.
- Roig, J. T. (1974). Plantas medicinales aromáticas o venenosas de Cuba. Instituto del Libro. La Habana. 644 pp.
- Roth (2017). Ficha de datos de seguridad Hexano. 1772. Consultado en: <https://www.carlroth.com/medias/SDB-1772-ES-ES.pdf?context=bWFzdGVyfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0c3wyNDQzOTJ8YXBwbGljYXRpb24vcGRmfHNIY3VyaXR5RGF0YXNoZWV0cy9oYzcvadg3Lzg5NTA4Nzc1NTI2NzAucGRmfDg0Y2M3NzY4YjNhNjg4NGM4ZGU4ZTQ1MmY2OWU4OTMxZWQ1Y2RiYjhiODZiNiQ4OWlyYmE3YWUyMjVhZDk4MDEc>. Fecha de revisión 19 mayo del 2020.
- Roy, A. Saraf, S. (2006). Limonoids. Overview of Significant Bioactive Triterpenes Distributed in plants kingdom. *Biol. Pharm. Bull*, 29 (2), 191- 201.

- Rúa, M. (2017). Ficha técnica de *Azadirachta Indica*. En: Catálogo de Arbóreas. Herbario de Cultura Empresarial Ganadera (CEG) Internacional. Ed. 1 Colombia. 13 pp.
- Ruíz C., J. A., E. Bravo M., G. Ramírez O., A. D. Báez G., M. Álvarez C., J. L. Ramos G., U. Nava C. y Byerly M. (2013). Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. 447 p.
- Salamanca, G. F. (2020). Efecto de los agroquímicos en salud pública y medio ambiente. Consultado de: <http://hdl.handle.net/10654/36092>.
- Santacoloma, L. E. y Granados, J. (2012). Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades físicoquímicas del suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 53-62.
- SENASICA (Servicio Nacional, Inocuidad y Calidad agroalimentaria) (2020). Consulta de registro sanitarios de plaguicidas, Nutrientes vegetales y LRM. Consultado en: <http://siipris03.cofepris.gob.mx/Resoluciones/Consultas/ConWebRegPlaguicida.asp>. Fecha de revisión: 15 de diciembre del 2020.
- Sepúlveda-Vázquez, J., Torres-Acosta, J. F., Sandoval-Castro, C. A., Martínez-Puc, J. F. y Chan-Pérez, J. I. (2018). La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal. Science*, 5(2), 82-98.
- Serra, B. R, Simões do Carmo, M. (2012). Agroecología e sua epistemología. *Interciencia*, 37, 711-716.
- Sevilla, G. E. (2006). Agroecología y agricultura ecológica: Hacia una “re” construcción de la soberanía alimentaria. *Agroecología*, 1, 7-18.
- Sharma, P., Mohan, L. y Srivastava, C. (2009). Anti-juvenile activity of *Azadirachta indica* extract on the development and morphometry of filaria vector, *Culex*

- quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) Say. *Parasitology Research*, 105(5), 1193-1203.
- Sierra, M., Barros, R., Gómez, D., Mejia, A. y Suarez, D. (2018). Productos naturales: metabolitos secundarios y aceites esenciales. Fundación universitaria Agraria de Colombia. Bogotá, Colombia. 50 p.
- SIAP (2020). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Consultado el 05 de julio de 2020, de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Singh, S., Singh, T. D., Singh, V. P., y Pandey, V. B. (2010). Quaternary alkaloids of *Argemone Mexicana*. *Pharmaceutical Biology*, 48(2), 158-160.
- Sivaraman, G., Reegan, A., Gandhi, M., Paulraj, M. y Ignacimuthu, S. (2016). Larvicidal activity of *Argemone mexicana* (Linn.) seed extracts against *Culex quinquefasciatus* and *Aedes aegypti* larvae (Diptera: Culicidae). *International Journal of Research in Natural and Applied Science*, 6(1), 1-6.
- Soto, A., Oliveira, H. y Pallini, A. (2011). Integración de control biológico y de productos alternativos contra *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(1), 23-29.
- Souza-Pimentel, G. C., Reisb, P.R., Bonattoc, C. R., Alvesc J. P y Siqueirac, M. F. (2017). Reproductive parameters of *Phytoseiulus macropilis* (Banks) fed with *Tetranychus urticae* koch (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) in laboratory. *Brazil Journal Biology*, 77(1), 162-169.
- Souza de Jesus, A., Guedes de Sena F. J., Rabelo, C. C., Vieira, T. A., Veruska, C. A. y Viteri, J. L. (2020). Bioactivity of iridoids of *Genipa americana* against the coconut mite *Aceria guerreronis* Keifer (Acari: Eriophyidae). *Revista de Protección Vegetal*, 35(1), 1-8.
- StatPoint Inc. (2005). Statgraphics Centurion. Version XVI.I. User Manual. USA. 287 pp.
- Tabio, D., Díaz, Y., Rondon, M., Fernández E. y Piloto, R. (2017). *Extracción de Aceites de origen vegetal*. La Habana: Cuba.
- Turrent, F. A. y Cortés F. J. (2005). Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: II. Producción de alimentos. *Terra Latinoamericana*, 23(2), 273-281.

- UNAM. (2012). Hoja de seguridad XII Etanol. Consultado en [:https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/12etanol.pdf](https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/12etanol.pdf). Fecha de revisión 25 de mayo del 2020.
- UNAM. (2016). Hoja de seguridad XIII Hexano. Consultado de: <https://quimica.unam.mx/wp-content/uploads/2016/12/13hexano.pdf>. Fecha de revisión 25 de mayo del 2020.
- Vázquez, L. y Fernández, E. (2007). Bases para el Manejo Agroecológico de plagas en Sistemas Agrarios Urbanos. Cuba. CIDISAV. 121 pp.
- Vázquez-Luna, A., Pérez-Flores, L. y Díaz-Sobac, R. (2007). Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. *CYTA - Journal of Food*, 5(4), 306-313.
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo (1999). Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM. 263 pp.
- Vicentini, V., Pratisoli, D., Tebaldi, V., Vidal, A., Fontes, P., Domingo, F. y Miossi, V. (2015). Ethanol extract of *Cymbopogon winterianus* on mortality and number of eggs of *Tetranychus Urticae*. *Ciencia Rural*, 45(7), 1154-1159.
- Villaseñor R., J. L. y Espinosa G. F. J. (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 449 pp.
- Villavicencio-Nieto, M. A., Pérez-Escandón, B. E. y Gordillo-Martínez, A. J. (2010). Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo, México. *Polibotánica*, 30, 193-238.
- Villegas-Elizalde, S., Rodríguez-Maciél, C., Anaya-Rosales, S., Sánchez-Arroyo, H., Hernández-Morales, J. y Bujanos-Muñiz, R. (2010). Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia*, 44(1), 75-81.

- Vibrans, H. (2009). Malezas de México. CONABIO. *Schinus mole*. Consultado en [:http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/anacardiaceae/schinus-molle/fichas/ficha.htm](http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/anacardiaceae/schinus-molle/fichas/ficha.htm). Fecha de revisión 30 de noviembre de 2018.
- Wheler, D. y M. Isman. (2000). Effect of *Trichilia americana* extract on feeding behavior of Asian armyworm, *Spodoptera litura*. *Journal. Chem. Ecol.* 26, 2791-2800.
- Zepeda- Jazo, I. (2018). Manejo Sustentable de Plagas Agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15,99-108.
- Zhang, Z. Q. (2003). Mites of Greenhouses. Identification, Biology and Control. CABI Publishing (Eds.). 235 p.
- Zhang, Q, Lin, L. y Ye, W. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, 13 (20), 2-26.