



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

Enseñar la explotación de la tierra, no la del hombre

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

TOXICIDAD DE EXTRACTOS BOTÁNICOS COMO MÉTODO DE CONTROL PARA *Spodoptera frugiperda* (Smith) Y *Aedes aegypti* L.

T E S I S

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

Presenta:
CARLOS CELIO LÓPEZ

Bajo la supervisión de:
DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

Codirección de:
M.C. RAÚL VELASCO AZORSA



APROBADA



Chapingo, Estado de México, mayo 2021.

TOXICIDAD DE EXTRACTOS BOTÁNICOS COMO MÉTODO DE CONTROL PARA *Spodoptera frugiperda* (Smith) Y *Aedes aegypti* L.

Tesis realizada por **CARLOS CELIO LÓPEZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

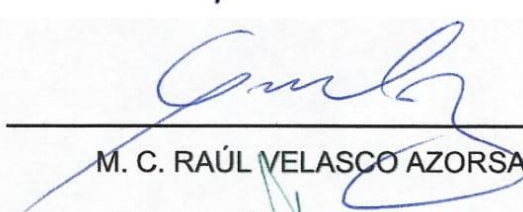
MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

DIRECTOR:



DR. SAMUEL RAMÍREZ ALARCÓN

CODIRECTOR:



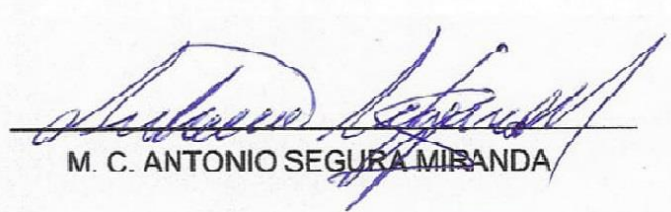
M. C. RAÚL VELASCO AZORSA

ASESOR:



DR. MANUEL ALEJANDRO TEJEDA REYES

ASESOR:



M. C. ANTONIO SEGURA MIRANDA

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, A MAYO DEL 2021

Estructura de la tesis

Esta tesis se divide en dos capítulos como se describen a continuación:

Capítulo 1: Describe brevemente la problemática del uso de productos químicos como el único método de control para distintas plagas así mismo se da importancia al uso extractos botánicos y la problemática de *Spodoptera frugiperda* y *Aedes aegypti*.

Capítulo 2: Se proporciona una revisión de literatura sobre *Spodoptera frugiperda* y *Aedes aegypti*, además de las familias y especies de plantas que tienen potencial insecticida, así como las moléculas de metabolitos secundarios que se han obtenido de los extractos antes mencionados.

Capítulo 3: Se evalúa *in vitro* la toxicidad de seis extractos metanólicos contra larvas de *Spodoptera frugiperda* y *Aedes aegypti* donde además se obtienen las familias químicas de los compuestos provenientes de los extractos vegetales que son las posibles causantes del efecto insecticida y antialimentario

ÍNDICE DE CONTENIDO

Índice de Contenido.....	ii
Índice de Cuadros.....	v
Índice de Figuras.....	vi
Dedicatoria.....	viii
Agradecimientos.....	ix
Datos biográficos.....	x
RESUMEN GENERAL.....	xi
GENERAL ABSTRACT.....	xii

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
1.1 Fundamentos y planteamiento de la tesis.....	1
1.2 Justificación.....	4
1.3 Hipótesis.....	5
1.4 Objetivo general.....	6
1.5 Objetivos específicos.....	6
1.6 Estructura de la tesis.....	i
1.7 Referencias Bibliográficas.....	7
Capítulo 2: REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
2.1 Gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith).....	9
2.1.1 Taxonomía.....	9
2.1.2 Morfología.....	9
2.1.3 Ciclo de vida.....	10
2.1.4 Daños.....	11
2.1.5 Métodos de Control.....	12
2.2 Mosquito (<i>Aedes aegypti</i> L.).....	13
2.2.1 Taxonomía.....	13
2.2.2 Morfología.....	13
2.2.3 Ciclo de vida.....	14
2.2.4 Daños.....	15

2.2.5	Métodos de Control.....	15
2.3	Familias botánicas con potencial insecticida.....	16
2.4	Plantas de estudio con potencial insecticida.....	19
2.4.1	<i>Cuscuta campestris</i>	19
2.4.2	<i>Ricinus communis</i> L.....	21
2.4.3	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	22
2.4.4	<i>Leonotis nepetifolia</i> (L.)	24
2.4.5	<i>Cosmos bipinnatus</i>	25
2.4.6	<i>Mentha spicata</i>	26
2.5	Referencias Bibliográficas.....	28
Capítulo 3: Toxicidad de extractos botánicos como método de control		
para <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith) Y <i>Aedes aegypti</i> L.		36
3.1	Resumen	36
3.2	Introducción.....	36
3.3	Materiales y Métodos.....	38
3.3.1	Recolección de material vegetal	38
3.3.2	Obtención de extractos.....	39
3.4	Bioensayo para <i>Spodoptera frugiperda</i>	40
3.4.1	Insectos.....	40
3.4.2	Acondicionamiento de extractos vegetales.....	40
3.4.3	Bioensayo	40
3.4.4	Análisis Estadístico	41
3.5	Bioensayo para <i>Aedes aegypti</i>	41
3.5.1	Insectos.....	41
3.5.2	Bioensayo	42
3.5.3	Toxicidad de <i>Leonotis nepetifolia</i>	42
3.6	Exploración preliminar de compuestos presentes en los extractos	
con mayor potencial biológico		43
3.6.1	Resonancia Magnética Nuclear ¹ H.....	43
3.6.2	Análisis por Cromatografía en Capa Fina	43
3.7	Resultados	44
3.7.1	Rendimiento de extracción	44

3.7.2	Bioensayo en larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	45
3.7.3	Bioensayo con <i>Aedes aegypti</i>	48
3.7.4	Toxicidad de <i>Leonotis nepetifolia</i> sobre larvas de <i>A. aegypti</i>	51
3.7.5	Toxicidad de <i>Cuscuta campestris</i> sobre larvas de <i>A. aegypti</i>	52
3.7.6	Análisis Cromatográfico y de Resonancia Magnética Nuclear de extractos	53
3.8	Discusión	59
3.9	Conclusiones	65
3.10	Referencias bibliográficas	66

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Plantas de la familia Asteraceae usadas como insecticidas	17
Cuadro 2. Plantas de la familia Cuscutaceae usadas como insecticidas.....	18
Cuadro 3. Plantas de la familia Euphorbiaceae usadas como insecticidas	18
Cuadro 4. Plantas de la familia Lamiaceae usadas como insecticidas.....	19
Cuadro 5. Descripción de especies vegetales recolectadas para evaluar su potencial insecticida.	38
Cuadro 6. Rendimiento de extracción de cada planta	44
Cuadro 7. Porcentaje de mortalidad en larvas de <i>S. frugiperda</i>	45
Cuadro 8. Peso promedio y porcentaje de reducción de peso de larvas vivas de <i>Spodoptera frugiperda</i> a 7 días después de la exposición de diferentes extractos vegetales.	47
Cuadro 9. Porcentaje de mortalidad de <i>Aedes aegypti</i> a las 96 h después de la exposición a una concentración de 1000 mg/L de diferentes extractos vegetales.....	49
Cuadro 10. Porcentaje de mortalidad de <i>Aedes aegypti</i> a las 96 h después de la exposición a una concentración de 100 mg/L de diferentes extractos vegetales.....	50
Cuadro 11. Porcentaje de mortalidad de <i>Aedes aegypti</i> a las 96 h después de la exposición a una concentración de 10 mg/L de diferentes extractos vegetales.....	51
Cuadro 12. Concentración letal 50 y 95 del extracto <i>Leonotis nepetifolia</i> a 96, 72, y 48 horas después de la exposición.	52
Cuadro 13. Concentración letal 50 y 95 del extracto <i>Cuscuta campestris</i> a 96, 72, y 48 horas después de la exposición.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Maragenina.....	21
Figura 2. Moléculas flavonoides en <i>Ricinus communis</i> . 1. Quercetina. 2. Quercitrina. 3. Rutina	22
Figura 3. Metabolitos secundarios presentes en <i>Parthenium hysterophorus</i> . (1 Germacreno. (2 Partenina. (3 Alantolactona. (4 Isolantolactona.....	23
Figura 4. Metabolitos secundarios de <i>Leonotis nepetifolia</i> . (1Luteonina. (2 Apigenina. (3 Cisiliol.....	24
Figura 5. Metabolitos secundarios presentes en <i>Cosmos bipinnatus</i> . (1 Ocimeno. (2 Sabinena.....	26
Figura 6. Metabolitos secundarios presentes en <i>Mentha spicata</i> . Carvona.....	27
Figura 7. Esquema de metodología de extracción metanólica	39
Figura 8. Peso promedio de extracción por extracto vegetal	44
Figura 9. Porcentaje de mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> tratadas con extractos vegetales.....	46
Figura 10. Peso promedio de larvas vivas de <i>Spodoptera frugiperda</i> a 7 días después de la exposición de diferentes extractos vegetales.....	47
Figura 11. Porcentaje de reducción de peso de larvas vivas de <i>Spodoptera frugiperda</i> a 7 días después de la exposición de diferentes extractos vegetales.....	48
Figura 12. Porcentaje de mortalidad de <i>Aedes aegypti</i> a las 96 h después de la exposición a una concentración de 1000 mg/L de diferentes extractos vegetales.....	49
Figura 13. Porcentaje de mortalidad de <i>Aedes aegypti</i> a las 96 h después de la exposición a una concentración de 100 mg/L de diferentes extractos vegetales.....	50
Figura 14. Porcentaje de mortalidad de <i>Aedes aegypti</i> a las 96 h después de la exposición a una concentración de 10 mg/L de diferentes extractos vegetales.....	51

Figura 15. Cromatografía en capa fina del extracto metanólico de <i>Cuscuta campestris</i> . 1) Compuestos polares. 2) Positivo a compuestos fenólicos. 3) Negativo a alcaloides	54
Figura 16. Espectro de RMN de ^1H a 400 MHz del extracto metanólico de <i>Cuscuta campestris</i> en MeOD.....	54
Figura 17. Cromatografía de <i>Parthenium hysterophorus</i> . 1) Compuestos de baja polaridad. 2) Positivo a terpenos. 3) Positivo a alcaloides	55
Figura 18. Espectro de RMN de ^1H a 400 MHz del extracto metanólico de extracto de <i>Parthenium hysterophorus</i> en DMSO-D6.....	56
Figura 19. Cromatografía de <i>Leonotis nepetifolia</i> . 1) Compuestos de baja y alta polaridad. 2) Positivo a compuestos fenólicos. 3) Negativo para alcaloides	57
Figura 20. Espectro de RMN de ^1H a 400 MHz del extracto metanólico de extracto de <i>Leonotis nepetifolia</i> en DMSO-D6	58

Dedicatoria

A la **vida** por permitirme disfrutar todas y cada una de las experiencias que he tenido (Académica, laboral y personalmente) por enseñarme a gozar todo lo que venga sea bueno o malo y jamás arrepentirme de nada.

A mi madre **Adelina** quien siempre ha estado ahí para mí, en las buenas y en las malas, para apoyarme de manera incondicional, quien me ha demostrado que rendirse no es una opción y que siempre debemos luchar por nuestros sueños y sobre todo que con paciencia, esfuerzo y dedicación se pueden lograr grandes cosas.

También a mi padre **Mariano** por apoyarme en todas mis decisiones, enseñarme a siempre dar lo mejor de mí, a disfrutar cada instante de la vida y que la vida te puede dar muchos golpes, pero lo importante es levantarse y seguir.

Agradecimientos

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por todo el apoyo económico brindado para la realización de este proyecto de posgrado y mis estudios de maestría.

A la **Maestría en Ciencias en Protección Vegetal** del Departamento de Parasitología Agrícola perteneciente a la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) por abrirme las puertas para continuar con mi desarrollo académico y profesional.

Al **Dr. Manuel Alejandro Tejeda Reyes** quien con su conocimiento y motivación hoy puedo culminar este proyecto. Por su paciencia, lecciones, apoyo y sobre todo por la confianza en mí y en esta investigación.

De igual manera al **M.C. Raúl Velasco Azorsa** por su paciencia y orientación en el transcurso del desarrollo de esta investigación.

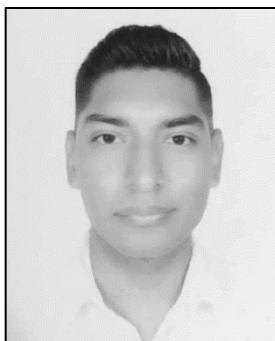
Al **Dr. Samuel Ramírez Alarcón** por su paciencia y conocimientos.

También al coordinador del posgrado el **M.C. Antonio Segura Miranda**, quien además fue uno de mis asesores de tesis, por abrirme las puertas del posgrado y compartirme un poco de todo ese conocimiento que tiene. De igual manera a **Maribel** por siempre tenerme paciencia, ayudarme en todo y por esas pláticas constructivas... ¡Te aprecio mucho!

A **Ana Karen Martínez Vivanco** tu eres quien siempre estuvo ahí para mí de manera incondicional, quien me ayudó en el ámbito profesional y personal, eres fuiste y serás mi mejor amiga, estoy muy feliz de que gracias a la maestría pude conocerte. ¡Nuestros caminos se volverán a juntar te lo aseguro!

A **Eduardo, Diana, Iliana, Ivón** por cada momento y que siempre me ayudaron a ser mejor persona cada día y por supuesto a cada uno de **mis compañeros** de maestría. ¡Mucho éxito a todos!

Datos biográficos



Datos personales

Nombre: Carlos Celio López

Fecha de nacimiento: 14 de Noviembre de 1994

Lugar de nacimiento: Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

CURP: CELC941114HHGLPR09

Profesión: Licenciatura en Biología

Cédula profesional: 10521824

Experiencia Laboral

Acciones técnico operativas de campo, así como pláticas, toma de muestras, biometrías, capacitaciones, asesorías, además de vigilancia y cumplimiento de las normas de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación bajo los programas de inocuidad acuícola y agrícola en el Comité Acuícola Hidalguense de Sanidad y Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Hidalgo respectivamente.

RESUMEN GENERAL

TOXICIDAD DE EXTRACTOS BOTÁNICOS COMO MÉTODO DE CONTROL PARA *Spodoptera frugiperda* (Smith) Y *Aedes aegypti* L. ¹

Spodoptera frugiperda y *Aedes aegypti* son considerados organismos plaga en la agricultura y en la salud humana respectivamente, por lo tanto, actualmente se están realizando investigaciones sobre métodos de control que sean potencialmente menos dañinos para el ambiente, que no se vean afectados los organismos benéficos, que sean métodos compatibles y aprovechables dentro de un manejo integrado de plagas y que además sea costeable y accesible para el productor, por ello, el uso de extractos vegetales resulta ser una buena opción para el manejo de organismos plaga debido a que se pueden utilizar plantas con potencial plaguicida que resulten malezas para el productor y así darle otro uso sin afectar la biodisponibilidad de estas. Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la toxicidad de seis extractos vegetales con potencial insecticida para el manejo de *Spodoptera frugiperda* y *Aedes aegypti*. Los resultados demostraron que el extracto metanólico de *Cuscuta campestris* fue el extracto que presentó un mayor rendimiento de extracción, además, los extractos de *Parthenium hysterophorus* y *Cuscuta campestris* presentaron actividad anti-alimentaria sobre *Spodoptera frugiperda*, debido a la presencia de terpenos y alcaloides, además de compuestos fenólicos respectivamente, por otro lado, *Leonotis nepetifolia* y *Cuscuta campestris* que presentaron compuestos fenólicos, demostraron actividad insecticida sobre larvas de tercer instar de *Aedes aegypti*, consecuentemente, estos extractos fueron considerados como promisorios candidatos para el control de larvas de mosquito y gusano cogollero en condiciones de laboratorio.

Palabras clave: *Spodoptera frugiperda*, *Aedes aegypti*, extractos vegetales, metabolitos secundarios, insecticida, anti-alimentario.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias, Protección Vegetal, Universidad Autónoma Chapingo.
Autor: Carlos Celio López
Director de Tesis: Samuel Ramírez Alarcón

GENERAL ABSTRACT

BOTANICAL EXTRACTS TOXICITY AS A CONTROL METHOD FOR *Spodoptera frugiperda* (Smith) AND *Aedes aegypti* L.²

Spodoptera frugiperda and *Aedes aegypti* are considered pest organisms in agriculture and in human health respectively. Research is currently being carried out on control methods that are potentially less harmful to the environment, that do not affect beneficial organisms, that are compatible and usable methods within an integrated pest management and that is also affordable and accessible for the producer. The use of plant extracts turns out to be a good option for the management of pest organisms because plants with pesticide potential, which are weeds for the producer, can be used and so have another use without affecting their bioavailability. Therefore, the objective of this research was to evaluate the toxicity of six plant extracts with insecticidal potential for the management of *Spodoptera frugiperda* and *Aedes aegypti*. The results showed that the methanolic extract of *Cuscuta campestris* was the extract that presented the highest performance, in addition, the extracts of *Parthenium hysterophorus* and *Cuscuta campestris* presented anti-food-borne activity on *Spodoptera frugiperda*, due to the presence of terpenes and alkaloids, also phenolic compounds respectively. On the other hand, *Leonotis nepetifolia* and *Cuscuta campestris* that presented phenolic compounds, demonstrated insecticidal activity on third instar larvae of *Aedes aegypti*, consequently, these extracts were considered as promising candidates for the control of mosquito larvae and fall armyworm in laboratory conditions.

Key words: *Spodoptera frugiperda*, *Aedes aegypti*, plant extracts, secondary metabolites, insecticide, anti-food-borne.

² Master of Science Thesis, Plant Protection, Universidad Autónoma Chapingo.
Author: Carlos Celio López
Thesis Director: Samuel Ramírez Alarcón

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1 Fundamentos y planteamiento de la tesis

En la actualidad en la agricultura se ha considerado que las prácticas que involucra el uso de plaguicidas pueden llegar a ser perjudiciales para el ambiente (Badii & Landeros, 2007). Por otro lado, existen problemas fitosanitarios que se presentan en todos los cultivos que pueden llegar generar pérdidas de entre 80% hasta el 100% del total del cultivo a pesar del alto uso de plaguicidas químicos (Chirinos et al., 2020) los cuales algunos perjudican y limitan a la flora y fauna benéfica, la salud humana, la inocuidad de los alimentos, etc. , generando un aumento en los costos de producción (Leng et al. 2011) además, el desconocimiento por parte del personal que labora en campos agrícolas e invernaderos con respecto el uso indiscriminado de productos químicos y artículos que prometen ser provenientes de un origen sustentable y “natural” donde la obtención de estos productos y la forma de aplicación pueden resultar perjudiciales para el mismo cultivo y para el ambiente de manera que suelo, aire y agua se vean afectados (De Freitas et al., 2020), debido a esto hoy en día se han desarrollado herramientas para el control de plagas que han coadyuvado al uso de plaguicidas de origen químico y el uso de estos se reduzca considerablemente tales como el uso de microorganismos entomopatógenos y productos a base de extractos botánicos que en diferentes casos documentados han llegado a mantener el nivel de daño de las plagas por debajo del umbral económico (Zepeda-Jazo, 2018; Rodríguez et al., 2014).

El manejo integrado de plagas puede ser definido como el conjunto de tácticas y estrategias de manera conjunta y coordinada que logran mantener por debajo del límite las poblaciones de organismos considerados como plaga y mantiene por debajo del umbral económico de daño a las enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus (Vivas-Carmona, 2017), dentro de los objetivos de este programa se pueden incluir técnicas alternativas como el uso de extractos

botánicos con los cuales se espera minimizar los efectos negativos en el ambiente y la salud humana en comparación a productos de origen sintético y suele ser un método viable para ser utilizado en conjunto con otros tipos de control (químico, biológico, cultural, legal, genético, etológico, etc.) descritos en el manejo integrado de plagas (Ceccon, 2008), hasta ahora se ha observado que el uso combinado entre químico y bio plaguicida resulta factible para el uso dentro de un correcto plan de manejo de plagas y en la práctica sistemas de reducción de riesgos de contaminación además de la alta demanda de estos productos en el mercado (Cantrell et al., 2012) . La investigación de estas alternativas, ha conllevado a una exhaustiva búsqueda de componentes de una gran variedad de plantas con posible uso en el manejo de problemas fitosanitarios, adquiriendo importancia como auxiliares y/o alternativas al uso de plaguicidas sintéticos y con un menor impacto en el ambiente (Dietz et al., 1991). Asimismo, estos productos derivados de plantas han demostrado ser eficaces, de menor costo, menos dañinos para el ambiente, además de una reducción en el riesgo de contaminación para la salud humana en comparación con sus equivalentes sintéticos (Leng et al., 2011). Las plantas sintetizan diversas sustancias mediante rutas metabólicas alternas a alcaloides, saponinas, taninos y terpenos conocidos como metabolitos secundarios, los cuales se ha evidenciado presentan actividad plaguicida afectando a las poblaciones de insectos, disminuyendo la supervivencia, modificando el desarrollo y la tasa de reproducción (Jannet et al., 2001; Carlini & Grossi, 2002).

En los sistemas agrícolas mexicanos se ha observado que distintos cultivos llegan a ser afectados por diversas plagas alcanzando altos niveles de daño, en los que destaca el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) considerada la principal plaga del cultivo de maíz, y que actualmente causa estragos importantes en diferentes regiones agrícolas de África y Asia, en donde la principal medida de control es el químico (González-Maldonado et al., 2015). Por otra parte, a nivel mundial uno de los principales problemas en salud pública es el causado por la enfermedad conocida como dengue, ocasionada por un arbovirus transmitido por *Aedes aegypti* L. (Diptera.

Culicidae), insecto que se combate principalmente con el uso de insecticidas químicos donde destacan los piretroides y organofosforados, los cuales han generado resistencia en diversas poblaciones en el mundo incluido México debido a su constante uso (Muñoz et al., 2006).

Bajo este escenario es urgente desarrollar alternativas de menor impacto ambiental y que no se vea comprometida la salud humana que contribuyan al manejo de estos problemas, por lo que, el objetivo principal de esta investigación es la búsqueda de alternativas a partir de extractos botánicos que puedan coadyuvar en el control de *S. frugiperda* y *A. aegypti*.

1.2 Justificación

Hoy en día, hay dos problemas importantes en México que requieren una alta demanda de insecticidas sintéticos, son el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) y el mosquito *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae), insectos de importancia en la agricultura y salud pública respectivamente. El uso de insecticidas en el combate de estas plagas se centra en grupos químicos de amplio espectro donde destacan los organofosforados y piretroides, que tienen un efecto adverso sobre insectos no blanco y la salud humana. Además de que el uso constante de estas sustancias ha conducido al desarrollo de resistencia, disminuyendo la eficacia de estos compuestos.

Una alternativa a esta situación, son los insecticidas de origen vegetal los cuales su uso ha ido en incremento en los últimos años. Sin embargo, no se ha estudiado el potencial de muchas plantas silvestres que pudiesen ser una alternativa en el combate de estos problemas anteriormente mencionados.

Por lo cual, existe la necesidad de evaluar la actividad biológica de extractos de origen vegetal, que pueden servir como opciones en el manejo integrado de *S. frugiperda* y *A. aegypti*, y a su vez representen alternativas amigables con el ambiente.

1.3 Hipótesis

Debido a los antecedentes plaguicidas de los géneros de las plantas *Ricinus communis*, *Leonotis nepetifolia*, *Cuscuta campestris*, *Parthenium hysterophorus*, *Cosmos bipinnatus* y *Mentha spicata* es probable que al menos un extracto de estas funcione para el control in vitro de larvas *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y *Aedes aegypti* L.

1.4 Objetivo general

Evaluar el efecto de seis extractos botánicos obtenidos mediante el método de extracción metanólica de reflujo para el manejo de larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) y *Aedes aegypti* L.

1.5 Objetivos específicos

- Obtener extractos botánicos de seis plantas (*Ricinus communis*, *Leonotis nepetifolia*, *Cuscuta campestris*, *Parthenium hysterophorus*, *Cosmos bipinnatus* y *Mentha spicata*) con potencial insecticida mediante el método de extracción metanólica de reflujo y explorar el extracto con mejor rendimiento de extracción.
- Evaluar la efectividad de los extractos mediante la tasa de mortalidad y reducción de peso y definir los extractos con mayor efectividad mediante aplicaciones experimentales.
- Explorar los diferentes fitoquímicos de los extractos con mayor efectividad a través de extracciones con distintos disolventes que permitirán la obtención de diferentes polaridades químicas.

1.6 Referencias Bibliográficas

- Badii, M. H., & Landeros, J. (2007). Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad. *CULCyT: Cultura Científica y Tecnológica*, 4(19), 21-34.
- Cantrell, C. L., Dayan, F. E., & Duke, S. O. (2012). Natural products as sources for new pesticides. *Journal of natural products*, 75(6), 1231-1242.
- Carlini, C. R. & Grossi-deSa, M. F. (2002). Plant toxic proteins with insecticidal properties a review on the potentialities as bioinsecticide. *Toxicon*, 40(11), 1515-1539. [https://doi.org/10.1016/S0041-0101\(02\)00240-4](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(02)00240-4)
- Ceccon, E. (2008). La revolución verde tragedia en dos actos. *Ciencias* 91 (91), 20-29.
- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Bravo, S. P., Solis, L., & Geraud-Pouey, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1-16.
- de Freitas Netto, S. V., Sobral, M. F. F., Ribeiro, A. R. B., & da Luz Soares, G. R. (2020). Concepts and forms of greenwashing: a systematic review. *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 1-12.
- Dietz, F.J., Vander-Plaeg, F. & Vander-Straaten, J. (1991). Environmental policy and the economy. *Elsevier Amsterdam*. 331p.
- González-Maldonado, M. B., Gurrola-Reyes, J- N y Chairez-Hernández, E. L. (2015). Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) *Revista Colombiana de Entomología*, 41 (2), 200-204.
- Jannet, H. B., H-Skhiri, F., Mighri, Z., Simmonds, M. S. J. & Blaney, W. M. (2001). Antifeedant activity of plant extracts and of new natural diglyceride compounds isolated from *Ajuga pseudoiva* leaves against *Spodoptera littoralis* larvae. *Industrial Crops and Products*, 14(3), 213-222. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00086-3](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00086-3)
- Leng, P., Zhang, Z., Pan G. & Zhao, M. (2011). Applications and development trends in biopesticides. *African Journal of Biotechnology*. 10(86), 19864-19873. <https://doi.org/10.5897/AJBX11.009>
- Muñoz, C., Ibañez, L. O. & Corona, M. C. (2006). Los mosquitos (Diptera: Culicidae) de Tlaxcala, México. Lista completa de especies. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3), 223-271.

- Rodríguez, J. E. F., Monar, J. B., & Andrade, X. F. (2014). El uso de biocidas botánicos para el control de las plagas en agricultura urbana (II parte y final). *Alternativas*, 15(2), 43-52.
- Santacoloma-Varón, L., Chaves-Córdoba, B. & Brochero, H. L. (2010). Susceptibilidad de *Aedes aegypti* a DDT, deltametrina y lambdacialotrina en Colombia. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 27, 66–73.
- Vivas-Carmona, L. E. (2017). El Manejo Integrado de Plagas (MIP): Perspectivas e importancia de su impacto en nuestra región. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 67-69.
- Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15, 99-108.

Capítulo 2: REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) fue descrito por primera vez por J. E. Smith en el año de 1852. Este insecto se ha encontrado en diversos cultivos como frijol, cebolla, alfalfa, tomate, pepino, entre otros, sin embargo, está relacionado con el cultivo de maíz en México donde se considera como la principal plaga (Del Rincón et al., 2006). Debido al impacto en el rendimiento que puede ocasionar el control químico es la táctica frecuentemente utilizada creando el escenario adecuado para el desarrollo de resistencia a insecticidas (González-Maldonado et al., 2015).

2.1.1 Taxonomía

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Lepidoptera

Familia: Noctuidae

Género: *Spodoptera*

Especie: *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

2.1.2 Morfología

2.1.2.1 Huevo

El huevo tiene una forma de cúpula con una base aplanada con aproximadamente 0.35 mm de altura, de un color variable dependiendo su estado de desarrollo, desde blanquecino, verdoso o grisáceo. Se le pueden observar costas radiales dentadas (Lagunes et al., 1985).

2.1.2.2 Larva

Las larvas de primer instar alcanza un máximo de 3.3 mm teniendo una cabeza de color negro, su cuerpo es de color blanquecino transparente que al momento de la ingesta se suele ver de un color verdoso. La larva de segundo instar es similar al instar anterior, pero con una longitud máxima de 4.5 mm y se suele observar su cabeza y escudo prefrontal de color oscuro. La larva de tercer instar tiene una longitud máxima de 8.5 mm el cuerpo se observa con tubérculos de color negro de distintos tamaños y de los cuales se puede observar emerger setas (Velasquez-Velez, 2011). El cuarto instar larval tiene un tamaño máximo de 13 mm, tiene una cabeza de color oscuro, un color verdoso en el cuerpo con patas torácicas amarillentas. El quinto instar larval presenta un tamaño máximo de 20 mm con cabeza oscura y con un reticulado claro (Villa et al., 2004).

2.1.2.3 Pupa

La pupa mide aproximadamente 14 a 15 mm de longitud, de un color rojizo, en la parte caudal se pueden observar dos espinas agudas de un color oscuro, la parte apical se muestra de color claro. Suele presentar movimiento casi nulo (González-Maldonado et al., 2015).

2.1.2.4 Adulto

El adulto es de un color grisáceo, y presenta una expansión alar de 32 a 40 mm. Presentan dimorfismo sexual; en machos, las alas anteriores suelen tener un grisáceo con manchas negras y blancas y una macula en el ápice, las alas posteriores son uniformemente blanquecinas. Las hembras presentan alas anteriores de un color grisáceo más oscuro a comparación con los machos, sin bandas o manchas claras (Del Rincón et al., 2006).

2.1.3 Ciclo de vida

Las hembras colocan sus huevos tanto en el envés como en el haz, estos huevos son colocados en grupos de 50 a 200 huevos aproximadamente, los cuales son cubiertos por sustancias bucales y escamas del cuerpo. Los huevos pueden

eclosionar de 3 a 5 días dependiendo de la temperatura (Lagunes et al., 1985). Estas larvas llegan a pasar por 5-6 estadios larvales, la larva va aumentando de tamaño hasta llegar a medir hasta 30 mm de longitud (Villa et al., 2004). El periodo larvario suele durar entre 14 y 22 días, posteriormente, pasan a estado de pupa, en el cual necesitan enterrarse en el suelo donde formaran una cámara pupal y permanecerán ahí alrededor de 7 a 13 días. Posteriormente, emerge el adulto, que tiene un promedio de vida de 10 a 12 días. En este período la hembra puede llegar a poner alrededor de 1000 huevos (Vivas, 2003).

2.1.4 Daños

Cuando el suministro alimenticio es escaso, el gusano cogollero es capaz de desplazarse grandes distancias debido a la necesidad de alimento llegando a formar poblaciones grandes, lo cual, convierte a esta plaga en extremadamente peligrosa, describiéndose como una plaga potencial en el continente americano. Los ataques que se producen suelen ser rápidos y lamentablemente se llegan a detectar una vez que el daño es irreparable (Murcia et al., 2003). Las grandes pérdidas que ocasiona el gusano cogollero se deben a su fácil adaptación a distintos medios y condiciones climáticas, lo cual, ha provocado que tenga una amplia distribución (Pogue, 2002).

Para el caso del maíz, las larvas pueden actuar de dos maneras diferentes, puede actuar como cogollero: ataca de manera vertical en el cogollo, donde permanecen ahí causando perforaciones en las hojas que son características de este insecto, causando crecimiento anormal de la planta e incluso la muerte de esta. Otra forma, es actuando como trozador, ya que llega a cortar las hojas recién germinadas (Jaramillo et al., 1998).

Existen diferencias en el nivel de daño que se puede ocasionar a la planta, desde daño un bajo, hasta la destrucción total, esto depende de distintos factores como las condiciones climáticas de la zona, el manejo del cultivo y la existencia de organismos benéficos en el lugar (Velasquez-Velez, 2011).

2.1.5 Métodos de Control

2.1.5.1 Control cultural

En este tipo de control se suelen incluir técnicas destinadas al manejo del cultivo, tales técnicas pueden ser el cambio de fechas de siembra, de modo que no coincida con el pico más alto de presencia del gusano cogollero, del mismo modo se debe preparar la tierra para eliminar cualquier posible pupa que se encuentre en el suelo. Así mismo, se deben eliminar los hospederos alternos que se encuentren en el cultivo y alrededor de este (Arreola, 2008).

2.1.5.2 Control Biológico

Se ha reportado que diferentes avispas parasitoides como *Chelonus insularis*, *Chelonus sonorensis*, y *Pristomerus spinator* son abundantes en distintas regiones agrícolas de México, las cuales nos ayudan a regular las poblaciones de gusano cogollero (Cortez-Mondaca et al., 2012). Otros estudios reportan al hongo *Metarhizium anisopliae* con resultados alentadores en el manejo de *S. frugiperda* (Lezama et al., 2005). Por otra parte, se ha demostrado que poblaciones de gusano cogollero son susceptibles al uso de *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai* (Lara-Becerra et al. 2021).

2.1.5.3 Control químico

El uso de insecticidas de origen químico (Organofosforados y piretroides) es el método de control más utilizado por los productores (León-García et al., 2012) para el control de gusano cogollero. Se han realizado distintos estudios que demuestran que algunos productos llegan a tener una eficacia de 45% a 56% en un corto plazo, hasta alcanzar un 95% de mortalidad donde destaca el uso de organofosforados (clorpirifos), piretroides (deltametrina, zeta-cipermetrina), diamidas (chlorantraniliprole, flubendiamide), y avermectinas (benzoato de emamectina) (Tejeda-Reyes et al., 2016)

2.2 Mosquito (*Aedes aegypti* L.)

Miembros de la familia Culicidae tienen una gran importancia a nivel global, no solo por el hábito hematófago que presentan, sino por la transmisión de agentes que causan enfermedades que comprometen la salud y la vida humana como dengue, chikungunya, Zika, ocasionando la pérdida de la vida en escenarios extremos (Kourí, 2006; Muñoz et al., 2006). Desafortunadamente por el riesgo que representan estos artrópodos, la principal medida de combate es el uso de insecticidas, donde destacan los organofosforados y piretroides, los cuales debido a su uso constante se ha visto limitada su eficacia por el desarrollo de resistencia además de afectar verse comprometida la salud humana con el uso de estos productos químicos (Maciel et al., 2010).

2.2.1 Taxonomía

Phylum: Arthropoda

Clase: Insecta

Orden: Diptera

Familia: Culicidae

Género: *Aedes*

Especie: *Aedes aegypti* L.

2.2.2 Morfología

2.2.2.1 Huevo

Los huevos miden 1 mm de longitud aproximadamente con una superficie lisa, de un color negro brillante. Tiene un período de incubación de 2 a 3 días cuando las condiciones de humedad son favorables, sin embargo, pueden permanecer viables por períodos extensos cuando no existe suficiente humedad para eclosionar (Nelson, 1999).

2.2.2.2 Larva

Las larvas pasan por 4 instares, llegando a alcanzar aproximadamente 8 mm de longitud (Santacoloma-Varón et al., 2010). Presentan movimiento serpenteante al nadar. Normalmente el desarrollo larval dura de entre 5 a 7 días dependiendo las condiciones ambientales y la disponibilidad de alimento (Cassab et al., 2011).

2.2.2.3 Pupa

Son de un color claro a oscuro, y presentan movimiento, durante esta etapa el mosquito no se alimenta y pertenece de 2 a 3 días en este estado (Achee, 2015).

2.2.2.4 Adulto

Son de un color oscuro, y presentan escamas blanquecinas distribuidas en diferentes regiones del cuerpo. Llegan a medir 10 mm de longitud aproximadamente (Muñoz et al., 2006). Presentan dimorfismo sexual la hembra presenta antenas filiformes verticiladas, mientras que el macho plumosas, generalmente la hembra es de un mayor tamaño. La hembra presenta hábitos hematófagos, mientras que el macho se alimenta de azúcares (Maciel et al., 2010).

2.2.3 Ciclo de vida

La eclosión de huevos se ve favorecida por condiciones húmedas y cálidas. Una vez que emerge la larva permanece en un ambiente acuático en donde se alimenta y cambiará a la fase de pupa. La etapa larvaria dependerá de la disponibilidad de alimento y condiciones ambientales (Nelson, 1999). En condiciones óptimas la duración de esta fase es de tan solo 5 días, pero puede extenderse hasta 14 días. La fase de pupa también es acuática, y durante este período no se alimenta, pero si presenta movimientos, tienden a mantenerse en la superficie. La fase adulta puede extenderse hasta 40 días si existen condiciones favorables, regularmente la hembra tiene una vida media mayor que el macho, y es ella quien presenta el hábito hematófago. Las hembras copulan al poco tiempo de emerger (Nelson, 1999).

2.2.4 Daños

De todas las especies de insectos que se conocen, *Aedes aegypti* es el que causa más problemas al ser humano (Cassab et al., 2011). El hábito hematófago lo presentan las hembras, durante el cual transmiten agentes que ocasionan enfermedades como el virus del dengue (DENV, arbovirus del género *Flavivirus* de la familia *Flaviviridae*), virus del chikungunya (CHIKV, arbovirus del género *Alphavirus* de la familia *Togaviridae*), virus del Zika (CHIKV, arbovirus del género *Alphavirus* de la familia *Togaviridae*) (OMS, 2020). Ocasionando cuadros clínicos diversos que pueden conllevar a la pérdida de la vida en escenarios extremos (Kourí, 2006) se estimó en el mes de enero de 2020 un incremento de casos de dengue y chikungunya en comparación con el año anterior donde se reportaron alrededor de 125 mil casos en todo el continente americano con una letalidad del 0,021% con una estimación de 3 millones de casos en un año siendo México, Honduras, Bolivia y Paraguay los países donde se han reportado el mayor número de casos, en especial en zonas donde las temperaturas superan los 32 °C (ONU, 2020). Incluso se ha llegado a presentar algunos casos en que se llega a afectar la inocuidad de los productos agrícolas debido a que los mosquitos buscan cualquier lugar con humedad para depositar sus huevos, estos lugares también suelen ser espacios donde las plantas pueden llegar a reserva un poco de agua tras un riego o lluvia (Rey y Launibos, 2015).

2.2.5 Métodos de Control

2.2.5.1 Control cultural

Se recomienda la eliminación de maleza y de recipientes que puedan contener agua (botes, llantas, contenedores de basura, etc.), así como charcos o aquellos lugares que puedan funcionar como criaderos potenciales, en especial los lugares abandonados (Achee, 2015). En lugares como cementerios se recomienda la eliminación del agua de floreros, estas medidas de saneamiento son importantes para evitar la reproducción de este vector (Santacoloma-Varón et al., 2010).

2.2.5.2 Control biológico

Existen diversos organismos que han mostrado un control eficiente de larvas de *A. aegypti*, como *Mesocyclops thermocyclopoides* (Schaper et al., 2000). La herramienta recurrente para el control de larvas de *Aedes aegypti* es *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* que ha sido incluido en programas de manejo de este insecto (Delgado, 2005). A nivel experimental se han evaluado a los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* como promisorios en el control del vector (Mosqueira et al., 2014) de igual manera se han realizado estudios que demuestran que el nematodo *Romanomermis culicivorax* es capaz de parasitar larvas de I, II, III y IV instar llegando a valores del 80-98% de parasitismo (Santamarina-Mijares et al., 2000).

2.2.5.3 Control químico

En México la Secretaría de Salud a través del Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE) recomienda el uso de diversas moléculas para el control de mosquitos; para larvas recomienda el uso de temefos, spinosad, novaluron, y metopreno, mientras que para el control de adultos recomienda el uso de piretroides como alfacipermetrina, fenotrina, bifentrina, deltametrina, lambda cyhalotrina, permetrina, y transflutrina, a los orfanofosforados como clorpirifos y pirimifos-metil, y a los carbamatos propoxur y bendiocarb (CENAPRECE, 2017).

2.3 Familias botánicas con potencial insecticida

Alrededor del mundo existe una gran diversidad de especies vegetales que han demostrado capacidad de causar un efecto sobre diferentes parámetros biológicos de los insectos, estos efectos van desde afectar algún proceso del desarrollo que impida continuar su crecimiento normal limitando aquellas hormonas encargadas del crecimiento y desarrollo de los insectos, modificando la reproducción de los insectos de tal manera que estos no puedan poner huevecillos o que estos se encuentren atrofiados además alterando funciones

celulares que los lleven a una muerte directa (Wachira et al., 2014). Las publicaciones son bastas que listan a las plantas con alguna propiedad insecticida, Heal, (1950) documenta alrededor de 2,500 especies distribuidas en 247 familias botánicas; mientras que Simmonds et al. (1992) mencionan a 278 especies de 58 familias que presentan un alto potencial insecticida. Dentro de las especies vegetales más conocidas y usadas, se encuentra el neem (*Azadirachta indica*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), piretro (*Tanacetum cinerariaefolium*), rotenona (*Lonchocarpus* sp), riania (*Ryania speciosa*), y la higuierilla (*Ricinus communis*) (Silva et al. 2002).

A continuación, se enlista algunas especies vegetales exóticas, introducidas y algunas otras nativas de México con propiedades insecticidas de las familias Asteraceae, Cuscutaceae, Euphorbiaceae y Lamiaceae, familias en donde se encuentran distribuidas las especies utilizadas en esta investigación siendo estas especies que aquí se presentan las más representativas en el estado de Hidalgo y parte del Estado de México.

Cuadro 1. Plantas de la familia Asteraceae usadas como insecticidas

Familia	Especie	Nombre común	Uso agrícola	Otros usos
Asteraceae	<i>Ambrosia psilostachya</i> DC.	Artemisia	<i>Sitophilus zeamais</i> y repelente en maíz para mamíferos	Medicinal
	<i>Barkleyanthus salicifoli</i> H.E. Robins. & Brett.	Jarilla	Repelente en el cultivo de jitomate y chile	Ornamental, artesanal, medicinal
	<i>Tagetes erecta</i> L.	Cempasúchil	Nematodos e insectos	Medicinal, ornamental
	<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i> (Trevir.)	Piretro	De esta planta deriva las piretrinas	Ornamental, medicinal
	<i>Dittrichia viscosa</i> (L.) W.	Olivarda	Útil contra ácaros	Medicinal

*Información: Nedelcheva et al., 2007; Villavicencio-Nieto et al., 2010

Cuadro 2. Plantas de la familia Cuscutaceae usadas como insecticidas

Familia	Especie	Nombre común	Uso agrícola	Otros usos
Cuscutaceae	<i>Cuscuta tinctoria</i> Martius	Cabello de ángel	Repelente de insectos	medicinal
	<i>Cuscuta campestris</i>	Fideo	Insecticida en huertos	Medicinal
	<i>Cuscuta corymborosa</i>	Barbas	Repelente de mosquitos	Industrial, medicinal

*Información: Villavicencio-Nieto et al., 2010; Bhan et al., 2015.

Cuadro 3. Plantas de la familia Euphorbiaceae usadas como insecticidas

Familia	Especie	Nombre común	Uso agrícola	Otros usos
Euphorbiaceae	<i>Croton pulcher</i> Mull. Arg.	Solimán	Usado en cultivos para repeler mamíferos e insectos	
	<i>Euphorbia furcillata</i> Humb., Bonpl. & Kunz. var. <i>furcillata</i>	Hierba de la pulga	Útil contra pulgas, pulgones y ácaros	
	<i>Ricinus communis</i> L	Higuerilla	Útil contra gusanos, e insectos voladores	Medicinal
	<i>Mercurialis annua</i>	Mercurial	Usado en pequeños invernaderos como repelente de pulgones	Medicinal
	<i>Hura crepitans</i>	Jobillo	Repelente acaricida	Alimenticio, medicinal

*Información: Pacheco-Sánchez, 2009; Villavicencio-Nieto et al., 2010; Wong, 2016.

Cuadro 4. Plantas de la familia Lamiaceae usadas como insecticidas

Familia	Especie	Nombre común	Uso agrícola	Otros usos
Lamiaceae	<i>Stachys coccinea</i> Jacq.	Conejito	Repelente de insectos	Medicinal
	<i>Hyptis verticillata</i> Jacq.	Hierba negra	Repelente de insectos	Medicinal
	<i>Marrubium vulgare</i> L.	Manrrubio	Funciona contra pulgones	Medicinal
	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	Romero	Control de paratrioza	Medicinal, alimenticio
	<i>Mentha spicata</i>	Hierbabuena	Repelente de pulgones, hormigas y babosas.	Alimenticio, medicinal

*Información: Barrientos-Gutiérrez, 2013; Ogayo et al, 2019; Ático-Braga,2020

2.4 Plantas de estudio con potencial insecticida.

En esta sección se presentan las plantas que se estudiaron, la característica de selección fue la abundancia debido a que pueden estar presentes en sitios urbanos y rurales asimismo pueden ser encontradas la mayor parte del año, además de ser plantas que suelen presentarse en cultivos agrícolas y en sitios urbanizados por lo cual son consideradas plantas malezas, de esta manera se les puede dar otro uso sustentable, por otra parte se ha reportado investigaciones sobre el potencial que tienen estas plantas para poder ser usadas como insecticidas. A continuación, se describen algunos antecedentes de las plantas estudiadas

2.4.1 *Cuscuta campestris*

Es una planta parasítica de la familia Cuscutaceae con tallos de color anaranjado, la forma de identificación de esta especie es a través de sus flores que son de 2 a 6mm de longitud, el cáliz es sinsépalo o en ocasiones con los sépalos

separados. Posee una corola simpétala, campanulada, tabular o levemente urceolada. Los lóbulos son ordinariamente ovales a lanceolados, extendidos, comúnmente con apéndices de forma de láminas (Ortega-Rubio, 2010). Es considerada una maleza anual que se reproduce por medio de semilla durante todo el año necesitando una temperatura optima de 30 °C para su germinación. (Iqbal et al., 2014) Es considerada una planta que tiene propiedades medicinales, la infusión de tallos y semillas de esta planta es útil para trata problemas renales y hepáticos (CONABIO, 2009).

Hasta ahora trabajos relacionados con actividad plaguicida se ha descrito que una fracción del extracto crudo de éter de petróleo de *Cuscuta reflexa* produjo un efecto similar a los insecticidas reguladores de crecimiento en *Dysdercus cingulatus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae), el análisis químico de este extracto arroja la presencia del triterpenoide maragenina (Figura 1), compuesto causante de este efecto regulador. (Srivastava et al.,1990). Por otro lado el extracto de acetona de *Cuscuta hyalina* contra mosquitos de la especie *Culex quinquefasciatus* donde demostraron que la CL₅₀ de este extracto a las 24 h en larvas de 3er instar fue de 303 ppm, además dosis menores causaron un retraso en el cambio a la fase adulta (Mehra y Hiradhar, 2002) aun que los autores no mencionan que tipo metabolitos estan asociados a la actividad biológica en otros trabajos sobre la química de esta planta se describe la presencia de alcaloides, flavonoides, lignanos, compuestos fenólicos ,saponinas, taninos y ácidos grasos (Noureen et al., 2019). Asimismo, Se evaluaron extractos de petróleo, hexano y metanol de *C. reflexa* solos y en combinación con temephos, obteniendo resultados alentadores en el control de larvas de *Anopheles* y *Culex* (Bhan et al., 2015). Por otra parte, se ha demostrado que las especies de esta planta tienen en común compuestos característicos de su composición química siendo compuestos como Quercetina, Kaempferol, Miricetina, entre otros (Ahmad et al., 2017)

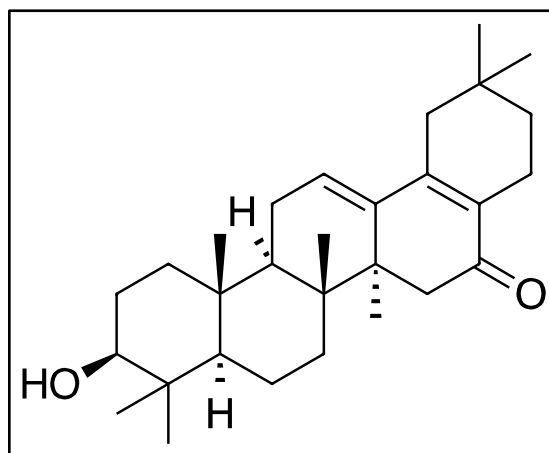


Figura 1. Maragenina

2.4.2 *Ricinus communis* L.

Es una planta considerada arvense de la familia Euphorbiaceae, planta de porte alto arbustivo de un color verdoso pasando por azul grisáceo y en ocasiones rojiza, el tallo es engrosado y ramificado, las hojas son laminadas orbiculares palmitolobadas con un borde irregular dentado glanduloso, el fruto es una capsula semiglobosa con espinas cortas y gruesas (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Es una planta ruderal, que se puede encontrar todo el año, en algunas zonas de México puede ser cultivada debido a las propiedades que presentan los aceites en su semilla (CONABIO, 2009). Se ha destacado la importancia fitoquímica que tiene esta planta debido a sus compuestos con distintas propiedades ya que posee distintos terpenos como tujona, cineol, pineno, alcanfor, y canfeno, que han demostrado altas capacidades antioxidantes y laxantes (Kadri et al., 2011).

A la fecha se han realizado distintos trabajos relacionados con la actividad insecticida de esta planta donde se evaluó el efecto del extracto hidroetanólico de *R. communis* contra el picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* (Coleoptera: Dryophthoridae), encontrando un efecto repelente, atribuido a la presencia de los flavonoides quercetina, quercitrina y rutina (Figura 2) (Pacheco-Sánchez, 2009). Por otra parte, se han realizado bioensayos de alimentación

para determinar la toxicidad del extracto de *R. communis* contra larvas de *Anopheles gambiae* encontraron que la mortalidad aumentaba a más días de exposición obteniendo una CL₅₀ de 2.55 mg/ml (Wachira et al., 2014). Así mismo, se evaluó el efecto del aceite de *R. communis* para el control de *Rhyzopertha dominica* en granos almacenados, encontrando mortalidades del 100% (Wong-Corral et al., 2016).

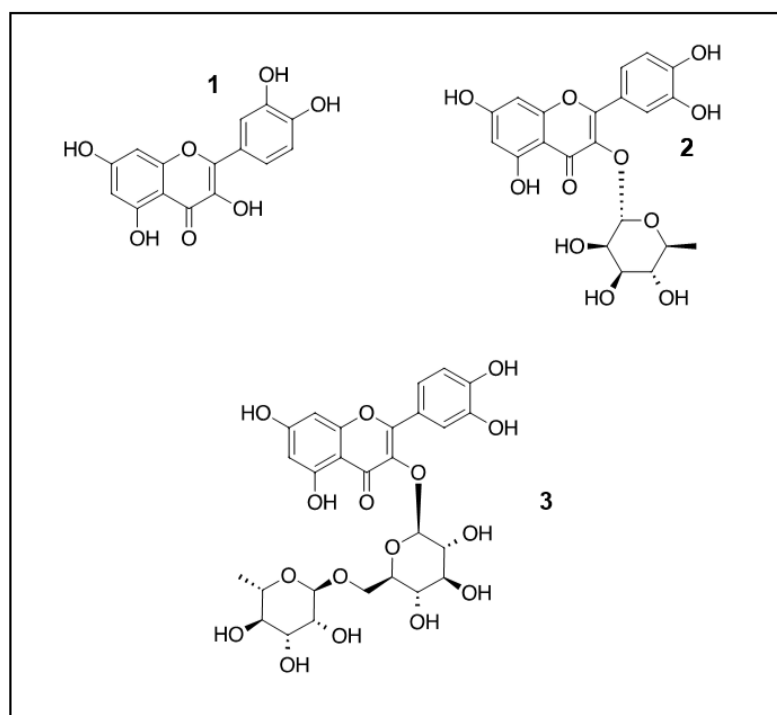


Figura 2. Moléculas flavonoides en *Ricinus communis*. 1. Quercetina. 2. Quercitrina. 3. Rutina

2.4.3 *Parthenium hysterophorus* L.

Es una hierba perenne perteneciente a la familia Asteraceae, llega a alcanzar alturas de hasta 70cm, al principio de su desarrollo se pueden observar hojas arrosetadas basalmente posee hojas alternas, ovales y pinnadas con segmentos lanceolados de color verde-grisáceo a azulado verdoso, flores liguladas de menos de 1 mm de longitud (Villaseñor & Espinosa, 1998). Se considera una

planta ruderal que crece en campos de cultivo y a lado de caminos, estudios han demostrado que tiene partenina lo cual afecta otras plantas y al ganado (Rzedowski y Rzedowski, 2004). En algunos casos se ha reportado que esta planta contiene propiedades medicinales y es utilizada para bajar fiebres y en casos de neuralgias (Rzedowski y Rzedowski, 2001)

Como antecedentes de actividad insecticida, el extracto acuoso de diferentes partes de la planta de *Parthenium hysterophorus* (hojas, flores y raíz) contra larvas de *Spodoptera frugiperda*, de mostrando que los extractos acuosos de raíz y flores presentaron un efecto sobre larvas de tercer instar, en comparación con otras partes de la planta (Villate-Gómez et al., 2006). Otro estudio utilizando la misma polaridad, pero sobre larvas del tercer instar de *Aedes aegypti*, evidenció mortalidades de hasta un 100% a las 24 h de exposición (Amir et al., 2017). Del mismo modo la partición hexánica de un extracto obtenido de una mezcla cloroformo y metanol (1:1) de *P. hysterophorus*, evidenció actividad insecticida contra larvas de *Plutella xylostella* L. (Reddy et al., 2017). Los estudios fitoquímicos han demostrado que se pueden encontrar grandes cantidades de Germacreno, Partenina, Alantolactona e Isolantolactona (Figura 3) (De Miranda et al., 2014).

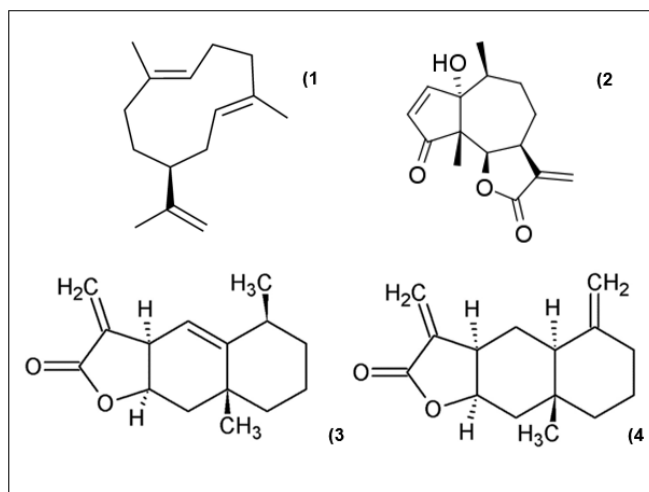


Figura 3. Metabolitos secundarios presentes en *Parthenium hysterophorus*. (1) Germacreno. (2) Partenina. (3) Alantolactona. (4) Isolantolactona

2.4.4 *Leonotis nepetifolia* (L.)

Esta planta se reporta como una especie invasora considerada maleza de la familia Lamiaceae, es una especie herbácea y robusta con una altura de hasta 2 metros, posee tallos erectos y simples ramificados en forma de cuadro. Las flores se encuentran agrupadas en complejos glomerulosos de hasta 6 cm de diámetro, las flores son de color naranja a rojizo con un aspecto aterciopelado (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Tiene hábitos arvenses, se puede encontrar cerca de caminos e incluso alrededor de hábitats humanos, es una planta perenne que puede ser cultivada para uso ornamental y medicinal (Sivicoff, 2016). Se ha comprobado que esta planta tiene propiedades medicinales, la infusión de hojas de esta planta es usada como antiinflamatorio, reducción de niveles de azúcar en sangre además de efecto antidiarreico (Villavicencio-Nieto, 2010)

Se evaluaron extractos a partir de acetona, cloroformo, etanol y acetato de etilo de *Leonotis nepetifolia* contra *Artemisa salina* y *Sitophilus oryzae*, mostrando la mejor actividad insecticida en el extracto obtenido a partir de cloroformo (Udaya-Prakash et al., 2013). Por otra parte, se evaluó la oviposición de *Tetranychus urticae* donde se menciona que el extracto metanólico es capaz de generar un efecto anti-oviposición (Ogayo et al., 2015). Asimismo, destacan la actividad del extracto metanólico de *L. nepetifolia* en una concentración del 12% es efectivo en el control de araña roja en el cultivo de frijol (Ogayo et al., 2019). Otros estudios han destacado la composición fitoquímica de esta planta destacando la presencia de flavonoles como: luteolina, apigenina y cirsiol (Figura 4) (De Oliveira et al., 2019).

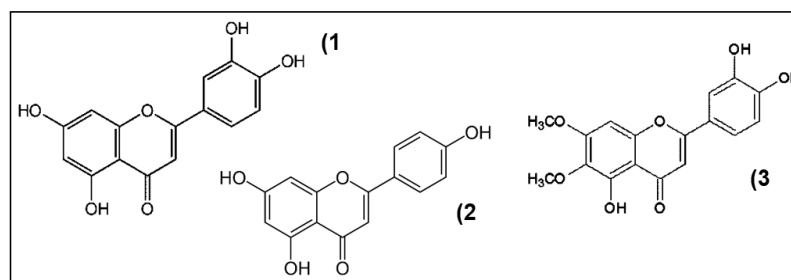


Figura 4. Metabolitos secundarios de *Leonotis nepetifolia*. (1) Luteonina. (2) Apigenina. (3) Cirsiliol

2.4.5 *Cosmos bipinnatus*

Es una especie llamativa debido al color de sus inflorescencias, es considerada maleza en algunas regiones, mientras que en otras se considera como parte de la flora regional, pertenece a la familia Asteraceae llegando a medir un máximo de 2 metros, el tallo es erecto poco ramificado, hojas con peciolo alado pinnados dos veces, inflorescencia paniculada de 8 lígulas de color rosado (Villaseñor & Espinosa, 1998). Tiene un hábito ruderal y arvense, se puede encontrar en zonas con considerable humedad, en pastizales y en superficies rocosas, es una planta anual que se suele encontrar entre los meses de marzo y agosto (Rzedowski y Rzedowski, 2008).

Vallejo-González y Nájera-Rincón (2016) examinaron la actividad insecticida de *Cosmos bipinnatus* sobre *Sitophilus zeamais*, destacan que el aceite esencial obtenido por arrastre de vapor en autoclave, a los diversos componentes que tiene el aceite esencial de *C. bipinnatus* genera un efecto de toxicidad contra *S. zeamais*. Por otra parte, evaluaron el efecto del extracto etanólico de *Cosmos bipinnatus* contra larvas de *Culex quinquefasciatus* concluyendo que a una concentración de 1.27 mg/ml se produjo un efecto larvicida y que el extracto a base de hexano a una concentración de 1.16 mg/ml muestra un efecto sobre pupas (Modise et al., 2016). Asimismo, se evaluaron el extracto metanólico de *Cosmos bipinnatus* utilizando solo las hojas de esta planta, concluyeron que la CL₅₀ es de 442.6 ppm y la CL₉₀ de 1225.93 ppm en larvas de *Aedes aegypti* (Mohankumar et al., 2016). Estudios químicos de esta planta han demostrado que posee distintos componentes químicos de los cuales predominan los monoterpenos de entre los cuales se encuentran Ocimeno y (Figura 5) (Olajuyigbe & Ashafa, 2014).

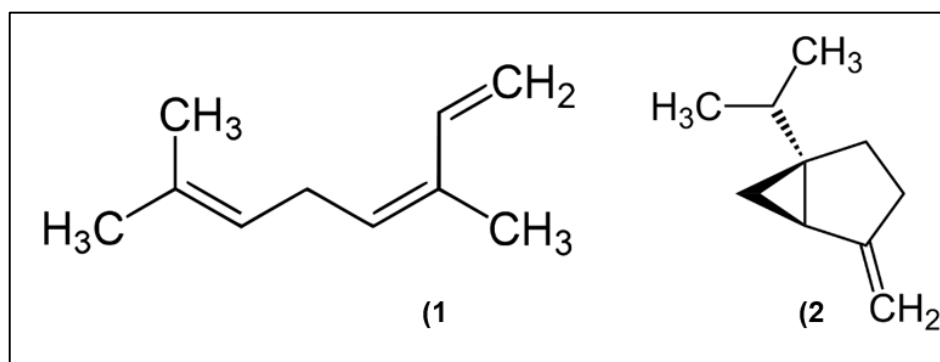


Figura 5. Metabolitos secundarios presentes en *Cosmos bipinnatus*. (1 Ocimeno. (2 Sabinena

2.4.6 *Mentha spicata*

Es una planta de la familia Lamiaceae conocida por su uso medicinal, también es una especie “aromática” con hojas sésiles lanceoladas más o menos lisas de color verdoso, la inflorescencia es simple o ramificada con flores actinomorfas de 1 a 3 mm de diámetro (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Es una de las especies más conocidas en la medicina tradicional por sus propiedades calmantes y relajantes, es una especie cultivada y también se puede encontrar en bosques de pino, además se conoce su uso como repelente de insectos y mamíferos además de su uso relajante en humanos (Villaseñor & Espinosa, 1998).

El aceite esencial de *Mentha spicata* tiene efectos adversos en diferentes estados de desarrollo de *Drosophila auraria* (Diptera: Drosophilidae) ocasionando disminución en la eclosión de huevos, evitando el desarrollo de larvas y causando la muerte de adultos, además se reportó que la aplicación de este extracto puede inducir malformaciones en distintos instares de desarrollo (Konstantopoulou et al., 1992). Por otra parte, el aceite esencial de *Mentha spicata* sobre adultos de *Callosobruchus chinensis* encontrando que este aceite puede generar efectos de reducción de oviposición, larvicida, y repelente (Kedia et al. (2014). Asimismo, el aceite esencial de *Mentha spicata* es funcional contra adultos y ninfas de *Myzus persicae* ya que en adultos genera un efecto repelente mientras que en ninfas indujo mortalidad a concentraciones de 0.5 % (Teixeira et al., 2014). El estudio de la composición química del del extracto metanólico de *Mentha spicata*

demostró que el compuesto que se encuentra mayormente en la planta son los terpenos de entre los cuales destaca Carvona Limoneno y Mirceno (Figura 6) (Scherer et al., 2013)

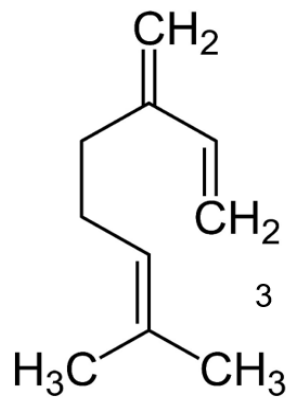
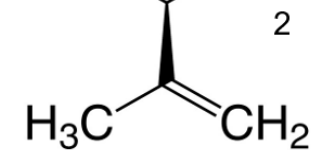
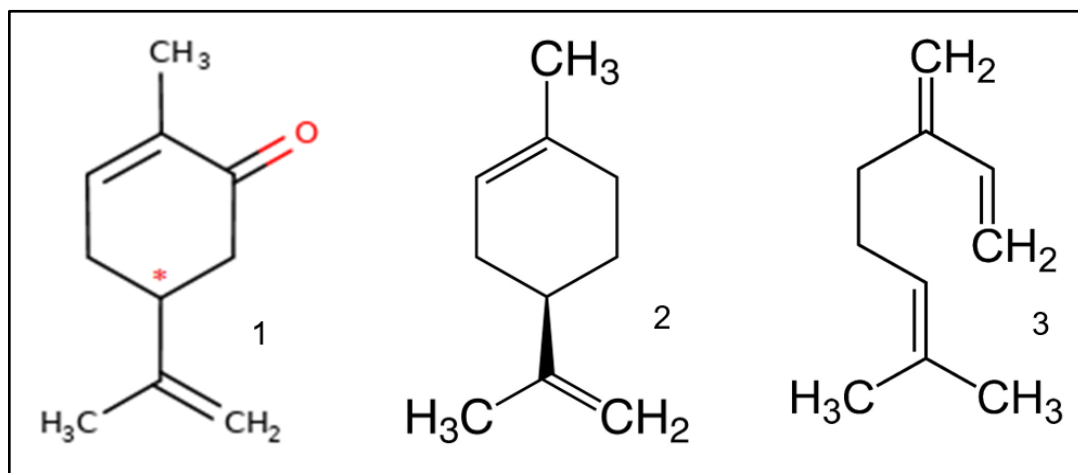


Figura 6. Metabolitos secundarios presentes en *Mentha spicata*. 1) Carvona. 2) Limoneno. 3) Mirceno.

2.5 Referencias Bibliográficas

- Achee, N. L, Gould, F., Perkins, T. A., Reiner, R.C., Morrison, A. C. & Ritchie, S. A. (2015). A Critical Assessment of Vector Control for Dengue Prevention. *Neglected Tropical Disease*, 9 (5) 24-30. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0003655>
- Amir, H., Butt, B. Z. & Vehra S. E. (2017). Evaluation of larvicidal of *Parthenium hysterophorus* against *Aedes aegypti*. *International Journal of Mosquito Research*, 4, 01-04.
- Arreola, T. J. (2008). Manejo integrado de plagas. Trillas p.327
- Ático-Braga, V. A., DosSantos-Cruz, G., Arruda-Guedes, C., DosSantos-Silva, C. T., Santos, A. A., daCosta, H. N. & Wanderley-Teixeira, V. (2020). Effect of essential oils of *Mentha spicata* L. and *Melaleuca alternifolia* Cheel on the midgut of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae). *Acta Histochemica*, 122(3) 151529. <https://doi.org/10.1016/j.acthis.2020.151529>
- Barrientos-Gutiérrez, J. E. (2013). Manejo del gusano soldado *Spodoptera exigua* (Hübner) en Los Reyes de Juárez, Puebla y evaluación de la actividad de extractos vegetales. (Tesis de Maestría), Colegio de Postgraduados, México.
- Bhan, S., Mohan, L. & Srivastava, C. N. (2015). Efficacy of *Cuscuta reflexa* extract and its synergistic activity with Temephos against mosquito larvae. *International Journal of Mosquito Research*, 2, 34-41.
- Caldas, A. (2012). "Optimización, escalamiento y diseño de una planta piloto de extracción sólido líquido". Trabajo de Grado de Ingeniería Química. Universidad de Cuenca. pp. 1-48.
- Cassab, A., Morales, V. & Mattar, S. (2011). Factores climáticos y casos de Dengue en Montería, Colombia: 2003-2008. *Revista de Salud Pública*, 13, 115-128.
- Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE). (2017). Productos recomendados por el CENAPRECE para el combate de insectos vectores de enfermedades a partir de 2017. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/236439/Lista_actualizada_de_productos_recomendados_por_Cenaprece2017.pdf, (last accessed 16 Jan 2021).
- Chan, L. W., Cheah, E. L., Saw, C. L., Weng, W. & Heng, P. W. (2008). Antimicrobial and antioxidant activities of Cortex *Magnoliae Officinalis* and

- some other medicinal plants commonly used in South-East Asia, *Chinese Medicine*, 3 (1), 15. <https://doi.org/10.1186/1749-8546-3-15>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (2009). Malezas de México. *Ricinus communis* L. Recuperado (31/03/21) de: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/euphorbiaceae/ricinus-communis/fichas/ficha.htm#3.%20Identificaci%C3%B3n%20y%20descripci%C3%B3n>
- Cortez-Mondaca, E., Pérez-Márquez, J. & Bahena-Juárez, F. (2012). Control Biológico Natural de Gusano Cogollero (Lepidoptera: Noctuidae) en Maíz y en Sorgo, en el norte de Sinaloa, México. *Southwestern Entomologist*, 37(3), 423–428. <https://doi.org/10.3958/059.037.0320>
- Del Rincón, M. C., Mendez, J. & Ibarra, J. (2006). Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2), 157-164.
- Delgado, N. (2005). Factores que afectan la eficacia y persistencia de *Bacillus thuringiensis* var. israelensis sobre *Anopheles aquasalis* Curry (Diptera: Culicidae), vector de malaria en Venezuela. *Entomotrópica*. 20, 213-233.
- González-Maldonado, M. B., Gurrola-Reyes, J- N y Chairez-Hernández, E. L. (2015). Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) *Revista Colombiana de Entomología*, 41 (2), 200-204.
- Heal, R. E. (1950) A survey of plants for insecticidal activity. *Lloydia*, 13, 89-162.
- Iqbal, M. F., Hussain, M., Abid, A. H., Ali, M. A., Nawaz, R., Waqar, M. Q. y Iqbal, Z. (2014). A review: *Cuscuta* (*Cuscuta planiflora*) major weed threat in Punjab-Pakistan. *International Journal of Advanced research in Biological Sciences* 1(4):42-46.
- Jaramillo, A., Jaramillo, O., Bustillo, A. E. & Gómez, H. (1998). Efecto del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el rendimiento del maíz. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 48 (1), 25-33.
- Kadri, A., Gharsallah, N., Damak, M., & Gdoura, R. (2011). Chemical composition and in vitro antioxidant properties of essential oil of *Ricinus communis* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(8), 1466-1470.
- Kedia, A., Prakash, B., Mishra, P. K., Chanotiya, C. S., & Dubey, N. K. (2014). Antifungal, antiaflatoxigenic, and insecticidal efficacy of spearmint (*Mentha spicata* L.) essential oil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 89, 29–36. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2013.10.027>

- Konstantopoulou, I., Vassilopoulou, L., Mavragani-Tsipidou, P. & Scouras, Z. G. (1992). Insecticidal effects of essential oils. A study of the effects of essential oils extracted from eleven Greek aromatic plants on *Drosophila auraria*. *Experientia*, 48(6), 616–619. <https://doi.org/10.1007/BF01920251>
- Kourí, G. (2006). El Dengue, un problema creciente de salud en las Américas. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 19 (3),143–5.
- Lagunes T. A., Rodríguez, M. C. & Domínguez, R. R. (1985). Plagas del maíz en la mesa central. *Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, México*, 18-21.
- Lara-Becerra, M.D.C., Tejeda-Reyes, M. A., Lagunes-Tejeda, Á., Silva-Aguayo, G., & Rodríguez-Maciel, J. C. (2021). Concentration–Mortality Response of Mexican Populations Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to Commercial Formulations of *Bacillus thuringiensis*. *Journal of Entomological Science*, 56(1), 70-83. <https://doi.org/10.18474/0749-8004-56.1.70>
- León-García, I., Rodríguez-Leyva, E., Ortega-Arenas, L. D. & Solís-Aguilar, J. F. (2012). Susceptibilidad de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a insecticidas asociada a césped en Quintana Roo, México. *Agrociencia*, 46(3), 279–287.
- Lezama, R., Molina, J., López, M., Pescador, A., Galindo, E. Ángel, C. A. & Michel, A. C. (2005). Efecto del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* sobre el control del gusano cogollero del maíz en campo. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 9(1), 1-5.
- Maciel, M., mayo, M. O., Facanali, R., Silva, A. C. & Tadaí, W. P. (2010). Chemical composition and larvicidal activity against *Aedes aegypti* larvae of essential oils from four Guarea species. *Molecules*, 15, 5734-5741. <https://doi.org/10.3390/molecules15085734>
- Mehra, B. K. & Hiradhar P. K. (2002). *Cuscuta hyalina* Roth., an insect development inhibitor against common house mosquito *Culex quinquefasciatus* Say. *Journal of Environmental Biology*, 23(3), 335-339.
- Modise, S. A. & Omotayo, A. (2016). Larvicidal, pupicidal and insecticidal activities of *Cosmos bipinnatus*, *Foeniculum vulgare* and *Tagetes minuta* against *Culex quinquefasciatus* mosquitoes. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 15(5), 965-972. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v15i5.10>
- Mohankumar, T. K., Shivanna, K. S., & Achuttan, V. V. (2016). Screening of Methanolic Plant Extracts against Larvae of *Aedes aegypti* and *Anopheles stephensi* in Mysore. *Journal of arthropod-borne diseases*, 10(3), 303–314.

- Mosqueira, J. A., Rodríguez, J. R., Cueva, V. S., & Silva, L. C. (2014). Efecto Biocida de diferentes concentraciones de *Metarhizium anisopliae* ccb-le302 y *Beauveria Bassiana* CCB-LE265 sobre larvas III de *Aedes Aegypti*. *UCV-SCIENTIA*, 6(1), 33-41.
- Muñoz, C., Ibañez, L. O. & Corona, M. C. (2006). Los mosquitos (Diptera: Culicidae) de Tlaxcala, México. Lista completa de especies. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3), 223-271.
- Murcia, M.G., Virla, E. G. & Defagó, V. (2003). Evaluación de cuatro dietas artificiales para la cría de *Spodoptera frugiperda* destinada a mantener poblaciones experimentales de himenópteros parasitoides. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 29, 43-51
- Naveda, G. (2010). Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (*Ruta graveolens*), con alto contenido de Polifenoles. Quito: Escuela Politécnica Nacional
- Nedelcheva, A.M., Dogan, Y. & Guarrera, P. M. (2007). Plants traditionally used to make brooms in several European countries. *Journal Ethnobiology and Ethnomedicine*, 3, 1-11.
- Nelson, J. M. (1999). *Aedes aegypti*: Biología y Ecología. *Organización Panamericana de Salud*. 4-11.
- Noureen, S., Noreen, S., Ghumman, S. A., Batool, F., & Bukhari, S. (2019). The genus *Cuscuta* (Convolvaceae): An updated review on indigenous uses, phytochemistry, and pharmacology. *Iranian journal of basic medical sciences*, 22(11), 1225–1252
<https://doi.org/10.22038/ijbms.2019.35296.8407>
- Ogayo K. Nyaanga, J., Ogwen, J. & Ogendo, J. (2015). Bioactivity of *Leonotis nepetifolia* and *Ocimum gratissimum* extracts in management of *Tetranychus urticae* Koch on French beans. *Global Journal of Bio-Science and Biotechnology*, 4(3), 282-286.
- Ogayo, K., Nyaanga, J., Ogwen, J. & Ogendo, J. (2019). The effect of Lion's Ear (*Leonotis nepetifolia*) and African Basil (*Ocimum gratissimum*) plant extracts on two-spotted spider mites (*Tetranychus urticae*) for improved yield and quality of French beans. *Advances in Entomology*, 7, 21-31.
<https://doi.org/10.4236/ae.2019.71003>
- Ogayo, K., Nyaanga, J., Ogwen, J. & Ogendo, J. (2019). The effect of Lion's Ear (*Leonotis nepetifolia*) and African Basil (*Ocimum gratissimum*) plant extracts on two-spotted spider mites (*Tetranychus urticae*) for improved yield and quality of French beans. *Advances in Entomology*, 7, 21-31.
<https://doi.org/10.4236/ae.2019.71003>

Organizacion de las NAciones Unidas (2020). El dengue en las Americas marca un nuevo record con tres millones de casos. Noticias ONU. Recuperado (13-04-2021) de: [https://news.un.org/es/story/2020/02/1469521#:~:text=El%202020%20comienzo%20con%20m%C3%A1s%20casos%20que%20el%202019,-A%20pesar%20de&text=En%20lo%20que%20va%20del,de%20letalidad%20del%200%2C021%25\).](https://news.un.org/es/story/2020/02/1469521#:~:text=El%202020%20comienzo%20con%20m%C3%A1s%20casos%20que%20el%202019,-A%20pesar%20de&text=En%20lo%20que%20va%20del,de%20letalidad%20del%200%2C021%25).)

Organizacion Mundial de la Salud (2020). Vector-borne diseases. World Health Organization. Recuperado (13-04-2021) de: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/vector-borne-diseases>

Ortega-Rubio A. (2010). *Cuscuta campestris*. GC Rzedowski, J Rzedowski (Eds.). En: Flora Fanerogámica de México. 2ª ed. 1ª reimp., Instituto de Ecología, AC y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. pp. 578-582.

Osorio, E. D. I. S. O. N. (2009). Aspectos básicos de farmacognosia. *Facultad de Química Farmacéutica de la Universidad de Antioquia*.

Olajuyigbe, O., & Ashafa, A. (2014). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil of *Cosmos bipinnatus* Cav. leaves from South Africa. *Iranian journal of pharmaceutical research: IJPR*, 13(4), 1417.

Ouattara, Y., Sanon S., Traoré Y., Mahiou V., Azase N. & Sawadogo L. (2006). Antimalarial activity of *Swartzia madagascariensis* desv. (leguminosae), *Combretum glutinosum* guill. & Perr. (Combretaceae) and *Tinospora bakis miers* (menispermaceae), burkina faso medicinal plants, *African Journal Traditional*, 3, (1) 75-81.

Pacheco-Sánchez, C., Jimenez-Perez, A. & Montes-Belmont, R. (2009). Efecto del extracto hidroetanólico de higuera (*Ricinus communis*) sobre el adulto del picudo del agave *Scyphophorus acupunctatus* Gyllenhal (Tesis Doctoral). Instituto Politécnico Nacional. México.

Pérez, T. (2009). Obtención de extractos vegetales a partir de plantas medicinales. Cuba: Academia.

Pogue, M. G. (2002). A world revision of the genus *Spodoptera* Guenée (Lepidoptera: Noctuidae). *Memoirs of the American Entomological Society*. 43, 1-202.

Reddy, S. G. E., Dolma, S. K., Verma, P. K., & Singh, B. (2017). Insecticidal activities of *Parthenium hysterophorus* L. extract and parthenin against diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.) and aphid, *Aphis craccivora* Koch. *Toxin Reviews*, 37(2), 161–165. <https://doi.org/10.1080/15569543.2017.1339281>

- Rey, J. R., & Lounibos, P. (2015). Ecología de *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus* en América y transmisión enfermedades. *Biomédica*, 35(2), 177-185.
- Rzedowski, G. C. de & J. Rzedowski (2001). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski, G. C. de & J. Rzedowski (2004). Manual de malezas de la región de Salvatierra, Guanajuato. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario XX. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (2008). Compositae. Tribu Heliantheae (I). En: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski (eds.). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 157. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Santamarina Mijares, A., Pérez Pacheco, R., & Martínez, S. H. (2000). Susceptibilidad de las larvas de *Aedes aegypti* al parasitismo por *Romanomermis culicivorax* en condiciones de laboratorio y de campo en Oaxaca, México. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 8, 299-304.
- Schaper, S., Hernández, F. & Soto, L. (2000). La lucha contra el dengue: control biológico de larvas de *Aedes aegypti* empleando *Mesocyclops thermocyclopoides* (cursácea). *Revista Costarricense de Ciencias Médicas*, 19(2), 119-125.
- Scherer, R., Lemos, M. F., Lemos, M. F., Martinelli, G. C., Martins, J. D. L., & da Silva, A. G. (2013). Antioxidant and antibacterial activities and composition of Brazilian spearmint (*Mentha spicata* L.). *Industrial crops and products*, 50, 408-413.
- Selles, E., Sánchez, J., Solan, C., Suiñe, J., & Tico, J. (1992). Tratado de Farmacia Galénica. Madrid.
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. C., & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 66, 4-12.
- Simmonds, M. S. J., Evans, H. C. & Blaney, W. M. (1992). Pesticides for the year 2000: mycochemicals and botanicals. *Center for Agricultural Bioscience International*, 8, 127-164.
- Sivicoff (2016). Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México *Leonotis nepetifolia* (L.) R. Br. Recuperado

(31/03/21)

de:

http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONA BIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/F_L/Leonotis%20nepetifolia.pdf

- Srivastava U. S., & Jaiswal, A. K. (1990). An insect growth regulatory factor in *Cuscuta reflexa* Roxb. *National Academy Science Letters* 13(9), 361-363.
- Teixeira, M. L., Cardoso, M. G., Figueiredo, A. C. S., Moraes, J. C., Assis, F. A., De Andrade, J. & Albuquerque, L. R. M. (2014). Essential Oils from *Lippia origanoides* Kunth. and *Mentha spicata* L.: Chemical Composition, Insecticidal and Antioxidant Activities. *American journal of plant sciences*, 5(9), 1181-1190. <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.59131>
- Tejeda-Reyes, M. A., Solís-Aguilar, J. F., Díaz-Nájera, J. F., Peláez-Arroyo, A., Ayvar-Serna, S. & Mena-Bahena, A. (2016). Evaluación de insecticidas en el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* j. e. Smith (Lepidoptera: noctuidae) en maíz en Cocula, Guerrero. *Entomología mexicana*, 3, 391-394.
- Udaya Prakash N.K., Bhuvaneswari, S., Balamurugan, A., Vaishnavi, S., Sunisha, S., Sindhu, M., Chandran, M. & Sekar Babu, H. (2013). Studies on antibacterial, antioxidant, larvicidal, pesticidal activities and phytochemistry of *Leonotis nepetifolia* (Linn) R. Br. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 4(2), 303-309.
- Vallejo-Gonzalez, R. & Nájera-Rincon, M. B. (2016). Actividad insecticida de los aceites esenciales de *Tagetes lucida* y *Cosmos bipinnatus* (Asterales: Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Entomología mexicana*. 3, 209-214.
- Velasco, R. J., Villada, H. S. & Carrera, J. E. (2007). Aplicaciones de los fluidos supercríticos en la agroindustria. *Información tecnológica*. 18(1), 53-65. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642007000100009>
- Velasquez-Velez, M. I. (2011). Reproductive Isolation Between Two Populations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) Collected in Corn and Rice Fields from Central Colombia. *Annals of The Entomological Society of America*, 104 (4), 826-833. <https://doi.org/10.1603/AN10164>
- Villa, M. & Catalán, E. A. (2004). Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidea) para la construcción de un modelo de predicción. *Folia Entomológica Mexicana*. 43, 307-312.
- Villate-Gómez, M., Vento-Díaz, V., Mederos-Mederos, D., Rodríguez, Y., & Chala-Rodríguez, S. (2006). Efecto Biológico de extractos de hojas, flores

y raíces de *Parthenium hysterophorus* L. sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. *Avances* 8, 294-303.

- Villavicencio-Nieto, M. A., Pérez-Escandón, B. E. & Gordillo-Martínez, A. J. (2010). Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el Estado de Hidalgo, México. *Polibotánica* 30, 192-238.
- Villaseñor, R., J. L. & F. J. Espinosa G. (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.
- Vivas, L. (2003). Plagas agrícolas de Venezuela: Artrópodos y vertebrados: gusano ejercito *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) 1797. *Editorial Entomología Venezolana*. Venezuela. p. 147.
- Wachira, S. W., Omar, S. & Jacob, J. W. (2014). Toxicity of six plant extracts and two pyridone alkaloids from *Ricinus communis* against the malaria vector *Anopheles gambiae*. *Parasites & Vectors*, 7, 1-8. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-312>
- Wong-Corral F. J., Manríquez M. C., Vásquez F., Buitrón E. A., Cabral F., Barrales S. M. & Borboa-Flores, J. (2016). Aceite de *Ricinus communis* (l.) para el control de *Rhyzopertha dominica* (f.) en trigo *Triticum aestivum* (l.) almacenado. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 29, 23-26. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v19i0.411>
- Wong-Corral F. J., Manríquez M. C., Vásquez F., Buitrón E. A., Cabral F., Barrales S. M. & Borboa-Flores, J. (2016). Aceite de *Ricinus communis* (l.) para el control de *Rhyzopertha dominica* (f.) en trigo *Triticum aestivum* (l.) almacenado. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 29, 23-26. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v19i0.411>

Capítulo 3: Toxicidad de extractos botánicos como método de control para *Spodoptera frugiperda* (Smith) Y *Aedes aegypti* L.

3.1 Resumen

Spodoptera frugiperda y *Aedes aegypti* se consideran plagas en la agricultura y en la salud humana respectivamente por lo cual surge la necesidad de implementar distintos métodos de control como el uso de extractos botánicos. A través del método de extracción metanólica se obtuvieron seis extractos de plantas malezas donde *Cuscuta campestris* fue el extracto con el mejor rendimiento. El extracto de *Parthenium hysterophorus* generó el porcentaje más alto de mortalidad para larvas de *Spodoptera frugiperda* (23.7%) en comparación con los demás extractos y *Cuscuta campestris* presentó actividad anti alimentaria sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* generando el 66.4% de reducción de peso en comparación con el testigo. El extracto metanólico de *Leonotis nepetifolia* demostró actividad insecticida sobre larvas de tercer instar de *Aedes aegypti* produciendo una mortalidad del 96.6% a una dosis de 1000mg/L. De *Parthenium hysterophorus* se observó la presencia de alcaloides y terpenos, posibles compuestos del efecto insecticida mientras que *Leonotis nepetifolia* y *Cuscuta campestris* presentaron compuestos fenólicos siendo los posibles responsables del efecto insecticida en *Aedes aegypti* y el efecto antialimentario en *Spodoptera frugiperda*.

3.2 Introducción

Actualmente existen problemas fitosanitarios que se presentan en todos los cultivos que pueden llegar generar grandes pérdidas de entre 80% hasta el 100% del total del cultivo (Chirinos et al., 2020) los cuales llegan a ser perjudiciales y limitan a la flora y fauna benéfica, la salud humana, la inocuidad de los alimentos, etc., generando un aumento en los costos de producción (Leng et al. 2011). debido a la problemática en el uso y manejo de insecticidas de origen químico herramientas para el control de plagas que han coadyuvado al uso de plaguicidas de origen químico y el uso de estos se reduzca considerablemente tales como el

uso productos a base de extractos botánicos que en diferentes casos documentados han llegado a mantener el nivel de daño de las plagas por debajo del umbral económico (Zepeda-Jazo, 2018; Rodríguez et al., 2014). La investigación de estas alternativas, ha conllevado a una exhaustiva búsqueda de componentes de una gran variedad de plantas con posible uso en el manejo de problemas fitosanitarios, adquiriendo importancia como auxiliares y/o alternativas al uso de plaguicidas sintéticos y con un menor impacto en el ambiente (Dietz et al., 1991). En el planeta existe una gran variedad de vegetales que han demostrado capacidad de causar un efecto sobre diferentes parámetros biológicos de los insectos, desde modificar su metabolismo, causar un efecto repelente e incluso ocasionar la muerte inmediata (Wachira et al., 2014). Dentro de las especies vegetales más conocidas y usadas, se encuentra el neem (*Azadirachta indica*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), piretro (*Tanacetum cinerariaefolium*), rotenona (*Lonchocarpus* sp), riania (*Ryania speciosa*), y la higuera (*Ricinus communis*) (Silva et al. 2002).

En la agricultura mexicana se ha observado que distintos cultivos llegan a ser afectados por una gran variedad de plagas alcanzando severos niveles de daño, en los que destaca el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) que es considerado como la principal plaga del cultivo de maíz, y que actualmente ocasiona inconvenientes importantes en diferentes regiones agrícolas de América, África y Asia, en donde la principal medida de eliminación es el control químico (González-Maldonado et al., 2015). Por otra parte, a nivel mundial uno de los principales problemas en salud pública es el causado por la enfermedad conocida como dengue, ocasionada por un arbovirus transmitido por *Aedes aegypti* L. (Diptera. Culicidae), organismo que se combate principalmente con el uso de productos químicos donde los más usados suelen ser de la familia de los piretroides y organofosforados, los cuales han generado resistencia en diversas poblaciones en México debido a su constante uso además de la problemática de contaminación del ambiente y de la salud humana por el uso de estos productos (Muñoz et al., 2006).

3.3 Materiales y Métodos

3.3.1 Recolección de material vegetal

Se recolectaron cinco especies de plantas arvenses (*Ricinus communis*, *Leonotis nepetifolia*, *Cuscuta campestris*, *Parthenium hysterophorus*, *Cosmos bipinnatus*) y una aromática (*Mentha spicata*) (Tabla 5). Las muestras vegetales fueron recolectadas en condiciones de luz solar a las 12:00 pm aproximadamente, que se obtuvieron de diferentes áreas del estado de Hidalgo y Estado de México. Se recolectó la parte aérea de la planta (tallo y hojas). El material fue sometido a un proceso de secado para lo cual fue extendido en papel periódico por un período de 4 días evitando la incidencia de luz solar directa a una temperatura de 35-38 °C, posteriormente, el material vegetal fue trasladado a una habitación con sombra y entrada de aire donde se mantuvo por 11 días más a una temperatura de 25-27 °C, un total de 15 días de secado para cada planta, al culminar, se llevó a laboratorio para poder procesar la extracción.

Cuadro 5. Descripción de especies vegetales recolectadas para evaluar su potencial insecticida.

Nombre Científico	Ubicación	Época del año	Flor	Parte
<i>C. campestris</i>	Pachuca, Hidalgo 20°08'10.8"N 98°43'24.9"W Altitud: 2673 m	Junio - Primavera	Si	Tallo
<i>R. communis</i>	Texcoco, Estado de México 19°31'01.3"N 98°50'35.6"W Altitud: 2275 metros	Julio - Verano	Si	Hoja
<i>P. hysterophorus</i>	Pachuca, Hidalgo 20°01'33.9"N 98°46'07.2"W Altitud: 2339 m	Mayo - Primavera	Si	Hoja
<i>M. spicata</i>	Texcoco, Estado de México 19°30'15.8"N 98°42'47.5"W Altitud: 2859 metros	Abril - Primavera	No	Hoja
<i>C. bipinnatus</i>	Mineral del Chico, Hidalgo 20°09'07.8"N 98°45'41.0"W Altitud: 2596 m	Mayo - Primavera	Si	Hoja y tallo
<i>L. nepetifolia</i>	Texcoco, Estado de México 19°31'18.0"N 98°49'21.8"W Altitud: 2433 metros	Mayo - Primavera	Si	Hoja y Tallo

3.3.2 Obtención de extractos

El material vegetal deshidratado fue triturado en un molino manual (Almet MOL-01 Acero, Giza products S.A. de C.V.), posteriormente se sometió a un proceso de pulverización en un mezclador (Oster BEST02-E01), y finalmente se tamizó (tamiz, JPLAB DN20MESHX, apertura 0.90 mm, 900 micras) para obtener partículas de menor tamaño. Del material obtenido de este proceso, 200 g de cada especie, de manera separada, fueron colocados en un matraz balón de boca esmerilada con capacidad de 2 L y se le adicionó 1 L de metanol 99.9% (CH_3OH); Se adaptó un refrigerante recto de 60 cm al matraz en forma de reflujo (Figura 7), la mezcla fue colocada en una parrilla de calentamiento (Fristaden SH-3 Joan-Lab) y la mezcla se llevó a punto de ebullición de metanol (aprox 60 °C) y se mantuvo a temperatura constante durante 90 minutos.

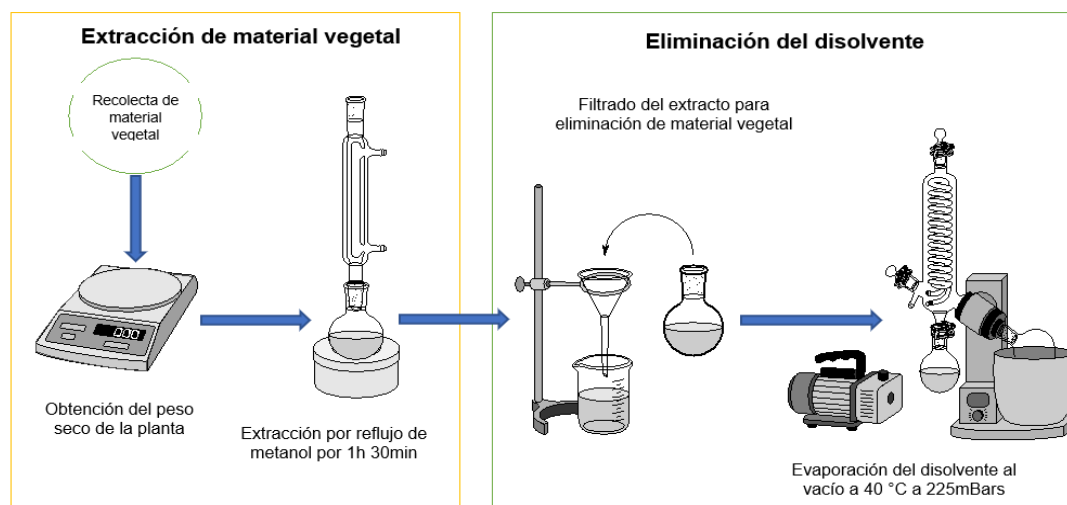


Figura 7. Esquema de metodología de extracción metanólica (Soxhlet)

Al culminar el tiempo de reflujo se dejó reposar y enfriar, después el contenido se filtró con ayuda de algodón de fibra de vidrio y un embudo para eliminar “basura mecánica”. La mezcla se concentró por medio de destilación a presión reducida con un rotavapor a 40 °C y 225 mBar, durante aproximadamente 20-30 minutos o hasta sequedad. El extracto obtenido se pesó y se determinó el rendimiento obtenido a partir de 200 g de material vegetal seco. El concentrado

se mantuvo en frascos de color ámbar de 200 ml a temperatura ambiente, evitando la incidencia de luz solar.

3.4 Bioensayo para *Spodoptera frugiperda*

3.4.1 Insectos

Se utilizaron insectos de una población de gusano cogollero que ha sido mantenida en condiciones de laboratorio por más de 10 años y que se encuentra libre de la presión de insecticidas, proporcionada por el Laboratorio de Toxicología de Insecticidas del Colegio de Postgraduados Campus Montecillos.

3.4.2 Acondicionamiento de extractos vegetales

En contenedores de plástico de 30 ml de capacidad de manera independiente se agregó 1 g de cada extracto vegetal, posteriormente se les agregó 50 µl de Tween® 80 como emulsificante, esta mezcla fue mezclada durante un minuto con un agitador de metal, posteriormente se agregaron 9 ml de agua destilada, se mantuvo en agitación con una barra de agitación magnética (PTFE, Perfk) por un período de 5 minutos, tiempo en el cual se obtenía una solución homogénea.

3.4.3 Bioensayo

Se utilizó el método de capa (Marcon et al. 1999), donde se utilizaron charolas para bioensayo (Bio-Assay Tray Bio-BA-128; C-D International, Incorporated®) colocando en cada cavidad 1 mL de dieta artificial para gusano cogollero (Fall Armyworm, Southland Products Incorporated®, Lake Village, AR). Una vez solidificada la dieta se agregaron 50 µL de los extractos a las cavidades, adicionalmente se añadieron dos controles que consistieron en la aplicación de agua destilada, y de agua destilada + Tween 80. Posteriormente se dejaron secar por un período de 2 h a temperatura ambiente.

Por cada tratamiento se realizaron cuatro repeticiones, cada repetición consistió en 16 larvas neonatas de *S. frugiperda* sin alimentar, las cuales se colocaron individualmente en las cavidades tratadas, posteriormente se cubrieron con

plástico auto adherible (Pull N' Peel Tab Bio-Cv-16; C-D International, Inc.). Las charolas fueron mantenidas en cámaras de cría a 27 ± 2 °C, $70 \pm 5\%$ humedad relativa, y fotoperiodo 16:8 (L:D). El experimento se repitió en dos ocasiones.

Siete días después de la exposición se evaluó la mortalidad y el peso promedio de larvas vivas. Se consideraron muertas aquellas larvas que no presentaban movimiento al ser tocada por un pincel. Las larvas vivas se pesaron juntas y se obtuvo el peso promedio de larva viva.

3.4.4 Análisis Estadístico

Previo al análisis estadístico los datos del porcentaje de mortalidad se trataron con la función arcoseno de la raíz cuadrada del porcentaje de respuesta/100. Mientras que el promedio de peso de larvas vivas se transformó a la función $\log_{10}(x+1)$. Posteriormente, se realizó un análisis de varianza, mediante el procedimiento PROC GLM y una prueba de comparación de medias (Tukey test, $P \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS, versión 9.4 (SAS Institute 2016). Con el promedio de peso de larvas vivas de cada tratamiento, se calculó el porcentaje de inhibición de peso respecto al control agua + Tween ® 80, con la formula siguiente:

$$\% \text{ Inhibición de peso} = 100 - \left[\frac{\text{Peso en el tratamiento}}{\text{Peso en el control}} \times 100 \right]$$

3.5 Bioensayo para *Aedes aegypti*

3.5.1 Insectos

Se utilizó la población New Orleans *A. aegypti*, mantenida bajo condiciones controladas a una temperatura de 27 ± 2 °C, humedad $70 \pm 5\%$ y fotoperiodo 12:12. Grupos de 500 huevos se depositaron en charolas de plástico conteniendo 3 L de agua de la llave. Las larvas se alimentaron cada 2 días con croquetas molidas para perro Dog Chow®.

3.5.2 Bioensayo

El efecto de los extractos vegetales sobre larvas de *A. aegypti* se determinó utilizando el bioensayo propuesto por la WHO (2005), donde grupos de 20 larvas de tercer instar tardío se colocaron en vasos de plástico que contenían 99 ml de agua destilada y se agregó un mL de cada concentración de extracto vegetal. Se evaluaron tres concentraciones de cada extracto: 1000, 100, y 10 mg/L. El porcentaje de mortalidad se determinó a las 96 horas. Se realizaron cuatro repeticiones. El experimento se repitió en dos ocasiones. Todos los insectos tratados fueron mantenidos bajo condiciones controladas a una temperatura de $27 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad $70 \pm 5\%$ y fotoperiodo 12:12. Los datos de mortalidad fueron sujetos a un análisis de varianza mediante el procedimiento PROC GLM y una prueba de comparación de medias (Tukey test, $P \leq 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS, versión 9.4 (SAS Institute 2016). Previamente el porcentaje de mortalidad se transformó a la función arcoseno de la raíz cuadrada del porcentaje de respuesta/100.

3.5.3 Toxicidad de *Leonotis nepetifolia* y *Cuscuta campestris*

Se utilizó el procedimiento descrito anteriormente. Se evaluaron nueve concentraciones diferentes del extracto de *Leonotis nepetifolia* y *Cuscuta campestris* sobre larvas de tercer instar tardío de *A. aegypti*, para cada concentración cuatro repeticiones fueron realizadas. El experimento fue repetido en dos ocasiones. En todos los casos, los individuos tratados se mantuvieron en condiciones controladas a $27 \pm 2^\circ\text{C}$, humedad relativa $70 \pm 5\%$ y foto fase 16:8 h luz: oscuridad. Los datos de mortalidad se sometieron a un análisis Probit mediante el procedimiento PROBIT (SAS Institute 2016), para determinar las concentraciones que causaron el 50 y 95% de mortalidad.

3.6 Exploración preliminar de compuestos presentes en los extractos con mayor potencial biológico

3.6.1 Resonancia Magnética Nuclear ^1H

Se utilizó un equipo de Resonancia Magnética Nuclear Bruker de 400 MHz, las muestras se disolvieron en cloroformo deuterado (CDCl_3), metanol deuterado (MeOD) y dimetilsulfoxido (DMSO-d_6), los espectros obtenidos se procesaron en el programa MestReNova 14.1 y se referenciaron con el disolvente de la muestra, la adquisición de los espectros fue únicamente de protón (^1H) con puntos de 30° y 16 scans.

3.6.2 Análisis por Cromatografía en Capa Fina

Se utilizaron placas cromatográficas de fase normal TLC Silica gel 60 F, Merck KGaA Germany y para el análisis cualitativo se prepararon los siguientes reactivos:

- Revelador de cloruro férrico 5% como revelante de compuestos fenólicos.
- Reactivo de Dragendorff: 8 g de nitrato de bismuto pentahidratado en 20 ml de ácido nítrico al 30 % con una solución de 27.2 g de yoduro de potasio en 50 ml de agua. Se deja en reposo por 24 horas, se decanta y se afora a 100 ml. Para determinar la presencia de Alcaloides
- Cloruro de cobalto al 3% de sal de cobalto y Ácido sulfúrico al 5% (revelante universal)
- Solución de Permanganato de potasio y Carbonato de sodio al 3% para determinación de terpenos.

Las placas se migraron con mezclas de disolventes hexano-AcOEt (1:1), hexano-AcOEt (1:3), CHCl_3 -MeOH (1:1) y CHCl_3 -MeOH (1:3), posteriormente se impregnaron con soluciones revelantes.

3.7 Resultados

3.7.1 Rendimiento de extracción

A partir de varios lotes de extracción se observó variación de rendimiento en las extracciones de las plantas de estudio en función del peso promedio obtenido tras retirar el metanol de cada extracto, donde se puede observar que en *C. campestris* (Figura 8) es de donde se obtienen mayor rendimiento (cuadro 6).

Cuadro 6. Rendimiento de extracción de cada planta

Planta	Rendimiento (%)
<i>Ricinus communis</i>	13.37 ± 0.4
<i>Cuscuta campestris</i>	22.97 ± 2.0
<i>Cosmos bipinnatus</i>	20.11 ± 0.6
<i>Leonotis nepetifolia</i>	14.97 ± 3.4
<i>Parthenium hysterophorus</i>	14.13 ± 0.5
<i>Mentha spicata</i>	12.24 ± 1.1

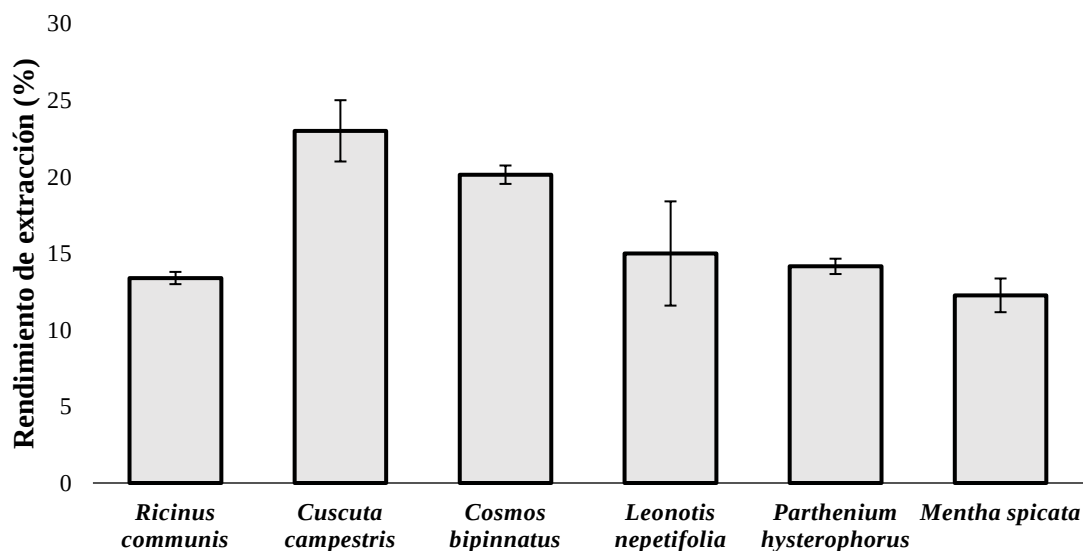


Figura 8. Peso promedio de extracción por extracto vegetal

3.7.2 Bioensayo en larvas de *Spodoptera frugiperda*

3.7.2.1 Mortalidad de larvas se *Spodoptera frugiperda*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre experimentos ($F_{1,63} = 3.10$, $P = 0.845$), por lo que, el análisis se realizó de manera combinada. A los 7 días después de la exposición de *Spodoptera frugiperda* a los extractos vegetales existieron diferencias significativas respecto a la mortalidad entre los tratamientos evaluados ($F_{7,63} = 4.88$, $P = 0.0003$) (Tabla 7), la prueba de comparación de medias separó cinco grupos. La mayor mortalidad se obtuvo con el extracto metanólico de *Parthenium hysterophorus*, seguido por los de *Cuscuta campestris* y *Cosmos bipinnatus* (Figura 9). El extracto a base de *Leonotis nepetifolia* presentó la menor mortalidad en larvas de *S. frugiperda*. En ambos experimentos la mortalidad en los tratamientos control a base de agua y agua + Tween® 80 fue menor de 5.2%.

Cuadro 7. Porcentaje de mortalidad en larvas de *S. frugiperda*

Tratamiento	Mortalidad (%)
Agua	5.2 ± 1.8 bc
Agua + Tween	4.9 ± 2.7 c
<i>Ricinus communis</i>	12.1 ± 1.7 abc
<i>Cuscuta campestris</i>	17.8 ± 1.4 ab
<i>Cosmos bipinnatus</i>	17.8 ± 3.1 ab
<i>Leonotis nepetifolia</i>	9.9 ± 1.1 abc
<i>Parthenium hysterophorus</i>	23.7 ± 4.5 a
<i>Mentha spicata</i>	16.7 ± 2.3 abc

* Medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$, Tukey test)

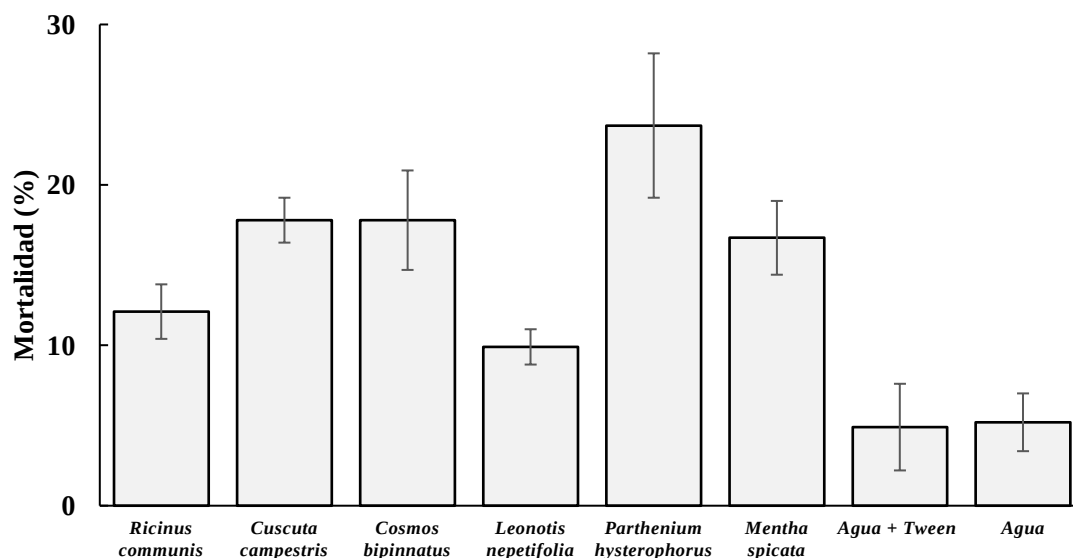


Figura 9. Porcentaje de mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* tratadas con extractos vegetales.

3.7.2.2 Reducción de peso de larvas se *Spodoptera frugiperda*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la variable peso promedio de larvas vivas entre experimentos ($F_{1,63} = 0.02$, $P = 0.8942$), por lo que, el análisis se realizó de manera combinada. A los 7 días después de la exposición de *Spodoptera frugiperda* a los extractos vegetales, existieron diferencias significativas respecto al peso promedio de larvas vivas entre los tratamientos evaluados ($F_{7,63} = 20.60$, $P = <0.0001$) (Tabla 8), la prueba de comparación de medias agrupó a los tratamientos en cuatro grupos. El menor peso fue obtenido en los tratamientos a base de *Cuscuta campestris* (19.8 ± 2.6 mg) y *Parthenium hysterophorus* (20.7 ± 3.3 mg), que se tradujo en un porcentaje de reducción de peso 66.4 y 64.9% respectivamente. Ambos extractos coinciden con los que indujeron la mayor mortalidad en larvas de *S. frugiperda*. Por su parte, las larvas tratadas con el extracto a base de *Leonotis nepetifolia* presentaron el mayor peso (Figura 10 y 11).

Cuadro 8. Peso promedio y porcentaje de reducción de peso de larvas vivas de *Spodoptera frugiperda* a 7 días después de la exposición de diferentes extractos vegetales.

Tratamiento	Peso (mg)	Reducción de peso (%)
Agua	68.7 ± 6.5 a	---
Agua + Tween	58.9 ± 3.2 a	---
<i>Ricinus communis</i>	29.4 ± 2.1 bc	50.1
<i>Cuscuta campestris</i>	19.8 ± 2.6 c	66.4
<i>Cosmos bipinnatus</i>	32.3 ± 1.2 b	45.2
<i>Leonotis nepetifolia</i>	35.5 ± 1.5 b	39.7
<i>Parthenium hysterophorus</i>	20.7 ± 3.3 c	64.9
<i>Mentha spicata</i>	29.0 ± 3.4 bc	50.8

* Medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$, Tukey test).

** El porcentaje de inhibición de peso se calculó tomando en consideración la mortalidad del testigo agua+Tween@80.

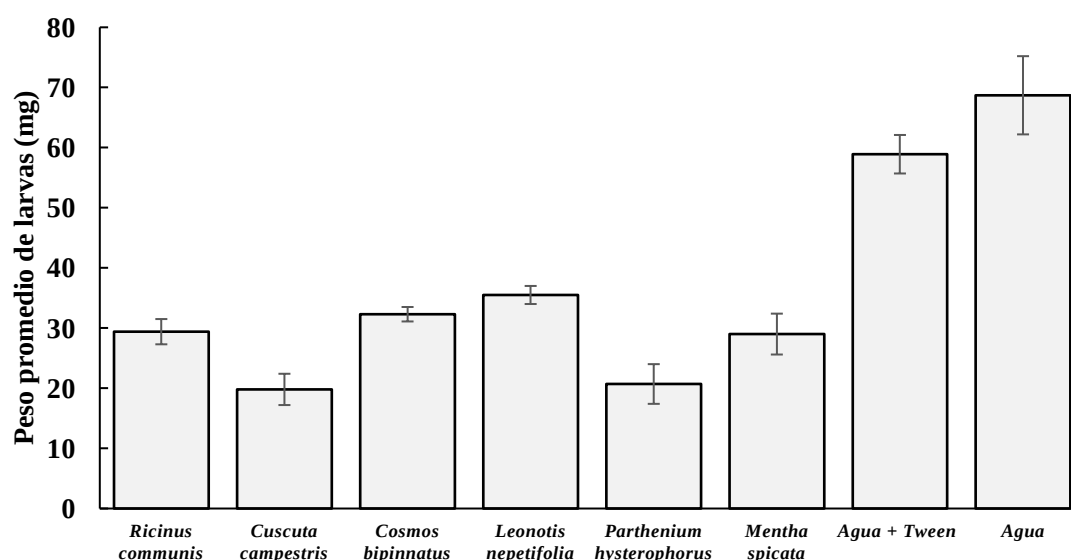


Figura 10. Peso promedio de larvas vivas de *Spodoptera frugiperda* a 7 días después de la exposición de diferentes extractos vegetales.

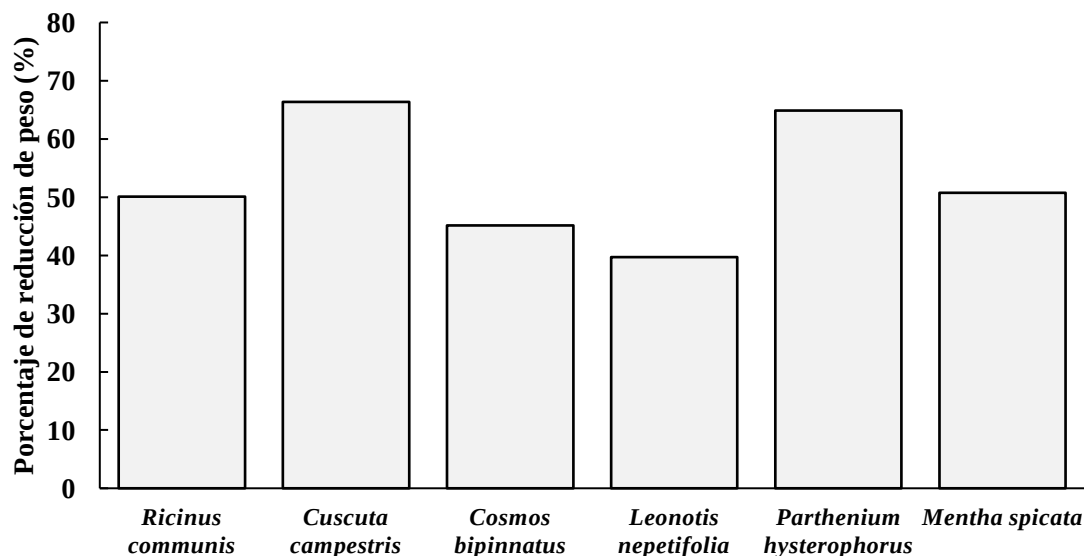


Figura 11. Porcentaje de reducción de peso de larvas vivas de *Spodoptera frugiperda* a 7 días después de la exposición de diferentes extractos vegetales.

3.7.3 Bioensayo con *Aedes aegypti*

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la mortalidad de larvas de *A. aegypti* entre experimentos ($F_{1,120} = 0.05$, $P = 0.8169$), por lo que, el análisis se realizó de manera combinada. A las 96 horas después de la exposición de larvas de tercer instar de *A. aegypti* a tres concentraciones de los extractos vegetales (1000, 100, y 10 mg/L), existieron diferencias significativas respecto en la mortalidad inducida ($F_{19,63} = 129.12$, $P = <0.0001$). Los controles sin la adición de extractos presentaron una mortalidad menor al 1%. Para mejor comprensión de los resultados obtenidos estos se presentan en relación a la dosis aplicada, que se detallan a continuación

3.7.3.1 Mortalidad a 1000 mg/L

A una concentración de 1000 mg/L todos los extractos mostraron la mayor mortalidad sobre larvas de *A. aegypti*. Este efecto fue variable entre extractos, donde el extracto a base de *Leonotis nepetifolia* presentó la mayor mortalidad del 96.6%, seguido por el extracto de *Cuscuta campestris* con una mortalidad del 66.4% (Tabla 9). Posteriormente el grupo que presentó una mortalidad alrededor

del 50% fueron los tratamientos con *Mentha spicata* (57.3%) y *Ricinus communis* (49.3%) (Figura 12).

Cuadro 9. Porcentaje de mortalidad de *Aedes aegypti* a las 96 h después de la exposición a una concentración de 1000 mg/L de diferentes extractos vegetales.

Tratamiento	Mortalidad
Agua	0.1 ± 0.6 f
Agua + Tween	0.0 ± 0.0 f
<i>Ricinus communis</i>	49.3 ± 4.8 bc
<i>Cuscuta campestris</i>	66.4 ± 2.6 b
<i>Cosmos bipinnatus</i>	12.1 ± 2.8 d
<i>Leonotis nepetifolia</i>	96.6 ± 2.0 a
<i>Parthenium hysterophorus</i>	45.6 ± 3.6 c
<i>Mentha spicata</i>	57.3 ± 5.4 bc

* Medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$, Tukey test).

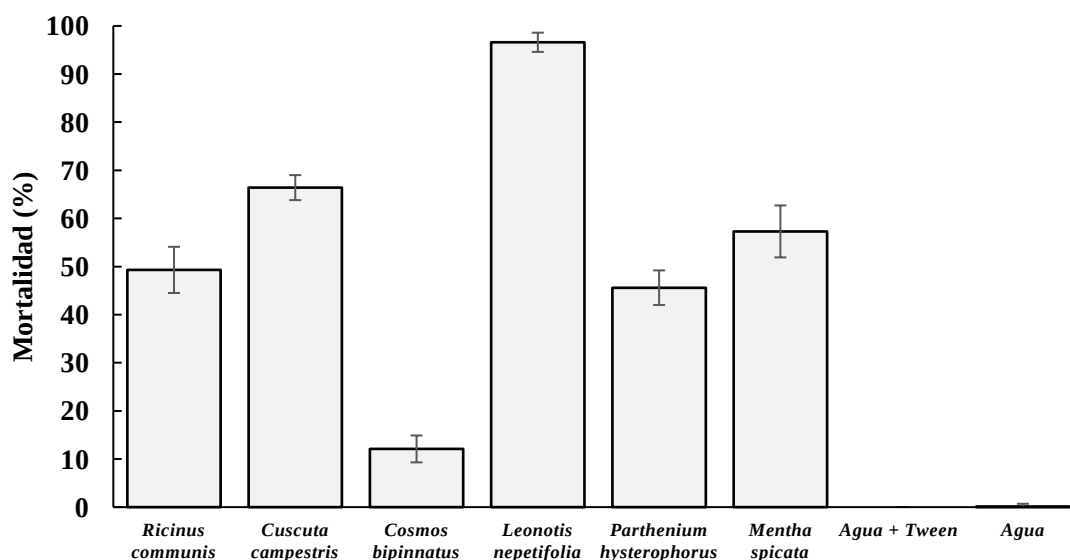


Figura 12. Porcentaje de mortalidad de *Aedes aegypti* a las 96 h después de la exposición a una concentración de 1000 mg/L de diferentes extractos vegetales.

3.7.3.2 Mortalidad a 100 mg/L

A una concentración de 100 mg/L existió una reducción de la mortalidad sobre larvas de *A. aegypti*. El extracto a base de *Cuscuta campestris* presentó una mortalidad mayor al 50% (Figura 13), mientras que los demás tratamientos presentaron mortalidades menores al 9.5% (Tabla 10). Es importante mencionar

que el extracto de *Leonotis nepetifolia* no presentó un efecto sobre larvas a la concentración de 100 mg/L.

Cuadro 10. Porcentaje de mortalidad de *Aedes aegypti* a las 96 h después de la exposición a una concentración de 100 mg/L de diferentes extractos vegetales.

Tratamiento	Mortalidad
Agua	0.1 ± 0.6 f
Agua + Tween	0.0 ± 0.0 f
<i>Ricinus communis</i>	8.5 ± 1.3 de
<i>Cuscuta campestris</i>	54.5 ± 3.8 bc
<i>Cosmos bipinnatus</i>	1.8 ± 1.8 ef
<i>Leonotis nepetifolia</i>	0.1 ± 0.1 f
<i>Parthenium hysterophorus</i>	0.7 ± 0.7 f
<i>Mentha spicata</i>	9.5 ± 1.6 de

* Medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$, Tukey test).

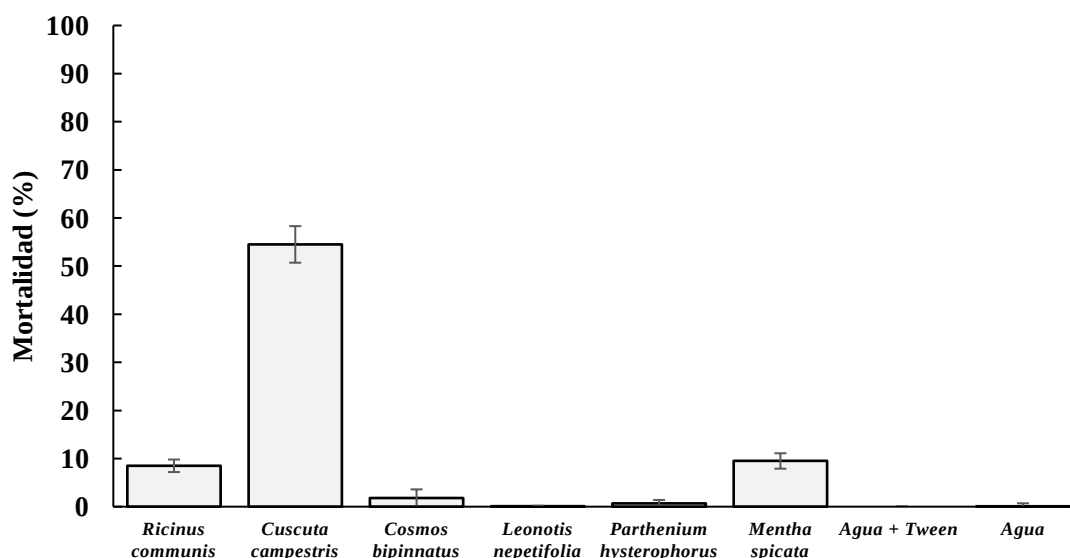


Figura 13. Porcentaje de mortalidad de *Aedes aegypti* a las 96 h después de la exposición a una concentración de 100 mg/L de diferentes extractos vegetales.

3.7.3.3 Mortalidad a 10 mg/L

No se presentó actividad insecticida a 10 mg/L de los extractos vegetales sobre larvas de tercer instar de *A. aegypti* (Cuadro 11), a excepción del tratamiento con extracto de *Cuscuta campestris* donde indujo una mortalidad del 7.7% (Figura 14).

Cuadro 11. Porcentaje de mortalidad de *Aedes aegypti* a las 96 h después de la exposición a una concentración de 10 mg/L de diferentes extractos vegetales.

Tratamiento	Mortalidad
Agua	0.1 ± 0.6 f
Agua + Tween	0.0 ± 0.0 f
<i>Ricinus communis</i>	0.3 ± 0.8 f
<i>Cuscuta campestris</i>	7.7 ± 1.6 de
<i>Cosmos bipinnatus</i>	0.1 ± 0.6 f
<i>Leonotis nepetifolia</i>	0.0 ± 0.0 f
<i>Parthenium hysterophorus</i>	0.0 ± 0.0 f
<i>Mentha spicata</i>	0.0 ± 0.0 f

* Medias en la misma columna seguidas por la misma letra no son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$, Tukey test).

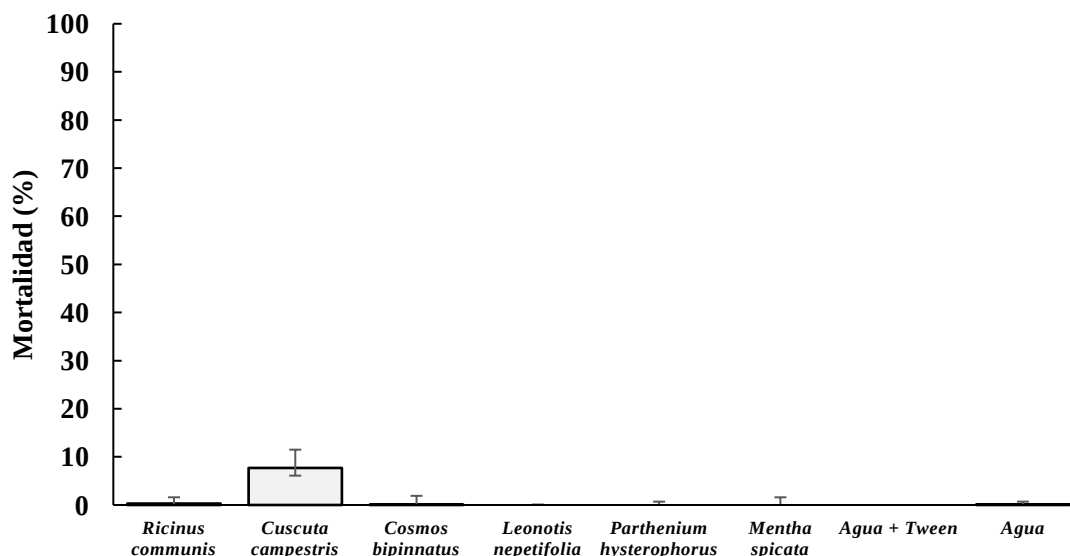


Figura 14. Porcentaje de mortalidad de *Aedes aegypti* a las 96 h después de la exposición a una concentración de 10 mg/L de diferentes extractos vegetales.

3.7.4 Toxicidad de *Leonotis nepetifolia* sobre larvas de *A. aegypti*

Se encontró que el extracto de *Leonotis nepetifolia* comienza a ser bioactivo a una concentración de 320 mg/L mostrando 3.2% de mortalidad. La CL_{50} a las 96 horas de exposición fue de 602.8 mg/L, mientras que la CL_{95} fue de 1155 mg/L. A medida que aumenta el tiempo de exposición disminuye la CL_{50} (Tabla 12).

Cuadro 12. Concentración letal 50 y 95 del extracto *Leonotis nepetifolia* a 96, 72, y 48 horas después de la exposición.

Tiempo	n*	DF*	Pendiente ± SE	LC ₅₀ (FL)*	LC ₉₅ (FL)*
96 horas	1280	6	5.82±1.50	602.8 (457.9 – 884.6)	1155 (816.7 – 4335)
72 horas	1280	4	5.29±0.30	662.5 (633.7 – 694.8)	1355 (1233 – 1523)
48 horas	1280	4	3.97±0.29	891.4 (829.7 – 972.6)	2311 (1938 – 2921)

* n = número de larvas tratadas; DF = Grados de libertad; SE = Error estándar; LC = Concentración Letal = mg/L; FL = Limite de confianza at 95%.

3.7.5 Toxicidad de *Cuscuta campestris* sobre larvas de *A. aegypti*

Se encontró que el extracto de *Cuscuta campestris* comienza a ser bioactivo a una concentración de 10 mg/L mostrando 7.5% de mortalidad. La CL₅₀ a las 96 horas de exposición fue de 249.1 mg/L, mientras que la CL₉₅ fue de 15284 mg/L. A medida que aumenta el tiempo de exposición disminuye la CL₅₀ (Tabla 13).

Cuadro 13. Concentración letal 50 y 95 del extracto *Cuscuta campestris* a 96, 72, y 48 horas después de la exposición.

Tiempo	n*	DF*	Pendiente ± SE	LC ₅₀ (FL)*	LC ₉₅ (FL)*
96 horas	840	5	0.92±0.14	249.1 (112.2 – 536.2)	15284 (4061 – 298951)
72 horas	1280	5	0.79±0.14	338.2 (139.4 – 907.6)	39282 (7027 – 3658062)
48 horas	1280	5	0.68±0.11	806.8 (369.3 – 2830)	210831 (25317 – 47982466)

* n = número de larvas tratadas; DF = Grados de libertad; SE = Error estándar; LC = Concentración Letal = mg/L; FL = Limite de confianza at 95%.

3.7.6 Análisis Cromatográfico y de Resonancia Magnética Nuclear de extractos

3.7.6.1 Análisis del extracto de *Cuscuta campestris*

En el análisis cualitativo por cromatografía en capa fina de fase normal, eluida con el sistema metanol-cloroformo (1:1) y revelado con soluciones indicadoras de familias de compuestos arrojó del extracto de *Cuscuta campestris* (Figura 15) los siguientes resultados: En la placa 1 revelada con CoCl_2 3% y H_2SO_4 5% y calor se observaron bandas que se tiñen de color amarillo cercanas al punto de aplicación ($r_f = 0.494$), estos resultados sugieren que los compuesto presentes en este extracto son de alta polaridad además que su color es indicativo de compuestos de naturaleza aromática o fenólica; debido a estos resultados se procedió al análisis cualitativo de compuestos fenólicos con la solución de FeCl_3 al 5% donde en la placa 2 se observaron bandas de color azul marino características de compuestos fenólicos ($r_f = 0.494$) las cuales tienen el mismo r_f de las placa 1, incluso los metabolitos en el punto de aplicación también se revelaron con el indicador concluyendo que se trata de compuestos de naturaleza fenólica u aromática de alta polaridad probablemente por la presencia de múltiples grupo OH o derivados con azúcares (glicósidos). Basados en la existencia de compuesto polares en el extracto de *Cuscuta campestris* se procedió al análisis cualitativo de alcaloides por medio de la solución indicadora de Dragendorff, en la placa 3 demuestra que el extracto es negativo al test de alcaloides. Para confirmar los resultados obtenidos por análisis cualitativo por cromatografía en placa fina se realizó un experimento de resonancia magnética nuclear de hidrógeno (^1H) del extracto de *Cuscuta campestris* en metanol deuterado (figura 16) se observaron señales con desplazamientos típicos de azúcares $\delta = 3 - 4.5$ ppm y compuestos fenólicos $\delta = 6.5 - 8$ ppm principalmente; un dato importante en el espectro fue la proporción del tamaño de las señales ya que la cantidad de señales de hidrógenos de compuestos aromáticos es aproximadamente la mitad de los hidrógenos de azúcares según el análisis de integrales, haciendo de este un extracto rico en sustancias aromáticas.

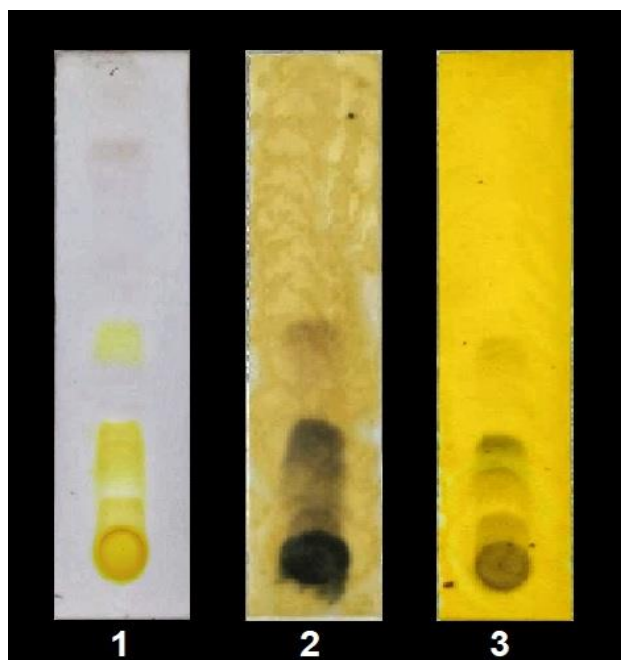


Figura 15. Cromatografía en capa fina del extracto metanólico de *Cuscuta campestris*. 1) Compuestos polares. 2) Positivo a compuestos fenólicos. 3) Negativo a alcaloides

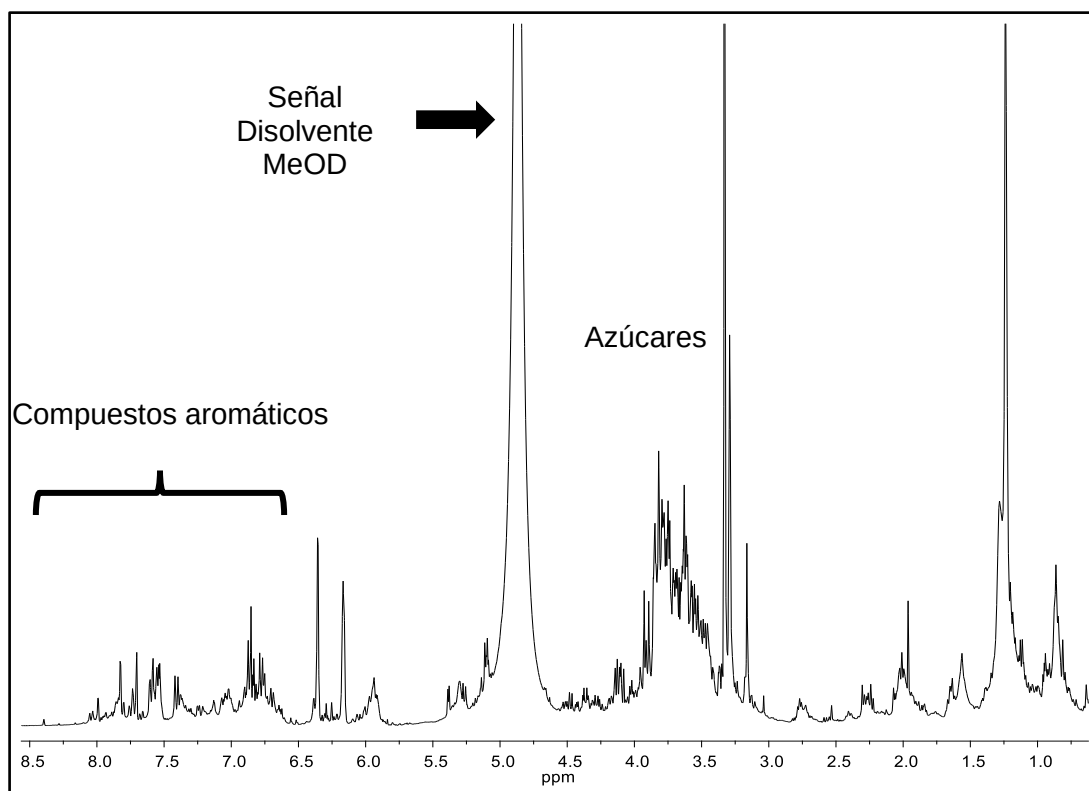


Figura 16. Espectro de RMN de ^1H a 400 MHz del extracto metanólico de *Cuscuta campestris* en MeOD

3.7.6.2 Análisis del extracto de *Parthenium hysterophorus*

En el análisis cualitativo por cromatografía en capa fina de fase normal, eluida con el sistema hexano-acetato de etilo (1:1) y revelado con soluciones indicadoras de familias de compuestos arrojó del extracto de *Parthenium hysterophorus* (Figura 17) los siguientes resultados: En la placa 1 revelada con CoCl_2 3% y H_2SO_4 5% y calor se observaron bandas que se tiñen de diferentes colores (Café, azul, amarillo, rojo) lo bastante alejados del punto de aplicación ($r_f = 0.942$), estos resultados sugieren que los compuesto presentes en este extracto son de baja polaridad además que su color es indicativo de compuestos orgánicos y alcaloide; debido a estos resultados se procedió al análisis cualitativo de terpenos con la solución de KMnO_4 y Na_2CO_3 al 3% donde en la placa 2 se observaron bandas de color café dando positivo a terpenos ($r_f = 1$) las cuales tienen un r_f similar al de la placa 1. Basados en la existencia de compuesto de baja polaridad en el extracto de *Parthenium hysterophorus* se procedió al análisis cualitativo de alcaloides por medio de la solución indicadora de Dragendorff, en la placa 3 demuestra que el extracto es positivo al test de alcaloides mostrado con una banda de color rojo en el punto de aplicación ($r_f = 0.05$).

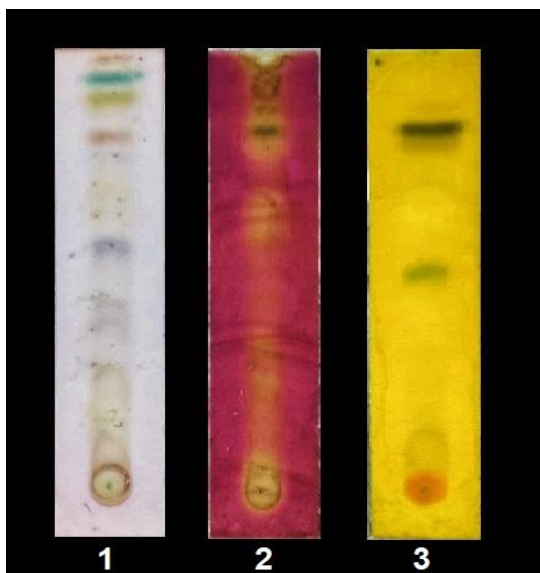


Figura 17. Cromatografía de *Parthenium hysterophorus*. 1) Compuestos de baja polaridad. 2) Positivo a terpenos. 3) Positivo a alcaloides

De igual manera, se realizó un experimento de resonancia magnética nuclear de hidrógeno (^1H) del extracto de *Parthenium hysterophorus* en dimetilsulfóxido (figura 18), esto con la finalidad de corroborar los resultados obtenidos en el análisis de cromatografía de capa fina donde se obtuvieron las siguientes: Se observaron señales con desplazamientos típicos de azúcares ($\delta = 3 - 4.5$ ppm) y una pequeña traza de compuestos aromáticos ($\delta = 7 - 8$ ppm) especialmente. Se observaron semejanzas con terpenos con picos sencillos debido a que estos recorren el espectro ($\delta = 1 - 8$ ppm). También se devela la presencia de alcaloides debido a la presencia de picos triples y en ocasiones cuádruples ($\delta = 2 - 9$ ppm); un dato importante en el espectro fue la proporción del tamaño de las señales ya que la cantidad de señales de hidrógenos de compuestos aromáticos es inferior a los hidrógenos de azúcares destacando que la presencia de otros compuestos como alcaloides o terpenos son los causantes de posibles actividades insecticidas.

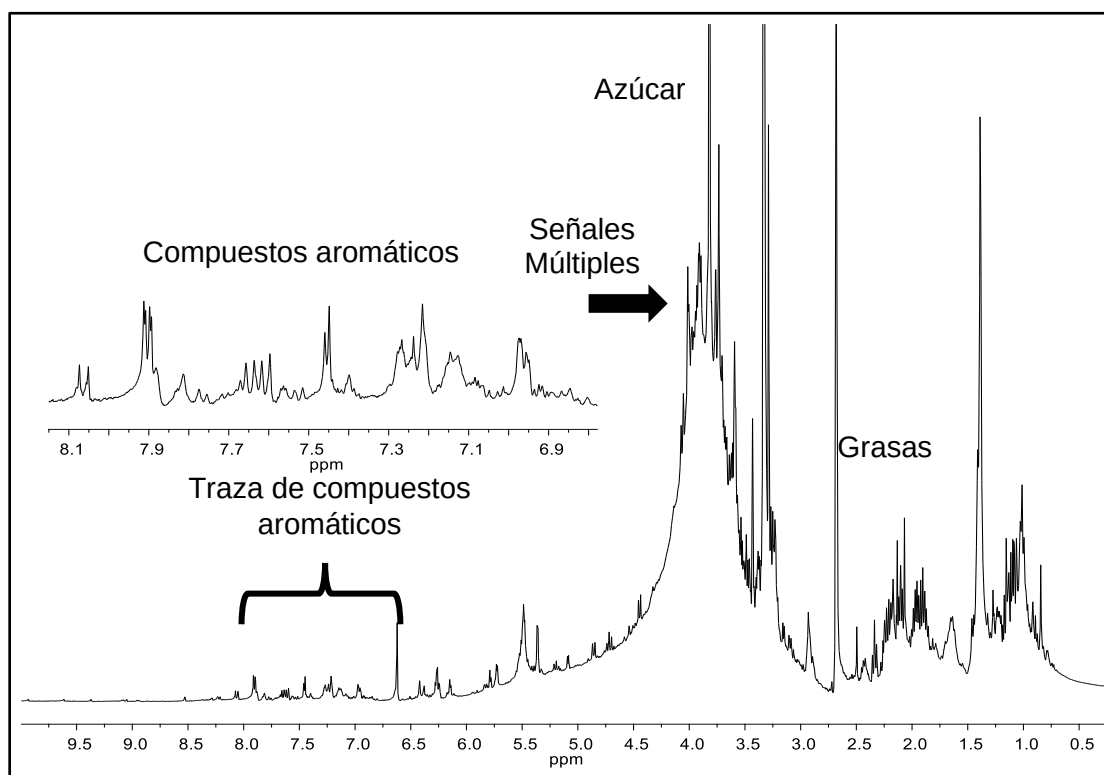


Figura 18. Espectro de RMN de ^1H a 400 MHz del extracto metanólico de extracto de *Parthenium hysterophorus* en DMSO - D_6

3.7.6.3 Análisis del extracto de *Leonotis nepetifolia*

En el análisis cualitativo por cromatografía en capa fina de fase normal, eluida con el sistema hexano-acetato de etilo (1:1) y revelado con soluciones indicadoras de familias de compuestos arrojó del extracto de *Leonotis nepetifolia* (Figura 19) los siguientes resultados: En la placa 1 revelada con CoCl_2 3% y H_2SO_4 5% y calor se observaron bandas que se tiñen de diferentes colores (Café, azul, amarillo, rojo) a lo largo de toda la placa ($r_f = 0.888$), estos resultados sugieren que los compuestos presentes en este extracto son de baja y alta polaridad además que su color es indicativo de compuestos orgánicos y aromáticos; debido a estos resultados se procedió al análisis cualitativo de compuestos fenólicos con la solución de FeCl_3 al 5% donde se observó en la placa 2 bandas de color café dando positivo a compuestos fenólicos ($r_f = 0.944$). Basados en la existencia de compuesto de dos tipos de polaridades en el extracto de *Leonotis nepetifolia* se procedió al análisis cualitativo de alcaloides por medio de la solución indicadora de Dragendorff, en la placa 3 demuestra que el extracto es negativo al test de alcaloides.

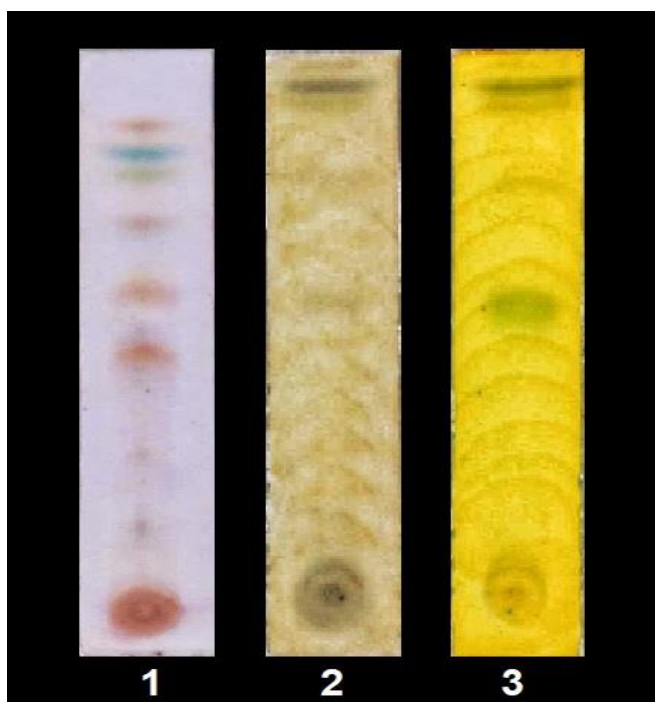


Figura 19. Cromatografía de *Leonotis nepetifolia*. 1) Compuestos de baja y alta polaridad. 2) Positivo a compuestos fenólicos. 3) Negativo para alcaloides

Asimismo, se realizó un experimento de resonancia magnética nuclear de hidrógeno (^1H) del extracto de *Leonotis nepetifolia* en Dimetilsulfoxido (figura 20), esto con la finalidad de validar los resultados del análisis de cromatografía de capa fina donde se obtuvieron las siguientes: Se observaron señales con desplazamientos típicos de azúcares ($\delta = 3 - 4$ ppm) y una pequeña traza de compuestos aromáticos con señales débiles ($\delta = 6.5 - 7.7$ ppm) se pudo observar que son compuestos fenólicos de tipo flavonoide debido al patrón que se observó en los picos ya que estos suelen ser sencillos y distribuidos en parte del espectro en especial donde se sitúan los compuestos aromáticos, por otra parte, no se observan señales que denoten la presencia de alcaloides, además un dato importante en el espectro fue la proporción del tamaño de las señales ya que la cantidad de señales de hidrógenos de compuestos aromáticos parece ser una mínima cantidad en comparación con otros compuestos encontrados como en el caso de azúcares.

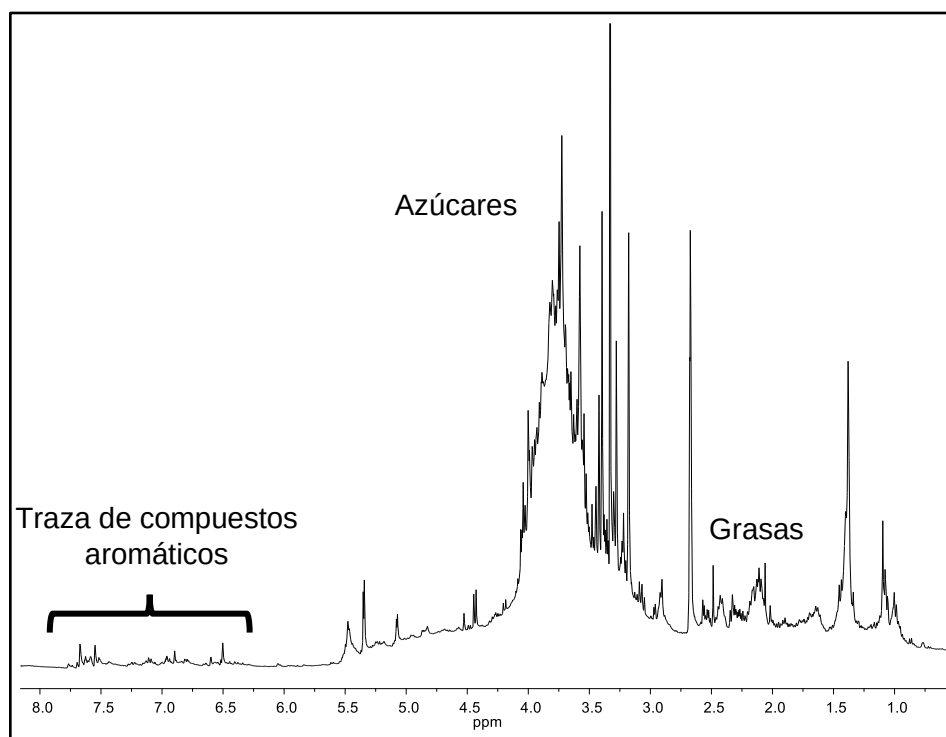


Figura 20. Espectro de RMN de ^1H a 400 MHz del extracto metanólico de extracto de *Leonotis nepetifolia* en DMSO -D6

3.8 Discusión

Las características que deben considerarse para demostrar que un extracto puede ser funcional contra ciertas plagas son el rendimiento que se genera tras la extracción y el efecto que este llegue a causar en los organismos a evaluar. Los resultados de rendimiento de extracción demostraron que el extracto de *Cuscuta campestris* es el que generó el porcentaje más alto, por lo cual puede ser considerado como un extracto que es fácil de conseguir, está disponible en diversos lugares además se puede obtener una buena cantidad de extracto al utilizar una cantidad considerable de material vegetal seco.

En cuanto a la funcionalidad de los extractos, en este trabajo se esperó que cada uno de los extractos evaluados generaran algún tipo de efecto sobre los organismos experimentales ya que de acuerdo a los antecedentes de estas plantas pueden generar cierto grado de mortalidad, efecto antialimentario e incluso causar modificaciones en su organismo. Estos extractos han sido puestos a prueba con distintos organismos insectiles pero que han demostrado que la eficiencia podría ser igual o mayor si es puesto a prueba en distintas plagas. Al ser puestos a prueba los extractos metanólicos de *Ricinus communis*, *Leonotis nepetifolia*, *Cuscuta campestris*, *Parthenium hysterophorus*, *Cosmos bipinnatus* y *Mentha spicata* se esperó que cada uno de los extractos pudiera generar un porcentaje de mortalidad adecuado para el manejo de *Aedes aegypti* y *Spodoptera frugiperda* pero los resultados demostraron que solo 3 de estos extractos (*Leonotis nepetifolia*, *Cuscuta campestris* y *Parthenium hysterophorus*) pudieron generar un efecto antialimentario y mortalidad en larvas de mosquito y gusano cogollero. Los resultados obtenidos demostraron variación en la respuesta de *Spodoptera frugiperda* y *Aedes aegypti* a diferentes extractos vegetales así como una variación en la mortalidad inducida en cada especie evaluada.

Para *Spodoptera frugiperda* se obtuvieron niveles de mortalidad menores al 23.7% siendo el extracto de *Parthenium hysterophorus* el que demostró el mayor efecto de mortalidad de los 6 extractos evaluados, estos resultados son

contrastantes con lo obtenido por Villate-Gómez et al. (2006), que reportan mortalidades del 100% en larvas de tercer instar de *S. frugiperda* tratadas con extractos acuosos de raíz, tallo, y flores de *P. hysterothorus* esta variación de efecto biológico probablemente está relacionado al método de extracción ya que mediante el tipo de disolvente utilizado en la extracción se puede obtener distintas polaridades químicas ocasionando una variación en la mortalidad (Kumar et al. 2012; Shivakumar et al. 2013) por lo tanto, los extractos acuosos no extraen el mismo tipo y cantidad de metabolitos por extracción a reflujo. Por otro lado, el análisis fitoquímico de *P. hysterothorus* mostró la posible presencia de terpenos y flavonoides este tipo de familia de compuestos están relacionados con el efecto antialimentario ya que se ha demostrado que esta planta contiene grandes cantidades de germacreno, partenina, alantolactona e isolantolactona como metabolitos secundarios (De Miranda et al., 2014). Por otra parte, se ha demostrado que el uso de estos compuestos en contra de otros organismos del orden Lepidóptera pueden llegar a producir grandes mortalidades lo cual puede hacer mención de que dichos compuestos puedan estar especializados en distintos organismos o incluso que estos organismos pueden metabolizar estos compuestos de manera natural y así no ser afectados (Ebadollahi et al., 2010; Kaur et al., 2016) por lo tanto, se consideró que el extracto de *Parthenium hysterothorus* al presentar terpenos pudieron generar un efecto antialimentario y al observarse la presencia de alcaloides, se pudo generar la respuesta de mortalidad al entrar en contacto la larva de gusano cogollero con el extracto ya que se puede asegurar que la presencia de estos compuestos generan mortalidades superiores al 80% en distintos insectos (Tesfu et al., 2013; Ali et al., 2018). Al observarse compuestos de baja polaridad se puede inferir que el efecto antialimentario es debido a lactonas sesquiterpénicas y probablemente el compuesto que genere mortalidades altas con este extracto puede ser un compuesto de una polaridad alta (Viegas-Junior, 2003).

Regularmente el parámetro ideal en la búsqueda de herramientas para el manejo de plagas es la mortalidad aguda, sin embargo, existen otras cualidades de los extractos vegetales que pueden ser aprovechadas en el manejo de plagas, como

el efecto repelente, disminución de la fecundidad y reproducción, disminución de la alimentación, entre otros (Isman, 2006). A pesar de la baja mortalidad obtenida sobre *S. frugiperda*, los extractos evaluados mostraron una inhibición del peso a los 7 días de exposición, el cual atribuimos a un efecto antialimentario, los dos extractos que indujeron la mayor inhibición de peso fueron aquellos a base de *P. hystrophorus* y *Cuscuta campestris*. En el caso de *Cuscuta campestris*, en el análisis fitoquímico demostró que esta planta tiene abundante cantidad de compuestos fenólicos, siendo estos en su mayoría metabolitos secundarios de tipo “flavonoles y/o flavonas” como quercetina, hiperosido, kaempferol, miricetina, entre otros (Ahmad et al., 2017). Otros estudios dedicados a evaluar el comportamiento alimentario de *Spodoptera frugiperda* (Murillo et al., 2014) demostraron que los compuestos de tipo flavonoide están fuertemente relacionados con la selección de alimento por parte de insectos del orden Lepidoptera, debido a que estos organismos presentan receptores de potencial transitorios siendo un grupo de canales iónicos importantes en todas las modalidades sensoriales donde se han demostrado que estos receptores son generadores de la respuesta de inhibición de la alimentación, por lo tanto son detectores de compuestos no gratos para el organismo de entre los cuales se encuentran los compuestos fenólicos (Carroll et al., 2006; Xu, 2020). Por otra parte, el estudio de algunos flavonoides como en el caso de la quercetina ha demostrado ser un gran aliado para un correcto manejo integrado de plagas debido a que al ser aplicado en larvas de otros lepidópteros como *Helicoverpa armígera* ha demostrado ser un inhibidor de alimentación lo cual se ve expresado en el peso de las larvas (Chen et al., 2018), por lo tanto se puede atribuir dicho efecto sobre las larvas de *Spodoptera frugiperda* debido a la presencia de flavonoides en el extracto de *Cuscuta campestris*. Además, estos extractos se catalogan como candidatos para estudios posteriores, sobre el efecto antialimentario que puedan inducir sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*, por otra parte el estudio del comportamiento de los extractos vegetales contra gusano cogollero han demostrado que los compuestos de la familia de los terpenos generan un efecto doble; es decir se produce una inhibición del crecimiento

debido a que dichos compuestos interfieren con los receptores de ecdisona (hormona de crecimiento) en larvas de *Spodoptera frugiperda* lo cual genera un retraso en el crecimiento y la mortalidad del organismo, asimismo el organismo blanco es capaz de detectar la presencia de estos compuestos mediante receptores químicos y es capaz de evitarlos causando el efecto antialimentario (Romo-Asunción et al., 2016; Rodríguez, 2003).

El efecto de los extractos vegetales obtenidos sobre larvas de tercer instar de *Aedes aegypti* fue contrastante a lo mostrado sobre larvas de *S. frugiperda*, lo que hace suponer que los compuestos obtenidos provocan una respuesta diferente en la especie objetivo, razón por la cual los hace atractivos, ya que muestran un nivel de especificidad que nos puede aportar en reducir el impacto que pueden tener estos extractos al aplicarse en extensiones amplias sobre organismos no blanco. El extracto de *Leonotis nepetifolia* presentó la mayor mortalidad (96.6%) a una concentración de 1000 mg/L sobre larvas de tercer instar de *A. aegypti*, pero esta actividad disminuyó considerablemente cuando se aplicó una dosis de 100 mg/L ya que solo se observó tan solo el 0.1% de mortalidad, el experimento de toxicidad indica que dosis superiores a 420 mg/L inducen mortalidad a las 48 horas de exposición, y para las 96 horas se encontró una CL₅₀ de 602.8 mg/L y una CL₉₅ de 1155 mg/L. Por su parte, el extracto metanólico de *Cuscuta campestris* a concentraciones de 1000 y 100 mg/L indujo una mortalidad de 66.4 y 54.5% respectivamente, colocándolo como un extracto prometedor en el control de larvas de *A. aegypti*. Resultados similares fueron obtenidos por Bhan et al. (2015) donde el extracto metanólico de *C. reflexa* mostró efecto insecticida sobre larvas de los mosquitos *Anopheles* sp. y *Culex* sp. a las 72 horas de exposición.

El efecto de *Leonotis nepetifolia* puede ser atribuido a la presencia de compuestos fenólicos de tipo flavonas y/o flavonoles. Algunos estudios fitoquímicos han demostrado que esta planta contiene metabolitos secundarios que presentan distinta actividad biológica, atribuyendo este resultado a los flavonoles como: luteolina, apigenina y cirsiol, presentes como metabolitos

secundarios en la planta de *L. nepetifolia* (De Oliveira et al., 2019). Además se ha demostrado la actividad insecticida de diferentes extractos contra *Aedes aegypti* destacando que estas plantas contienen el compuesto luteonina que es capaz de generar mortalidades del 100% en larvas de 1er instar de *Aedes aegypti*, así mismo, la quercetina (compuesto encontrado en *C. campestris*) también puede ayudar para el control de estos insectos, ya que al ser combinado con distintos insecticidas químicos provocan un efecto sinérgico y logra hacer una reducción significativa en las poblaciones de *Aedes aegypti* (Al-Massarani et al., 2019; Duangkaew et al., 2018). Ambos extractos al presentar compuestos aromáticos de tipo flavonoide, pueden presentar dos diferentes mecanismos de acción, de los cuales ponen a disposición el compuesto del extracto hacia los organismos blancos en este caso las larvas de mosquito. El primer mecanismo de acción es mediante la alimentación por filtración ya que se ha demostrado que las larvas de *Aedes aegypti* no son capaces de seleccionar su alimento y entra libremente a su sistema por lo cual, al ingresar el compuesto flavonoide a su sistema digestivo, puede provocar una intoxicación generando la muerte (Macêdo et al., 1997). Por otra parte, estos metabolitos secundarios pueden ponerse en contacto con las larvas al simpatizar con el medio acuático de manera que, mediante la cutícula, el metabolito puede ponerse en contacto con el sitio de acción, puede bloquear los sitios enzimáticos, afectar el sistema nervioso central e incluso el sistema respiratorio como consecuencia de la penetración del metabolito secundario al organismo (Alvarez-Londoño et al., 2013; Pérez & Lannacone, 2004).

Los resultados de los experimentos de búsqueda de extractos metanólicos con propiedades insecticidas, demostraron que *Parthenium hysterophorus* y *Cuscuta campestris* contienen componentes que presentan actividad anti alimentaria sobre *Spodoptera frugiperda*, mientras que los extractos de *Leonotis nepetifolia* y *Cuscuta campestris* presentaron actividad insecticida sobre larvas de tercer instar de *Aedes aegypti*. Con base a los efectos obtenidos de los diferentes extractos metanólicos con mayor actividad biológica, se puede inferir que a corto plazo el uso de extractos botánicos en la agricultura puede ser un método que de

manera coordinada y conjunta con otras tácticas de control pueden contribuir a un excelente manejo de plagas, además, el uso en combinación con distintos agroquímicos sintéticos parece ser un método que actualmente está mitigando el uso de productos que pueden ser perjudiciales para el ambiente inclusive para el ser humano (Cantrell et al., 2012), además de promover la rotación de agroquímicos con distinto modo de acción previniendo el desarrollo de resistencia de las plagas a los productos sintéticos y que de esa manera se dificulte el manejo de estas.

Otro punto importante a considerar es de la elección del extracto a utilizar en contra de los organismos de estudio donde el rendimiento de extracción, la abundancia de la planta y la facilidad de recolección son puntos importantes a considerar para la elección de la planta de la cual se obtendrá el extracto. En este caso *Cuscuta campestris*, *Parthenium hysterophorus* y *Leonotis nepetifolia* fueron las plantas que presentaron estas características ya que son fáciles de obtener, se pueden encontrar en zonas urbanas y rurales, y fueron las tres plantas que obtuvieron el mejor rendimiento de extracción respectivamente siendo así extractos con potencial de uso como productos biorracionales contra *Spodoptera frugiperda* y *Aedes aegypti* además el trabajar con la parte aérea de estas plantas genera distintos beneficios que conllevan a una producción sostenible ya que al utilizar la parte aérea, no se ve comprometida la vida del organismo vegetal, ya que este puede regenerarse y seguir produciendo más hojas y demás órganos vegetales, lo cual nos lleva a la baja posibilidad de afectar los recursos naturales y no se vea comprometida la disponibilidad de estos a generaciones futuras.

Estudios posteriores deberán ser conducidos para determinar que otros organismos vegetales, métodos de extracción, fracciones o grupos activos presentan esta actividad.

3.9 Conclusiones

- El extracto metanólico de *Cuscuta campestris* fue el extracto que presentó un mayor rendimiento de extracción en comparación con los demás extractos obtenidos, por lo tanto, se considera candidato para futuras investigaciones.
- Los extractos metanólicos de *Parthenium hysterophorus* y *Cuscuta campestris* contienen componentes que presentaron actividad anti alimentaria sobre *Spodoptera frugiperda*, mientras que los extractos de *Leonotis nepetifolia* y *Cuscuta campestris* presentaron actividad insecticida sobre larvas de tercer instar de *Aedes aegypti*.
- El extracto de *Cuscuta campestris* presenta compuestos polares de tipo fenólicos, mientras que el extracto de *Parthenium hysterophorus* contiene compuestos de baja polaridad siendo estos terpenos y alcaloides. Para el caso de *Leonotis nepetifolia* se encontraron compuestos de alta y baja polaridad de entre los cuales se observó una pequeña traza de compuestos fenólicos.

3.10 Referencias bibliográficas

- Ahmad, A., Tandon, S., Xuan, T. D., & Nooreen, Z. (2017). A Review on Phytoconstituents and Biological activities of *Cuscuta* species. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 92, 772-795. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.05.124>
- Ali, S., Ullah, M. I., Khalil, S., Farooqi, M. A., Arshad, M., Farooq, F. & Shah, Z. U. (2018) Toxicity of *Nerium odorum* (A.) and *Parthenium hysterophorus* (L.) botanicals against *Spodoptera litura* (L.). *Pakistan Entomologist*, 40(1):51-55
- Al-Massarani, S., El-Shaibany, A., Tabanca, N., Ali, A., Estep, A. S., Becnel, J. J., ... & Baser, K. H. C. (2019). Assessment of selected Saudi and Yemeni plants for mosquitocidal activities against the yellow fever mosquito *Aedes aegypti*. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 27(7), 930-938. <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2019.07.001>
- Álvarez-Londoño, J. C., Duarte-Gandica, I., Aguirre-Obando, O. A., & Jiménez-Montoya, J. A. (2013). Control del vector del dengue utilizando fracciones etéreas de dos plantas (Asteraceae) como larvicidas. *Revista de Salud Pública*, 15, 227-236.
- Cantrell, C. L., Dayan, F. E., & Duke, S. O. (2012). Natural products as sources for new pesticides. *Journal of natural products*, 75(6), 1231-1242.
- Carroll, M. J., Schmelz, E. A., Meagher, R. L., & Teal, P. E. (2006). Attraction of *Spodoptera frugiperda* larvae to volatiles from herbivore-damaged maize seedlings. *Journal of chemical ecology*, 32(9), 1911-1924.
- Chen, C., Han, P., Yan, W., Wang, S., Shi, X., Zhou, X. & Gao, X. (2018). Uptake of quercetin reduces larval sensitivity to lambda-cyhalothrin in *Helicoverpa armigera*. *Journal of Pest Science*, 91(2), 919-926. <https://doi.org/10.1007/s10340-017-0933-1>
- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Bravo, S. P., Solis, L., & Geraud-Pouey, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 1-16.
- De Miranda, S. F., C., G. Cardoso, M., M. de Carvalho, M., S. Figueiredo, A., Nelson, D., Oliveira, C., Gomes, M., Andrade, J., de Souza, J. and de Albuquerque, L. (2014) Chemical Composition and Allelopathic Activity

of *Parthenium hysterophorus* and *Ambrosia polystachya* Weeds Essential Oils. *American Journal of Plant Sciences*, 5, 1248-1257

- De Oliveira, D. P., de Almeida, L., Marques, M. J., de Carvalho, R. R., Dias, A. L. T., da Silva, G. A. & da Silva, M. A. (2019). Exploring the bioactivity potential of *Leonotis nepetifolia*: phytochemical composition, antimicrobial and antileishmanial activities of extracts from different anatomical parts. *Natural product research*, 1-6. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1686367>
- Dietz, F.J., Vander-Plaeg, F. & Vander-Straaten, J. (1991). Environmental policy and the economy. *Elsevier Amsterdam*. 331p.
- Duangkaew, P., Phouyfung, P., Jirakanjanakit, N. & Rongnoparut, P. (2018). Combined larvicidal efficacy of rhinacanthin-C, luteolin, quercetin, and binary mixtures of *Rhinacanthus nasutus*, *Andrographis paniculata* and *Vernonia cinerea* extracts against *Aedes aegypti* mosquito. *International Journal of Agricultural Technology*, 14(3), 271-286.
- Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M. H., Hoseini, S. A., Ashouri, S., & Sharifian, I. (2010). Insecticidal activity of essential oil of *Agastache foeniculum* against *Ephesia kuehniella* and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Munis Entomology & Zoology Journal*, 5(2), 785-791.
- González-Maldonado, M. B., Gurrola-Reyes, J- N y Chairez-Hernández, E. L. (2015). Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) *Revista Colombiana de Entomología*, 41 (2), 200-204.
- Isman, M. B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*, 51(1), 45–66. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.51.110104.151146>
- Kaur, M., Kumar, R., Upendrabhai, D. P., Singh, I. P., & Kaur, S. (2016). Impact of sesquiterpenes from *Inula racemose* (Asteraceae) on growth, development and nutrition of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science*, 73(5), 1031–1038.
- Kumar, S., Nair, G., Pratap, A., Batra, S. & Wahab, N. (2012). Evaluation of the larvicidal efficiency of stem, roots and leaves of the weed, *Parthenium hysterophorus* (Family: Asteraceae) against *Aedes aegypti* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2(5) 395-400. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(12\)60086-3](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(12)60086-3)
- Leng, P., Zhang, Z., Pan G. & Zhao, M. (2011). Applications and development trends in biopesticides. *African Journal of Biotechnology*. 10(86), 19864-19873. <https://doi.org/10.5897/AJBX11.009>

- Macêdo, M. E., Consoli, R. A., Grandi, T. S., Anjos, A. M. D., Oliveira, A. B. D., Mendes, N. M., ... & Zani, C. L. (1997). Screening of Asteraceae (Compositae) plant extracts for larvicidal activity against *Aedes fluviatilis* (Diptera: Culicidae). *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 92, 565-570.
- Marcon, P. C., Young, L. J., Steffey, K. L., & Siegfried, B. D. (1999). Baseline susceptibility of European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) to *Bacillus thuringiensis* toxins. *Journal of Economic Entomology*, 92(2), 279-285. <https://doi.org/10.1093/jee/92.2.279>
- Muñoz, C., Ibañez, L. O. & Corona, M. C. (2006). Los mosquitos (Diptera: Culicidae) de Tlaxcala, México. Lista completa de especies. *Folia Entomológica Mexicana*, 45(3), 223-271.
- Murillo, M. C. Á., Suarez, L. E. C., & Salamanca, J. A. C. (2014). Actividad insecticida sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) de los compuestos aislados de la parte aérea de *Piper septuplinervium* (Miq.) c. dc. y las inflorescencias de *Piper subtomentosum* Trel. & Yunck. (Piperácea). *Química Nova*, 37(3), 442-446. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140067>
- Pérez, D., & Lannacone, J. (2004). Efecto insecticida de sachá yoco (*Paullinia clavigera* var. *bullata* Simpson) (Sapindaceae) y oreja de tigre (*Tradescantia zebrina* Hort ex Bosse) (Commelinaceae) en el control de *Anopheles benarrochi* Gabaldon, Cova García y López, 1941, principal vector de malaria en Ucayali, Perú. *Ecología Aplicada*, 3(1-2), 64-72.
- Rodríguez, H. C. (2003). Cuantificación de la inhibición de crecimiento en insectos, provocado por sustancias naturales. Agricultura, Ambiente y Desarrollo Sustentable. Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México. 223-242.
- Rodríguez, J. E. F., Monar, J. B., & Andrade, X. F. (2014). El uso de biocidas botánicos para el control de las plagas en agricultura urbana (II parte y final). *Alternativas*, 15(2), 43-52.
- Santacoloma-Varón, L., Chaves-Córdoba, B. & Brochero, H. L. (2010). Susceptibilidad de *Aedes aegypti* a DDT, deltametrina y lambdacialotrina en Colombia. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 27, 66-73.
- Romo-Asunción, D., Ramos-López, M. A., Salinas-Sánchez, D. O., Figueroa-Brito, R., Vela-Correa, G., & Vázquez-Martínez, B. E. (2016). Evaluación del extracto hexánico del mirto sobre el gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Smith), 1797 (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología mexicana*, 3, 159-164.
- Shivakumar, M. S., Srinivasan, R., & Natarajan, D. (2013). Larvicidal potential of some Indian medicinal plant extracts against *Aedes aegypti* (L.). *Asian journal of pharmaceutical and clinical research*, 6(3), 77-80.

- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, J. C., & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: una vieja y nueva alternativa para el manejo de plagas. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*, 66, 4-12.
- Tesfu, F., & Emana, G. (2013). Evaluation of *Parthenium hysterophorus* L. powder against *Callosobruchus chinensis* L. (Coleoptera: Bruchidae) on chickpea under laboratory conditions. *African Journal of Agriculture Research*, 8, 5405-5410.
- Viegas Júnior, C. (2003). Terpenes with insecticidal activity: an alternative to chemical control of insects. *Química Nova*, 26(3), 390-400.
- Villate-Gómez, M., Vento-Díaz, V., Mederos-Mederos, D., Rodríguez, Y., & Chala-Rodríguez, S. (2006). Efecto Biológico de extractos de hojas, flores y raíces de *Parthenium hysterophorus* L. sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith. *Avances* 8, 294-303.
- Wachira, S. W., Omar, S. & Jacob, J. W. (2014). Toxicity of six plant extracts and two pyridone alkaloids from *Ricinus communis* against the malaria vector *Anopheles gambiae*. *Parasites & Vectors*, 7, 1-8. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-312>
- Xu, W. (2020). How do moth and butterfly taste?—Molecular basis of gustatory receptors in Lepidoptera. *Insect science*, 27(6), 1148-1157.
- Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15, 99-108.