



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

UNIDAD REGIONAL UNIVERSITARIA DE ZONAS ÁRIDAS

POSGRADO EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS

**EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES EN EL CONTROL in vitro DEL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* J.E. SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)**

**TESIS**

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**

Presenta:

SELENE CATALINA GUEVARA CORTEZ

DIRECTOR:

DR. FABIÁN GARCÍA GONZÁLEZ

CO-DIRECTOR:

DR. AURELIO PEDROZA SANDOVAL



**APROBADA**



Bermejillo, Durango, México

ABRIL, 2021



La presente tesis **Evaluación de extractos vegetales en el control in vitro del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae)** realizada por **Selene Catalina Guevara Cortez** bajo la dirección del **Dr. Fabián García González** y la co-dirección del **Dr. Aurelio Pedroza Sandoval**, ha sido revisada y aprobada por el Comité Asesor como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO  
AMBIENTE EN ZONAS ÁRIDAS**



DIRECTOR: \_\_\_\_\_

Dr. Fabián García González



ASESOR: \_\_\_\_\_

Dr. Aurelio Pedroza Sandoval



ASESOR: \_\_\_\_\_

Dr. Ricardo Trejo Calzada



ASESOR: \_\_\_\_\_

M.C. José Ramón Hernández Salgado

## RECONOCIMIENTOS

Se expresa un reconocimiento al apoyo y sustento otorgado para el desarrollo y término de la presente investigación y de mis estudios de posgrado:

***Al Programa de Becas Nacionales de CONACyT 2019-2020.***

***Al Programa de Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas 2019-2020***, de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo.

A la ***Dirección General de Investigación y Posgrado*** de la Universidad Autónoma Chapingo.

## AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** por brindarme la oportunidad de cursar el posgrado.

Al **Dr. Fabián García González** por su disposición, paciencia, y apoyo para la realización del presente proyecto de investigación.

Al **Dr. Aurelio Pedroza Sandoval, Dr. Ricardo Trejo Calzada y MC. José Ramón Hernández Salgado** por ser parte del comité revisor y por sus acertadas y oportunas observaciones.

A todos los profesores que impartieron clases durante mi formación académica, **Dra. Martha Reyes Ramos, Dr. Ricardo David Valdez Cepeda, MC. Gabriel García Herrera, MC. Rafael Carrillo Flores, Dr. Rafael Castro Franco** y al **Dr. Jorge Artemio Zegbe Domínguez** cuya experiencia, conocimientos y calidad humana transmitieron día a día.

A mis compañeros: **Alejandro, José, Isaac, Adela y Raymundo** excelentes compañeros y profesionistas.

A **Mary Miranda** por su apoyo incondicional.

## **DEDICATORIA**

### ***A Dios:***

*Por haberme dado la vida, por las experiencias vividas y por vivir.*

### ***A mis queridos hijos:***

*Airam y Jaime Ruiz Guevara por ser mi impulso, les agradezco por su entusiasmo y amor constante, gracias por su comprensión en los momentos difíciles, son la motivación y alegría de mi vida.*

### ***A mis padres:***

*Olga Cortez y Eduardo Guevara, quienes son el pilar más importante en mi vida, su esfuerzo, dedicación, amor y apoyo incondicional.*

### ***A mis hermanos:***

*Zayra y René Guevara, por confiar siempre en mí, por sus muestras de afecto.*

***A la vida que me ha dado tanto...***

## DATOS BIOGRÁFICOS



El presente trabajo fue realizado por la **Ing. Selene Catalina Guevara Cortez**, la cual obtuvo el grado de Ingeniero en Biotecnología en el año 2015 por la Universidad Politécnica de Gómez Palacio, ubicada en Gómez Palacio, Durango, México.

Después de egresar de la licenciatura, trabajó como supervisora de promotoría para tiendas Soriana Región Laguna en la empresa Crossmarck Lat-Am, de 2015-2017. Seleccionada en la competencia para puesto de analista de producto terminado en la empresa Chemours Company 2017. Posteriormente trabajó en el Complejo Industrial de la empresa LALA como analista de calidad fisicoquímica de producto terminado Tetra Pack en área de Procesamiento de Ultra-Alta Temperatura (UAT) 2018.

Los estudios de maestría los realizó en el Programa en Recursos Naturales y Medio Ambiente en Zonas Áridas en URUZA-UACH, generación 2019-2020

# EVALUACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES EN EL CONTROL *in vitro* DEL GUSANO COGOLLERO *Spodoptera frugiperda* J.E. SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

## RESUMEN

*Spodoptera frugiperda* es una plaga importante en México, con pérdidas de impacto económico en el país. Una alternativa al uso de insecticidas para el control de esta plaga, es el uso de extractos vegetales que contienen principios bioactivos de acción contra diferentes tipos de insectos plaga. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de extractos acuosos de *Helianthus ciliaris* DC, *Larrea tridentata* (Moç. & Seseé ex DC. Coville) y *Solanum elaeagnifolium* Cav., en el control de larvas de *Spodoptera frugiperda* en condiciones *in vitro*. Se usó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones para cada especie vegetal. Los tratamientos consistieron de 10 concentraciones de extracto vegetal (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 %) más el testigo (solo agua destilada) y dos tejidos vegetales (hojas y tallos) para las especies *H. ciliaris* y *L. tridentata* y hoja, tallo y frutos en el caso de *S. elaeagnifolium*. La variable medida fue el porcentaje de mortalidad de larvas de *S. frugiperda* de segundo instar. Se identificó un efecto gradual de toxicidad y repelencia (inhibición alimentaria) de menor a mayor concentración de los concentrados acuosos. El extracto acuoso a partir de fruto de *S. elaeagnifolium* fue el de mayor efecto de mortalidad en larvas de segundo instar con 47.5 % de mortalidad promedio en un lapso de 24 a 72 h de exposición, siguiéndole en importancia los extractos de *L. tridentata*, en tanto que los extractos de *H. ciliaris*, mostraron un efecto nulo en el caso de los extractos de hojas y mínimo en el caso de extractos de tallos.

**Palabras clave:** control biológico, toxicidad, repelencia, plantas nativas, principios bioactivos.

---

Tesis de Maestría en Ciencias, Posgrado En Recursos Naturales Y Medio Ambiente En Zonas Áridas, Universidad Autónoma Chapingo  
Autor: Selene Catalina Guevara Cortez  
Director: Dr. Fabián García González

# EVALUATION OF VEGETAL EXTRACTS IN VITRO CONTROL OF THE FALL ARMYWORM *Spodoptera frugiperda* J.E. SMITH (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE)

## ABSTRACT

*Spodoptera frugiperda* is an important pest in Mexico, with economic impact losses in the country. An alternative to the use of insecticides to control this pest is the use of plant extracts that contain bioactive principles of action against different types of insect pests. The objective of the present study was to evaluate the effect of different concentrations of aqueous extracts of *Helianthus ciliaris* DC, *Larrea tridentata* (Moç. & Seseé ex DC. Coville) and *Solanum elaeagnifolium* Cav in the control of *Spodoptera frugiperda* larvae under *in vitro* conditions. A completely randomized experimental design was used with three replications for each plant species. The treatments were 10 concentrations of plant extract (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 and 100%) plus the control (only distilled water) and two types of plant tissue (leaf and stem) for the species *H. ciliaris* and *L. tridentata* and tissues of leaf, stem and fruits in *S. elaeagnifolium*. The variable measured was the mortality percentage of second instar of *S. frugiperda* larvae. A gradual effect of toxicity and repellency (food inhibition) was identified from lower to higher concentration of the aqueous concentrates. The aqueous extract from the fruit of *S. elaeagnifolium* had the highest mortality effect in second instar larvae with 47.5% average mortality in a period of 24 to 72 h of exposure, it followed in importance by extracts of *L. tridentata*, while the *H. ciliaris* extracts showed no effect in the case of leaves extracts and minimal in the case of stems extracts.

**Keywords:** biological control, toxicity, repellency, native plants, bioactive principles.

---

Thesis, Universidad Autónoma Chapingo  
Author: Selene Catalina Guevara Cortez  
Advisor: Dr. Fabián García González

Contenido	
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	13
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
HIPÓTESIS.....	15
REVISION DE LITERATURA.....	16
2.1. Problemática fitosanitaria del maíz.....	16
2.2. Gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> J.E. Smith.....	16
2.2.1. Clasificación taxonómica.....	16
2.2.2. Biología y daño.....	17
2.2.3. Estrategias de control.....	19
2.3. Extractos vegetales en el control de plagas.....	23
2.3.1. Extractos vegetales utilizados en el control de <i>S. frugiperda</i> .....	24
2.4. Efectos de productos botánicos en las plagas.....	27
MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
Ubicación geográfica del área de estudio.....	30
Colecta y manejo del material vegetal.....	30
Manejo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en el laboratorio.....	31
Preparación de extractos vegetales acuosos.....	31

Bioensayos con <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	33
Diseño experimental.....	34
Variable medida .....	34
Análisis de datos .....	34
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIONES.....	42
LITERATURA CITADA.....	43

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Efecto de mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> con extractos acuosos de diferentes especies vegetales nativas de zonas áridas en condiciones in vitro.....	35
<b>Cuadro 2.</b> Efecto de diferentes concentraciones de extractos acuosos de <i>H. ciliaris</i> en la mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	37
<b>Cuadro 3.</b> Mortalidad media en <i>Spodoptera frugiperda</i> ocasionada por extractos acuosos de <i>Larrea tridentata</i> .....	37
<b>Cuadro 4.</b> Mortalidad media en <i>Spodoptera frugiperda</i> ocasionada por extractos acuosos de <i>Solanum elaeagnifolium</i> .....	38
<b>Cuadro 5.</b> Mortalidad media en <i>Spodoptera frugiperda</i> ocasionada por extractos acuosos de <i>Helianthus ciliaris</i> , <i>Larrea tridentata</i> y <i>Solanum elaeagnifolium</i> a las 24, 48 y 72 horas de exposición.....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Daños ocasionados al maíz por larva de <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	19
<b>Figura 2.</b> Separación de <i>S. elaeagnifolium</i> por órganos vegetales.....	30
<b>Figura 3.</b> Preparación de dieta artificial para larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	31
<b>Figura 4.</b> Concentraciones de <i>H. ciliaris</i> para tallo.....	32
<b>Figura 5.</b> Prensa utilizada en la obtención de extractos. ....	32
<b>Figura 6.</b> Extractos vegetales obtenidos de hierba amargosa, gobernadora y trompillo. ....	33
<b>Figura 7.</b> Larva de <i>Spodoptera frugiperda</i> de 2° instar. ....	33
<b>Figura 8.</b> Incorporación y distribución de larvas a la dieta con el extracto.....	34

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz forrajero y de grano, este último para el consumo humano, es importante en la economía nacional con una producción de 27 millones 228 mil 242 toneladas. Los estados con mayor superficie de este cultivo en orden de producción son: Jalisco, Sinaloa, Durango, México, Michoacán y Guanajuato (SIAP, 2020).

Una de las principales cuencas lecheras del país es la Comarca Lagunera integrada por municipios de Coahuila y Durango, que requiere forraje verde o ensilado de alfalfa, sorgo y maíz para la alimentación del ganado bovino. La productividad de los cultivos forrajeros se ve afectado por el complejo de plagas y enfermedades, Afectando negativamente su calidad y rendimiento. Además, se aumenta el costo de producción generado por la necesidad de realizar aplicaciones de insecticidas para reducir las infestaciones y daños a los cultivos (El siglo de Torreón, 2019).

El grupo de los lepidópteros denominadas comúnmente como “palomillas”, que incluyen gusanos cortadores, soldados, eloteros, barrenadores y palomillas de los cereales a nivel mundial son los que causan más daños, seguido de los escarabajos (gusanos de las raíces, gusanos de alambre, gallinas ciegas, barrenadores del grano y gorgojos). Les sigue en orden de importancia el grupo de insectos que actúan como vectores de organismos patógenos (virus, micoplasmas, bacterias y hongos), entre los cuales, los succionadores de la savia (chicharritas y pulgones) son los más dañinos (Ortega, 1987).

El gusano cogollero (*Spodoptera* J.E. Smith), considerada en el grupo de las plagas-más dañinas para varios cultivos, la cual ataca principalmente al maíz, sorgo y arroz, aunque también, en menor grado, hortalizas y algodón, entre otros cultivos en México. Esta plaga se distribuye en todas las regiones agrícolas tropicales y subtropicales del continente americano (Tejeda et al., 2016).

Los daños se presentan cuando las larvas consiguen su mayor desarrollo, las larvas recién emergidas penetran al cogollo y se alimentan de las hojas que se están formando, mismas que al crecimiento del cultivo se observan perforadas y rasgadas. Cuando se presenta una infestación mayor las larvas llegan a la yema terminal, deteniendo su desarrollo y en ocasiones provocando su muerte. Los daños ocasionados por el gusano cogollero representan pérdidas de 1.14 t ha<sup>-1</sup> en el cultivo de maíz. (Banda et al., 1981).

La recurrencia de esta plaga ha provocado el uso indiscriminado de insecticidas químicos con dosis mayores a las indicadas, perjudicando el ambiente y desarrollando resistencia a los agroquímicos que es cada vez mayor en los insectos. (Trujillo et al., 2008). Adicionalmente al daño por las plagas y los patógenos en los cultivos, se incluye el de la maleza, la cual en las áreas de riego es un problema recurrente que impacta negativamente la productividad agrícola. Para el eficiente control de las malezas, se recurre al uso de herbicidas como el glifosato, el cual es eficiente para controlar este problema, pero de alto impacto ambiental por su alta residualidad (Chirinos et al., 2020). Una alternativa viable sobre este problema es el uso de plantas arvenses que compiten en forma de maleza con los cultivos agrícolas, para la extracción de extractos vegetales con principios bioactivos (Nava et al., 2012) en el control de las plagas, en la perspectiva de obtener un doble beneficio, el control de la maleza y el control de plagas.

Figuroa et al. (2019), sugirieron el empleo de extractos vegetales para mitigar algunos problemas fitosanitarios, aprovechando el potencial de metabolitos secundarios presentes en las plantas. Hernández et al. (2017), mencionan a los extractos vegetales como alternativa al manejo de plagas, evaluando principalmente el efecto insecticida del extracto sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*.

## **OBJETIVO GENERAL**

Contribuir al conocimiento tecnológico en el manejo y control de plagas en el cultivo del maíz mediante el uso de extractos vegetales de plantas nativas de zonas áridas.

## **OBJETIVO ESPECÍFICO**

Evaluar el efecto de plantas nativas (*Helianthus ciliaris* DC, *Larrea tridentata* (Moç. & Seseé ex DC.) Coville y *Solanum elaeagnifolium* Cav.), en el control *in vitro* de larvas de *S. frugiperda* J.E. Smith.

## **HIPÓTESIS**

Los extractos de *H. ciliaris*, *L. tridentata* y *S. elaeagnifolium* tienen efecto tóxico en larvas de *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith

## REVISION DE LITERATURA

### 2.1. Problemática fitosanitaria del maíz

Los cultivos de maíz en condiciones de riego y temporal son importantes en la economía del país. La modalidad de temporal es considerada por contar con los niveles más bajos de productividad aunado a la mayor reincidencia de problemas fitosanitarios (enfermedades y plagas) (Santana et al., 2017). Además, factores ambientales y sociales desfavorables generan resultados bajos de producción y sanidad de los cultivos. (SENASA, 2005).

Actualmente, una forma de prevenir y controlar los problemas fitosanitarios es tener información de la biología y hábitos de la plaga en los cultivos en las que se encuentran presentes, además de esquemas de manejo integrado, con el fin de obtener una mayor producción en campo (INIFAP, 2012). El manejo integrado busca reducir la infestación fundamentado en el muestreo para determinar los niveles poblacionales. Los agricultores y profesionales fitosanitarios (CIMMYT, 2004).

### 2.2. Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith

Plaga polífaga que ataca a gramíneas como el maíz, las actividades de *Spodoptera frugiperda* en etapa adulta se manifiesta por la noche, como el resto de los noctuidos y son atraídos por la luz (principalmente luz ultravioleta). Similar a la atracción por la luz, las palomillas de *Spodoptera frugiperda* sienten atracción por la melaza, hábitos que son útiles para su monitoreo en campo (Ortega, 1987; FAO, 2017).

#### 2.2.1. Clasificación taxonómica

De acuerdo con Negrete y Morales (2003), la ubicación taxonómica del gusano cogollero es la siguiente:

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Clase: Insecta

Orden: Lepidóptera

Familia: Noctuidae

Tribu: Prodeniu

Género: *Spodoptera*

Especie: *S. frugiperda*

## **2.2.2. Biología y daños**

### **2.2.2.1. Ciclo de vida de *S. frugiperda***

*S. frugiperda* es holometábolo, por lo que su metamorfosis es completa (huevo, larva pupa y adulto). La duración de su ciclo biológico es de 30 días en primavera y 90 días en invierno aproximadamente (CIMMYT, 2004). Los huevecillos son situados en masas y cada una contiene alrededor de sesenta a doscientos huevos. Una hembra oviposita aproximadamente 2,200 huevos durante su vida adulta. Morfológicamente los huevecillos son esféricos y aplanados en el segmento basal, con 0.8 mm de diámetro, inicialmente color amarillo-blanquecino, posteriormente toman una coloración rojiza, con ligeras hendiduras en el exterior. El período de incubación dura de 2 a 4 días, dependiendo de la temperatura (Ortega, 1987).

Manifiestan seis instares larvarios, Al eclosionar las larvas presentan hábitos gregarios, canibalísticos y se sitúan en el cogollo de la planta. (Santana et al., 2017). Las larvas maduras se identifican debido a que en la parte frontal de la cabeza presentan una forma de “Y” invertida de color blanco y unas manchas negras en la parte lateral (INIFAP, 2012).

La pupa que es de color café se puede encontrar en el suelo o suelta y mide 18 mm aproximadamente, con 6 pares de estipulas relativamente grandes, colocadas en ambos lados de cada segmento presenta 2 espinas (Negrete y Morales 2003; Santana et al., 2017).

*S. frugiperda* presenta dimorfismo sexual, el macho tiene una expansión alar de 32 a 35 mm y una longitud corporal de 20 a 30 mm aproximadamente; alas anteriores de color grisáceo con manchas y líneas delimitadas y contrastadas, resaltando en el centro una

banda oblicua y en el ángulo anterior y externo una mancha blancuzca. Las alas posteriores no lucen tintes ni venación con color, siendo más bien blanquecina (Ortega, 1987). Las hembras presentan expansión alar aproximadamente de los 25 a 40 mm, donde no presenta la marca diagonal sobresaliente, en las alas anteriores no presentan contrastes; la mancha orbicular es poco visible; la línea postmedial doble y vista fácilmente. La vida del adulto es de 10 días (Del Rincón et al., 2006).

#### **2.2.2.2. Daños ocasionados por *S. frugiperda***

El gusano cogollero provoca daños en los cultivos que infesta, las larvas roen las hojas creando zonas blanquecinas donde falta la clorofila. Se observa principalmente en las partes tiernas de las hojas. Al crecer comen tanto de los bordes como de la parte central. La palomilla sitia el cogollo presentando lesiones en forma de perforaciones o ventanas en toda la hoja excepto el nervio central. Es común observar en esta etapa el excremento de la larva (Figura 1). Los cultivos que presentan lesiones de la plaga en etapas tempranas son más graves y por lo tanto más costosas (FAO, 2017; Vázquez et al., 2007).

El daño es ocasionado por la larva inicialmente, la cual recién emergida se alimenta del envés de las hojas en las partes tiernas realizando perforaciones en las mismas y extendiéndose y penetrando al cogollo de la planta y por consiguiente ocasionando una disminución del crecimiento, marchitamiento y la muerte de la planta (Del Rincón et al., 2006).



**Figura 1.** Daños ocasionados al maíz por larva de *Spodoptera frugiperda*.

### **2.2.3. Estrategias de control**

Para controlar esta plaga debe de considerarse la preparación del terreno y eliminación de malezas cerca del campo de cultivo de maíz. El control debe emplearse cuando se manifieste un 5 % de masas de huevecillos o cuando el 25 % de las plantas muestren indicios de daños. Adicionalmente, se puede mantener un control químico, biológico o etológico de la plaga (Santana et al., 2017).

El muestreo de *S. frugiperda* de debe iniciar al emerger las plantas del maíz, para descubrir las primeras ovipositoras o larvas oportunamente. Es recomendable muestrear dos veces por semana, revisando al menos 50 plantas por predio. De tal manera que se revisen 10 plantas en cada sitio de muestreo. Se debe revisar cada planta con cuidado para contar y registrar el número de masas de huevos, la presencia de larvas y daño (Nava, 2006). La localización oportuna de infestaciones de la plaga permitirá un control más efectivo y económico.

En el pasado, los pesticidas sintéticos jugaron un papel importante en los programas de protección de cultivos y han beneficiado inmensamente a la humanidad. El descubrimiento de los productos sintéticos marcó un avance importante en el campo de la protección de cultivos. Estos productos químicos han hecho grandes contribuciones a

la protección de las plantas, pero también han planteado una serie de problemas ecológicos y médicos (Varma y Dubey, 1999). Su uso indiscriminado ha resultado en el desarrollo de resistencia por plagas (insectos, malezas, etc.), resurgimiento y brote de nuevas plagas, toxicidad para organismos no objetivo y efectos peligrosos en el medio ambiente que ponen en peligro la sostenibilidad de los ecosistemas (Jeyasankar y Jesudasan, 2005).

Los programas de manejo integrado de plagas (MIP) o manejo ecológico de plagas (MEP) son una estrategia para el control de plagas. En la mayoría de los programas MIP no se descarta el uso de insecticidas sintéticos. Los insecticidas obtenidos a partir de plantas representan una alternativa prometedora para el control de plagas, el efecto se reduce si no se utilizan dentro del marco de un programa de Manejo Integrado de Plagas (MIP) (Brechelt, 2004).

En estos programas los insecticidas de origen vegetal pueden ser sustituidos por insecticidas químicos reduciendo el impacto ecológico y económico cuyas ventajas son:

- Bajo costo
- Obtención fácil
- Biodegradables
- Son menos perjudiciales al medio ambiente
- Proceden de materiales renovables

### **2.2.3.1. Control cultural**

Preparar el terreno y eliminar malezas colabora en la reducción de plagas, debido a que las pupas que se localizan en el suelo se ven expuestas con esta actividad desfavorable para la supervivencia de las plagas. Se ha demostrado que los policultivos donde el maíz no es una cosecha permanente genera una incidencia menor de esta plaga (Pacheco, 1993).

### **2.2.3.2. Control etológico**

Se realiza aprovechando las reacciones de respuesta a la presencia de estímulos de naturaleza química, física y/o mecánica. Debido a mecanismos de comunicación entre insectos de la misma especie. Mensajes enviados y recibidos pueden ser de atracción sexual, alarma, orientación entre otros, el uso de feromonas, atrayentes en trampas o cebos, repelentes, y sustancias diversas con efectos equivalentes (Trujillo y García, 2001). Por medio de trampas de atrayente a base de feromonas y trampas de luz han demostrado resultados favorables para reducir los niveles de infestación de la plaga de al capturar los adultos machos y hembras de *S. frugiperda*. Se deben ubicar las trampas en las orillas del cultivo estratégicamente (retiradas 20 m entre ellas) revisando dos veces por semana (FAO, 2017).

### **2.2.3.3. Control biológico**

El control biológico se fundamenta en el uso de plaguicidas realizados a partir de hongos, virus, nematodos y bacterias dirigido al insecto plaga.

Los entomopatógenos utilizados para el control del gusano cogollero son la bacteria *Bacillus thuringiensis*, el Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN) y los hongos *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson y *Paecilomyces fumosoroseus* (Wise). Parasitoides contribuyen en la bioregulación de las poblaciones de la plaga. Estas estrategias son empleadas con una infestación baja y no constituyen un riesgo económico. (Vázquez et al., 2007). *S. frugiperda* es regulada biológicamente por varias especies de parasitoides, depredadores y entomopatógenos. Reducen aproximadamente el 50 % de la población de larvas y pupas naturalmente (Vargas y Sánchez, 1983). Estos organismos inician su colonización al cultivo desde época muy temprana, incrementando sus poblaciones paralelamente con la infestación (García et al., 1999). Los depredadores mayormente son polípagos generalistas especies como: *Coleomegilla maculata* De Geer, *Cycloneda sanguínea* L., *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville, la chinche ojona *Geocoris punctipes* Say, la chinche pirata *Orius insidiosus* Say, la chinche pajiza *Nabis* spp., la chinche asesina *Apiomerus pictipes* Herrich-Schaeffer, *Podisus maculiventris* Say, crisopas *Chrysoperla* spp., las tijeretas

*Labidura riparia* Pallas, *Doru lineare* Eschscholtz y *Doru taeniatum* Dohrn, *Solenopsis geminata* Fab., y *Pogonomyrmex barbatus* Smith (INIFAP, 2012).

En los últimos años se han registrado más de 100 especies de parasitoides del gusano cogollero. En Venezuela se realizaron liberaciones de *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) parásito de huevecillos de *S. frugiperda* generando buenos resultados y disminuyendo la necesidad de aplicar otras medidas de control (Andara, 1990).

En México se reportan 40 especies de parasitoides aproximadamente los géneros y especies más frecuentes que se han encontrado son: *Trichogramma* spp. (Trichogrammatidae); *Chelonus insularis* Cresson, *Chelonus* spp., *Apanteles marginiventris* Cresson, *Apanteles* spp., *Cotesia marginiventris* Cresson, *Meteorus laphygmae* Viereck (Braconidae); *Euplectrus* spp. (Eulophidae); *Ophion* spp., *Pristomerus spinator* (F) y *Campoletis* spp. (Ichneumonidae) (Molina et al., 2004; Bahena, 2010).

García et al. (2020), evaluaron los principales parasitoides de *S. frugiperda* (J.E. Smith) en maíz forrajero de la Región Lagunera, México. Donde se colectaron 300 larvas del tercero al quinto estadio del gusano cogollero. El 34.6 % (104) de las larvas resultaron parasitadas por tres especies de himenópteros, *Chelonus insularis* Cresson y *Ch. sonorensis* Cameron (Braconidae: Cheloniinae), y *Campoletis sonorensis* Cameron (Ichneumonidae: Campopleginae). *Ch. insularis* con el 16.6% de parasitismo, fue el parasitoide más abundante en larvas de cogollero del maíz.

#### **2.2.3.4. Control biorracional**

Es efectivo mediante aplicaciones preventivas de productos biorracionales para huevecillos y primeros estadios larvarios, destacando el uso de aceites y extractos vegetales, aceites minerales, jabones agrícolas, entre otros productos específicos como piretrinas naturales, abamectinas. Productos empleados en este tipo de control son compatibles entre ellos y tienen un bajo impacto a fauna benéfica. La introducción más eficaz para los productos biorracionales es a través de programas de MIP (Manejo Integrado de Plagas) los cuales, reducirán la utilización de pesticidas químicos, previniendo el desarrollo de resistencia en plagas objetivo (Brechtel, 2004).

#### **2.2.4.5. Control químico**

Esta estrategia es la más aplicada en el control de *S. frugiperda* sin embargo, el uso indiscriminado de estos insecticidas ha generado resistencia o tolerancia en la plaga (Georghiou y Lagunes, 1991; Pacheco, 1993). Se utilizan insecticidas que se aplican en el agua de riegos o por sistemas aéreos, además, los insecticidas granulados que se aplican sobre las plantas jóvenes, pues es fácil que las partículas caigan al fondo del cogollo en el punto del crecimiento (SENASA, 2005).

En México, se han empleado los siguientes insecticidas para su control: Organofosforados; Clorpirifos (Lorsban), Diazinon (Basudin, Danol), Paratión Metílico (Methion, Metacide), Manocrotofos (Azodrín, Inisan, nuvacron). Carbamatos: Carbaril (Sevin, Cebicid), Thiodicarb (Larvin), Metomilo (Lannate, Nudrín, Metavín). Piretroides: Cipermetrina (Cymbush, Arribo, Sherpa) Lambdacialotrina (Karate), Deltametrina (Desis), Permetrina (Ambush, Pounce) (Cortez, 2002).

Para controlar la plaga de *S. frugiperda* el estadio larvario adecuado es del primer al tercer estadio de su ciclo, debido a que si se aplica en larvas de mayor estadio podría disminuir el control. Después de la aplicación revisar el cultivo habitualmente para descubrir las siguientes generaciones de la plaga y comprobar si se requiere otro control. La etapa crítica de control se presenta desde la emergencia del cultivo hasta los 60 días posteriores (Tejeda et al., 2016). El momento oportuno para realizar una aplicación insecticida para su control es al detectar una población de 20 plantas dañadas o con presencia de este insecto en cien muestras revisadas, en parcelas de una a cinco hectáreas (INIFAP, 2017; Santana et al., 2017).

### **2.3. Extractos vegetales en el control de plagas**

Los extractos de plantas en el manejo de plagas, son actualmente reconocidos como ambientalmente seguros, menos peligrosos y económicos. Las plantas son fuente de productos químicos orgánicos bioactivos, algunas especies de plantas poseen características insecticidas (Radhakrishnan, 2005; Tahara, 2007; Wink, 2003). Estos compuestos bioactivos se extraen de varias partes de la planta (hojas, tallos, semillas, raíces, bulbos, rizomas, frutos y cabezas de flores, etc.) de diferentes especies de

plantas. Los pesticidas botánicos son aclamados por tener un amplio espectro de actividad, ser fácil de procesar y uso, teniendo una actividad residual corta y por no acumularse en el medio ambiente o en tejidos grasos de animales de sangre caliente (Harborne, 1993; Wink, 2003).

De hecho, los humanos han usado productos secundarios de las plantas durante miles de años como colorantes (por ejemplo, índigo, shikonina), sabores (por ejemplo, vainillina, capsaicina), fragancias (por ejemplo, aceites esenciales de rosa, lavanda), estimulantes (por ejemplo, cafeína, nicotina), alucinógenos (por ejemplo, morfina, tetrahidrocannabinol), venenos (por ejemplo, estricnina, coniina) y medicamentos (por ejemplo, quinina, atropina) (Tahara, 2007).

La sustitución de los insecticidas químicos por sustancias vegetales con principios activos representa una alternativa, pero no significa que estos extractos de plantas pueden restablecer el equilibrio ecológico por sí mismos para un sistema agroecológico estable (Mamun, et al., 2009). El control directo con este método no deja de ser una medida de emergencia y debe utilizarse con mucha precaución. Además, al no ser sistémicos hay que aplicarlos con mucha precisión en el envés de las hojas donde habitan los insectos plaga (Brechelt, 2004; Radhakrishnan, 2005).

Las sustancias botánicas presentan ventajas: son de bajo costo; están al alcance del agricultor; algunas son tóxicas pero sin efecto residual prolongado; en su mayoría no son venenosas para los mamíferos (Rattan, 2010). En ciertas plantas los compuestos químicos encontrados tienen reacciones de diferente índole frente a los organismos que se desean eliminar (Tahara, 2007; Radhakrishnan, 2005).

### **2.3.1. Extractos vegetales utilizados en el control de *S. frugiperda***

En México se han evaluado extractos de diversas especies vegetales en varias regiones para el control de *S. frugiperda*, algunos de estos se presentan a continuación:

Hernández et al. (2018), evaluaron la actividad insecticida de polvo del muérdago *Phoradendron densum* sobre *S. frugiperda* en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Utilizaron larvas de primer estadio de gusano cogollero y follaje de muérdago

deshidratado en estufa a 35°C, el cual fue triturado en molino eléctrico y filtrado en tamiz con malla 325 (0.044 mm). El polvo lo incorporaron en dieta artificial en vasos de 20 mL; agregaron 10 mL de dieta (12 g) y establecieron los tratamientos de acuerdo con el peso (% p/p): 0, 0.25, 0.50, 1.0, 2.0, 4.0 y 8.0% con 0, 0.03, 0.06, 0.12, 0.24, 0.48 y 0.96 g de polvo respectivamente; colocaron larvas de 48 horas de edad. Establecieron en total siete concentraciones y 15 repeticiones, incluido un testigo sin polvo; fue un diseño completamente al azar. Se registró la mortalidad cada 24 horas. Concluyeron que el polvo de muérdago presentó un efecto de control significativo a 8 días de evaluación ( $gl=6,104$ ;  $F=11.62$ ;  $Pr=<0.0001$ ) sobre *S. frugiperda* en las diferentes concentraciones, con mortalidad de 84% ( $CL50=0.01140$ ,  $LI=0.00403$  y  $LS=0.02083$ ;  $CL95=0.93126$ ,  $LI=0.53637$ ,  $LS=2.37821$ ) en la concentración de 0.96 g (8%).

Hernández et al. (2017), evaluaron el efecto insecticida del extracto de neem sobre larvas del gusano cogollero. Determinaron la concentración 50 y el tiempo de mortalidad. Obtuvieron el extracto de neem de semilla molida y como solvente etanol, después evaluaron dos extractos, el primero correspondió a 9g+0% (AxB) y el segundo 9g+70% (AxA) y con tres concentraciones cada uno de 3, 4 y 5% respectivamente. Utilizaron 30 larvas las cuales se monitorearon diariamente durante 6 días para obtener la mortalidad. De los resultados obtenidos, indican que con el extracto AxA de 4%, se obtuvo el 50% de mortalidad en un día, esto se atribuye a que los compuestos activos en especial la azadiractina se acumulan más en las semillas y además en esta concentración el extracto actuó como de contacto. Concluyen que el extracto de neem es un bioinsecticida que puede ser utilizado a nivel de campo con resultados favorables.

Aldana et al. (2012), evaluaron la actividad bioinsecticida de extractos de *Tagetes erecta* L. en larvas de *S. frugiperda*. En este estudio indican que el extracto acetónico de las hojas a 500 ppm de *T. erecta* mostro un efecto antialimentario y originó una reducción del 50% en el peso larvario en comparación con el del control. Además, reportan que la LC50 para el extracto de hoja de n-hexano fue 312,2 ppm ( $\chi^2 = 0,1102$ ); para el extracto de hoja de acetona de *T. erecta*, 246.9 ppm ( $\chi^2 = 0.1598$ ), y para el extracto de hoja de etanol, 152.2 ppm ( $\chi^2 = 0.1504$ ), con una confianza del 95%.

Figuroa et al. (2013), evaluaron el daño generado *S. frugiperda* en maíz en etapa vegetativa cultivada con fertilizantes químicos nitrogenados, vermicompost y extracto de semilla de *Carica papaya* L. (Caricaceae). Cada brote se infestó con una larva de primer estadio de *S. frugiperda*. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de germinación, la longitud de las hojas, el diámetro del tallo y la altura de la planta, y la estimación del daño causado por las larvas de *S. frugiperda* en el maíz. Indican que vermicompost ayudó a la germinación de la semilla, la emergencia fue del 100%, mientras que la emergencia con el suelo negro fue del 80%.

En 2012 la actividad bioinsecticida de extractos orgánicos de *Tagetes erecta* L. (Asteraceae) fue evaluada en larvas neonatas de *S. frugiperda*. El extracto de hoja de acetona (500 ppm) de *T. erecta* donde se produjo un efecto antialimentario, generando reducción del 50% del peso larvario en comparación con el control. Tres extractos con hexano de hojas de *T. erecta* ocasionaron una mortalidad de 48%), de acetona 60% y etanol del 72%. (Salinas et al., 2012).

Recientemente se determinaron los efectos de extractos etanólicos de *Argemone ochroleuca* Sweet (Papaveraceae) sobre el comportamiento de la alimentación y el desarrollo de larvas de tercer estadio de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) por medio de la ingestión de hojas de maíz durante 48 h. a concentraciones de 15 y 30%. Como resultados se indican que el consumo de alimento del gusano cogollero se redujo ligeramente (entre un 13 y un 14%) en ambas concentraciones en comparación con los controles; la mortalidad de larvas total también incremento en la concentración más alta (31%) que en los controles (10%). (Martínez et al., 2017).

Vera et al. (2009), analizaron la actividad biológica de extractos metanólicos y fracciones de *Ipomoea murucoides* (comúnmente llamado casahuate) sobre *S. frugiperda*. Reportando como resultados que los extractos de hojas crudas ocasionaron hasta un 46,16% de mortalidad con efectos en el desarrollo, reducción del peso larvario a 42,26 mg en el 3er estadio y 59,6% en el 5to estadio, mayor tiempo de pupación y en la etapa adulta. Las fracciones parcialmente purificadas no mostraron toxicidad hacia *S. frugiperda*, pero tuvieron el mayor efecto en la reducción de peso larvario, hasta el 76.3% en el 3er estadio y el 74.6% en el 5º estadio, aumentaron el tiempo de pupación y el

tiempo para alcanzar la etapa adulta y tuvieron un efecto en número de huevos puestos. Concluyen que los compuestos probados retrasaron el desarrollo larvario.

Rodríguez y Vendramim (1996), evaluaron el efecto de extractos acuosos de 11 especies de *Meliaceae* (principalmente tallos y hojas) sobre el desarrollo de *S. frugiperda*. El extracto al 5% de concentración lo incorporaron a una dieta artificial y se les dio como alimento a larvas *S. frugiperda*. Indican que el extracto preparado con los tallos de *Cedrela fissilis* causó un 32% de mortalidad larvaria, mientras que los extractos obtenidos de *Cabralea canjerana*, semillas de *C. fissilis*, hojas de *Melia azedarach* y *Trichilia pallida* produjeron una mortalidad del 99-100%. Los extractos de los tallos de *C. fissilis* y los frutos de *Guarea guidonia* causaron inhibición del crecimiento. Extractos de hojas de *Trichilia casaretti*, tallos de *T. catigua* y frutos de *G. guidonia* produjeron inhibición de la alimentación en la etapa larvaria.

Figuroa (2002), evaluó el polvo de 10 plantas al 15 % en una dieta artificial del insecto. Los resultados indicaron que las semillas de *C. papaya* fueron las más activas al provocar un 100 % de mortalidad de *S. frugiperda*. Con estos resultados, se decidió evaluar las semillas de cuatro variedades (Mamey, Maradol, Amarilla y Hawaiana) de *C. papaya* a cuatro concentraciones: 5, 10, 15 y 20 % mezclados en la dieta artificial, en larvas del primer estadio del insecto. Los resultados indicaron que las concentraciones 10, 15 y 20 % en las cuatro variedades son altamente tóxicas en el insecto por ocasionar el 100 % de mortalidad larval en 24 h de evaluación. En cambio, a la concentración del 5 %, sólo las variedades Amarilla y Hawaiana son activas (60 % de mortalidad).

#### **2.4. Efectos de productos botánicos en las plagas**

Los productos del metabolismo secundario, que incluyen alcaloides, terpenoides, fenoles, taninos, entre otros pueden tener funciones biológicas diferentes, en las que se destaca su importancia, la actividad contra el ataque y proliferación de insectos. La mayor concentración de este tipo de compuestos (metabolitos secundarios) se encuentran en mayor medida en flores, frutos y semillas, aunque no se ha identificado un patrón de máxima producción, ni órganos específicos (Coats, et al., 1991; Harborne, 1993; Nathan et al., 2004).

Diversos son los efectos de los compuestos químicos encontrados en las plantas sobre los organismos de las plagas que las atacan. La estrategia a seguir en el control de plagas está relacionado con hábitos patogénicos de los organismos plaga. El tipo de efecto de productos botánicos en las plagas. En función al tipo de sustancia (compuesto químico) contenido y el modo de acción de los metabolitos secundarios considerando la naturaleza química de estos (Gershenzon, 1994).

Los metabolitos secundarios pueden ser exclusivos de especies o géneros específicos y no desempeña ningún papel en los requerimientos metabólicos primarios de las plantas, sino que aumentan su capacidad general para sobrevivir y superar los desafíos locales permitiéndoles interactuar con su entorno (Harbone, 1993). Una indicación de cuán esenciales son estos metabolitos secundarios para las plantas la supervivencia se puede ver en la energía invertida en su síntesis, que generalmente es muy superior a la requerida para sintetizar metabolitos primarios (Gershenzon, 1994). Estos sirven como un medio de mecanismo de defensa de las plantas para resistir la presión de selección continua de los depredadores de herbívoros y otros factores ambientales. Varios grupos de fitoquímicos como alcaloides, esteroides, terpenoides, aceites esenciales y fenólicos de diferentes plantas han sido reportados previamente por sus actividades insecticidas; Nathan et al., 2004).

Las plantas producen numerosos productos químicos muchos de los cuales tienen propiedades medicinales y pesticidas, más de 2000 especies de plantas producen metabolitos secundarios de valor en los programas de control de plagas. Los miembros de las familias de plantas: *Solanaceae*, *Asteraceae*, *Cladophoraceae*, *Labiatae*, *Miliaceae*, *Oocystaceae* y *Rutaceae* tienen varios tipos de actividades larvales, adulticidas o repelentes contra diferentes especies de mosquitos (Shalan et al., 2005).

A continuación se enlistan los efectos más comunes ocasionados por la acción de los plaguicidas de origen botánico (Wink, 2000):

- Suspensión de la alimentación
- Reducción de la movilidad del insecto
- Impedimento de la formación de quitina
- Bloqueo de la muda en estados inmaduros

- Reducción del desarrollo y crecimiento
- Toxicidad en larvas y adultos
- Interferencia de la comunicación sexual en la copula
- Suspensión de la oviposición
- Esterilización de adultos
- Interferencia en los mecanismos de respiración celular

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación geográfica del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas de la Universidad Autónoma Chapingo en Bermejillo, Dgo., la cual se ubica a 25° 53' latitud Norte y 103° 36' de longitud Oeste, a una altitud de 1,130 msnm, con un registro de precipitación promedio anual de 304 mm, temperatura máxima de 44 °C y mínima de 10.2 °C (Medina et al., 2005).

### Colecta y manejo del material vegetal

Se recolectaron plantas de *H. ciliaris*, *L. tridentata* en etapa de floración y *S. elaeagnifolium* en etapa de fructificación en el rancho el Carmen, de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH).

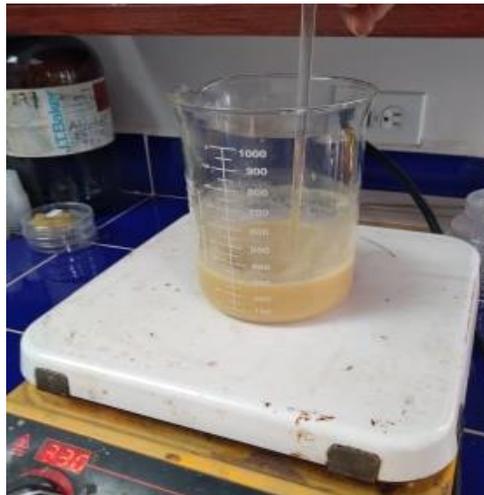
Las plantas colectadas se separaron en órganos (Figura 2) y se cortaron en trozos pequeños, de los cuales se utilizaron hoja y tallo para *H. ciliaris*, *L. tridentata* y en el caso de *S. elaeagnifolium* se usó hoja, tallo y fruto, los cuales se almacenaron en bolsas de plástico en un congelador para su uso posterior.



**Figura 2.** Separación de *S. elaeagnifolium* por órganos vegetales.

### Manejo de *Spodoptera frugiperda* en el laboratorio

Se utilizó una dieta comercial (Southland products incorporated), la cual se preparó de acuerdo a las proporciones 1.25 litros de agua destilada para 160 gramos de dieta, para lo cual se dispuso agua a ebullición y se agregó la dieta en polvo, para posteriormente llevarla a cocción durante 20 minutos en constante agitación (Figura 3). Posteriormente, se vació en charolas de plástico hasta que se solidificó y se incorporó en frío a la caja petri con tapa y se agregó el extracto con la concentración correspondiente por cada órgano del material vegetal: tallo y hoja para hierba amargosa (*H. ciliaris*) y gobernadora (*L. tridentata*) y hoja, tallo y fruto para trompillo (*S. elaeagnifolium*) (Carrillo et al., 2008).



**Figura 3.** Preparación de dieta artificial para larvas de *S. frugiperda*

### Preparación de extractos vegetales acuosos

De acuerdo a (Carrillo et al., 2008). para la obtención de extractos, se tomaron muestras de tejido de hojas y tallos para las especies de *H. ciliaris* y *L. tridentata* y de hojas, tallos y frutos para el caso de *S. elaeagnifolium*. De cada muestra por separado, se pesaron 500 g en peso fresco de cada órgano de la planta. Posteriormente, se preparó una solución madre relación 1:2 m/v, donde en un recipiente se agregaron 500 g de material vegetal y se añadieron 1000 ml de agua destilada. Las mezclas se dejaron en maceración durante 72 h. El método consiste en la disolución en agua destilada dentro de un

recipiente con tapa hermética del material vegetal de tejido de cada órgano de cada una de las especies vegetales. Los extractos resultantes se almacenaron y con ayuda de una prensa hidráulica (Figura 5) se extrajo el líquido restante contenido en el material vegetal. Posteriormente, se filtraron usando papel Whattman No. 41 y dichos extractos se almacenaron en un contenedor con tapa a 4°C. Las concentraciones se prepararon de acuerdo con la metodología de Carrillo et al. (2008) con algunas modificaciones, correspondientes a 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 % (Figura 4), las cuales representaron los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, más el testigo (T11), el cual sólo fue agua destilada, para cada órgano de las tres especies incluidas en este estudio.



**Figura 4.** Concentraciones de *H. ciliaris* para tallo.



**Figura 5.** Prensa utilizada en la obtención de extractos.



**Figura 6.** Extractos vegetales obtenidos de hierba amargosa, gobernadora y trompillo.

### **Bioensayos con *Spodoptera frugiperda***

Se utilizaron larvas de segundo instar de *S. frugiperda* a  $25 \pm 2$  °C (Figura 7). Después, se tomaron las cajas petri con las concentraciones correspondientes y en recipientes con tapa de 10 ml se vertieron 2 g de dieta con extracto a diferentes concentraciones 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100% respectivamente para cada planta y órgano. Posteriormente con ayuda de un pincel de pelo de camello, se colocó una larva de *S. frugiperda* en envases de plástico de 10 ml que contenían la dieta con el extracto correspondiente *H. ciliaris* (hoja y tallo); *L. tridentata* (hoja y tallo) y *S. elaeagnifolium* (hoja, tallo y fruto). Se colocaron 10 larvas de manera separada para evitar el canibalismo en un vaso con su dieta respectiva más el testigo correspondiente (Figura 8). Los envases se colocaron en cámara bioclimática a temperatura de  $28 \pm 2$  °C. Los envases que contenían dieta y larva, se revisaron a las 24, 48 y 72 horas para realizar un conteo de mortalidad, con ayuda de una lupa. Como indicador de mortalidad larvaria se sometió a un estímulo con pincel; toda larva inmóvil al estímulo se consideró muerta.



**Figura 7.** Larva de *Spodoptera frugiperda* de 2° instar.



**Figura 8.** Incorporación y distribución de larvas a la dieta con el extracto.

### **Diseño experimental**

En cada especie vegetal de las tres evaluadas en este estudio, se usó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial, con tres repeticiones. La unidad experimental fue una larva en una caja de Petri. El total de tratamientos fue producto del factorial  $11 \times 2 \times 3 = 66$ , correspondiente a 10 concentraciones de extractos acuosos más el testigo, dos órganos de la planta (tallo y hoja) con tres repeticiones, respectivamente, para el caso de *H. ciliaris* y *L. tridentata*; en tanto para *S. elaeagnifolium* que incluyó hojas, tallos y frutos fue un total de 99 tratamientos, producto del factorial  $11 \times 3 \times 3$ .

### **Variable medida**

La variable medida fue la mortalidad de larvas en tres tiempos a las 24, 48 y 72 horas.

### **Análisis de datos**

Los datos obtenidos se registraron en Excel y se analizaron con el procedimiento PROCGLM del programa estadístico de SAS 9.0, con uso de la prueba de rango múltiple de medias Tukey a un Alpha de 0.05 para identificar el efecto de tratamiento.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En un primer análisis estadístico por especie de planta y considerando extractos solo de hoja y tallo e independiente de las concentraciones, se identificó que los extractos acuosos de hoja y tallo de *L. tridentata* fue el de mejor efecto de control de *S. frugiperda*, con valores de 19.7 y 35.1 %, respectivamente; en tanto que el extracto de hoja de *S. eleagnifolium* fue significativamente igual ( $P \leq 0.05$ ) al de extracto de hoja de *L. tridentata* con valores de 19.7 y 15.1 %, respectivamente (Cuadro 1).

Los resultados anteriores concuerdan con lo citado por Figueroa et al. (2019), quienes reportaron que la eficacia de control de *S. frugiperda* en maíz por la aplicación de extractos de seis especies vegetales, fue superior al 80 % en mortalidad de larvas en condiciones de campo, con menos daño a la plantación y mejorando el crecimiento de la misma. Respecto al posible efecto de mortalidad, se tiene que puede ser desde un efecto de repelencia antialimentaria, hasta el efecto químico de extractos de plantas con reacciones de diferente naturaleza en los organismos (Tahara, 2007; Radhakrishnan, 2005). Entre los diferentes efectos del potencial insecticida, es que pueden inhibir la alimentación de insectos, la biosíntesis de quitina y la oviposición; reducir la motilidad intestinal, la fecundidad y la longevidad; deformar tanto a las pupas como a los adultos; esterilizar individuos; y matar tanto a individuos inmaduros como adultos (Mordue y Blackwell, 1993).

**Cuadro 1.** Efecto de mortalidad de *Spodoptera frugiperda* con extractos acuosos de diferentes especies vegetales nativas de zonas áridas en condiciones in vitro.

Especie de planta	Mortalidad (%)	
	Extracto de hoja	Extracto de tallo
<i>Larrea tridentata</i>	19.69a	35.15a
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	15.15a	13.33b
<i>Helianthus ciliaris</i>	4.24b	8.78b

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

Respecto al efecto de las diferentes concentraciones acuosas de *H. ciliaris*, se observó un nulo efecto en el de hoja, variando de 0 a 10 % sin diferencias estadística ( $P \leq 0.05$ ) entre las diferentes concentraciones y el testigo; en tanto que el extracto acuoso del tallo, tuvo un ligero efecto significativo en las concentraciones más bajas de 10 y 20 % de extracto acuoso, que registraron una mortalidad de larvas de *S. frugiperda* del 30 % cada una, en tanto que las concentraciones de 90 a 70 %, registraron valores de 3.33 a 23.33 % sin diferencia estadística entre ellas y de tendencia intermedia entre las dos primeras y la concentración del 100 % y el testigo, siendo estas dos últimas las de nulo efecto de mortalidad (Cuadro 2). Este efecto nulo en el extracto acuoso de hoja y leve en el extracto de tallo de *H. ciliaris*, es contrario a lo reportado por Torres et al. (2006), quienes reportaron actividad insecticida con extractos vegetales de la familia Asteraceae.

Los anteriores resultados no fueron de impacto en el control de larvas de *S. frugiperda*, lo cual pudiera estar relacionado con la forma del extracto acuoso utilizado, lo que sugiere deben probarse otros métodos de extracción y formulación de los principios activos, que pueden variar con el solvente utilizado o con la concentración de extracto (Medeiros et al., 2005; Moreira et al., 2007; Roel et al., 2000).

En el caso de *L. tridentata*, se presenta un efecto similar al mostrado por *H. ciliaris*, con un menor efecto por extracto de hoja y mayor efecto en el extracto de tallo, con valores máximos de mortalidad larvaria de 43.3 y 73.3 %, respectivamente; el resto de las concentraciones registraron menores valores de mortalidad y también, la mayor concentración (100%) fue igual que el testigo en los extractos de ambos órganos de la planta (Cuadro 3).

Cortez et al. (1993), reportaron que el polvo de hoja y flores de *L. tridentata*, produjo un efecto de repelencia en gorgojo del frijol *Zabrotes subfasciatus* Bohemann en grano de frijol pinto almacenado, indicando que el ácido nordihidroguaiarético (NDGA), es el principal compuesto activo.

**Cuadro 2.** Efecto de diferentes concentraciones de extractos acuosos de *H. ciliaris* en la mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Concentración del extracto acuoso (%)	Mortalidad de larvas (%)	
	Extracto de hoja	Extracto de tallo
10	10.00a	30.00a
20	10.00a	30.00a
30	10.00a	23.33ab
40	6.66a	16.66ab
50	3.33a	16.66ab
60	3.33a	13.33ab
70	3.33a	10.00ab
80	0.00a	3.33ab
90	0.00a	3.33ab
100	0.00a	0.00b
Testigo (solo agua destilada)	0.00a	0.00b

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

**Cuadro 3.** Mortalidad media en *Spodoptera frugiperda* ocasionada por extractos acuosos de *Larrea tridentata*.

Concentración %	<i>Larrea tridentata</i>	
	Hoja	Tallo
10	43.33a	73.33 a
20	33.33ab	63.33ab
30	30.00abc	43.33abc
40	26.67abc	40.00abc
50	23.33abc	36.67abcd
60	20.00abc	33.33abc
70	16.67abc	30.00bcd
80	16.67abc	26.67bcd
90	6.67bc	20.00cd
100	0.00c	20.00cd
Testigo (solo agua destilada)	0.00c	0.00d

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

En referencia al extracto acuoso de *S. elaeagnifolium*, se identifica un efecto similar a los extractos acuosos de las dos especies vegetales arriba citadas: Un mayor efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) en la concentración más baja (10%) tanto en hoja, como en tallo, con valores máximos de mortalidad de larvas de 43.3 y 30 %, respectivamente; en tanto que las concentraciones de 20 a 60 % mostraron una tendencia de comportamiento intermedio entre los efectos menores y mayores, ya que las concentraciones de 70 a 100 % y el propio testigo, tuvieron un efecto nulo de mortalidad. En este caso, también fue evaluado el extracto acuoso del fruto, el cual de hecho mostró ser el de mayor efecto, respecto a lo identificado en los extractos de hoja y tallo, ya que la mortalidad de larvas fue significativamente mayor en las concentraciones de 10, 20 y 30 %, con valores de 70, 73.3 y 80 % de mortalidad, respectivamente, sin diferencia estadística entre estos tratamientos. En este caso el testigo también registró cero mortalidad y fue estadísticamente igual a la concentración del 100 % (Figura 4).

**Cuadro 4.** Mortalidad media en *Spodoptera frugiperda* ocasionada por extractos acuosos de *Solanum elaeagnifolium*.

Concentración %	<i>Solanum elaeagnifolium</i>		
	Hoja	Tallo	Fruto
10	43.33a	30.00a	80.00a
20	30.00ab	23.33ab	73.33a
30	20.00abc	13.33abc	70.00a
40	16.66abc	13.33abc	63.33ab
50	16.66abc	10.00abc	53.33ab
60	13.33bc	6.66bc	50.00ab
70	10.00bc	0.00c	46.67abc
80	10.00bc	0.00c	46.67abc
90	3.33bc	0.00c	30.00 bcd
100	3.33bc	0.00c	10.00dc
Testigo (solo agua destilada)	0.00c	0.00c	0.00d

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna, son estadísticamente iguales.

En un análisis conjunto de los efectos de los extractos de las tres especies vegetales incluidas en este estudio y los tejidos de sus respectivos órganos, se tiene que los más altos valores de mortalidad fueron en las dosis menores, entre 10 y 20 %, efecto intermedio entre las concentraciones 30 y 70 % y el efecto significativamente menor entre 80 – 100% y el testigo (0%). Lo anterior sugiere que la mayor mortalidad larvaria a bajas dosis del extracto acuoso, pudiera ser debido a un efecto por toxicidad por alguno de los principios activos contenido en cada una de las partes y de las tres especies vegetales usadas en este estudio, debido a un cierto grado de alimentación del tejido sin que se detectara por la larva la presencia del extracto vegetal. Posteriormente, la baja letalidad en concentraciones mayores, hasta llegar a ser nula, fue debido a un efecto gradual de repelencia y muerte por inanición, al dejar de alimentarse totalmente en la concentración del 100 % de extracto acuoso, comparable con el testigo, donde las larvas siempre se alimentaron, sin tener un efecto de toxicidad y por tanto, nula mortalidad.

Silva et al. (2013), en un estudio de bioactividad de un extracto acuoso de boldus (*Peumus boldus*) contra *S. frugiperda* y *Helicoverpa zea*, los resultados obtenidos para los bioensayos de preferencia de alimentación para ambas especies, indican que una mayor concentración de extracto produce una mayor inhibición de la alimentación, resultando en un menor consumo y asimilación de alimentos, lo que coincide con los resultados obtenidos en este estudio, en donde a concentraciones menores (10 a 20 %) se presenta mayor mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* por efecto de toxicidad; en tanto que las concentraciones medias (70 y 90 %) presentaron menores valores de mortalidad por efecto de cierto grado de repelencia e inhibición alimentaria y las altas concentraciones (100 %), tuvo un efecto total de repelencia e inhibición alimentaria con nula mortalidad comparable al testigo, al menos durante el tiempo máximo de las 72 h del presente estudio. Adicionalmente Fraga (2004), Prasifka et al. (2015), Kaur et al. (2017), indican que el efecto de extractos vegetales de diferentes especies de las familias Solanaceae y Asteraceae, contienen diferentes principios activos con efecto de toxicidad y repelencia en estado inmaduro como las larvas y estados adultos de *S. frugiperda*.

Fraga (2004), Prasifka et al. (2015), Kaur et al. (2017), han reportado que los principios activos sesquiterpenos, actúan como disuasivos tóxicos o alimenticios para insectos

herbívoros. Se ha demostrado que las lactonas sesquiterpénicas actúan como inhibidores de la alimentación (Mabry et al., 1977; Ganijian et al., 1983; Cis et al., 2006) y también afectan el metabolismo de los insectos mostrando varios grados de toxicidad (Kaur et al., 2017). Se identifica además, que la genética vegetal, el tiempo de extracción de los compuestos además de la parte de planta empleada para la elaboración del extracto, puede variar la actividad tóxica o de inhibición alimentaria contra insectos (Madeiros et al., 2005; Sidhu et al., 2004); además, de la influencia de las diferencias en la composición química de las especies vegetales y mayor resistencia de las larvas a los extractos botánicos (Torres et al., 2006).

Respecto efecto de los extractos acuosos a diferentes tiempos de evaluación, independientemente de la concentración usada, se tiene que la mayor mortalidad larvaria fue a las 24 h de hojas y tallos para *H. ciliaris*, *L. tridentata* y *S. elaeagnifolium*, con valores máximos de 9, 25.4 y 22.7 %, respectivamente, en el caso de extracto de hoja y de 24.5, 40.9 y 12.7 % para caso de extracto de tallo, también respectivamente. Correspondiente a valores intermedios y bajos en el caso de las 48 y 72 h, respectivamente. Caso aparte merece los efectos mostrados por los extractos acuosos de fruto de *S. elaeagnifolium*, los cuales registraron los valores más altos de mortalidad respecto a los otros dos órganos de las tres especies de plantas, con valores de 52.7, 43.6 y 43.6 % de mortalidad larvaria, sin diferencia estadística ( $P \leq 0.05$ ) entre estos valores (Cuadros 5).

Al respecto, Guillen et al. (2001), en un estudio de formulación de extractos vegetales, sugirieron cambios en los tiempos de exposición de 24 a 72 horas para lograr al menos 50% de insectos muertos, lo que difiere con un mayor porcentaje de mortalidad a las 24 horas reportadas en este estudio.

**Cuadro 5.** Mortalidad media en *Spodoptera frugiperda* ocasionada por extractos acuosos de *Helianthus ciliaris*, *Larrea tridentata* y *Solanum elaeagnifolium* a las 24, 48 y 72 horas de exposición.

Especie vegetal	Tiempo	MORTALIDAD (%)		
		Extracto de hoja	Extracto de tallo	Extracto de fruto
<i>Helianthus ciliaris</i>	24	9.09a	24.54a	*
	48	3.63ab	10.90b	*
	72	0.00b	4.54b	*
<i>Larrea tridentata</i>	24	25.45a	40.90a	*
	48	21.81ab	39.09ab	*
	72	11.81b	25.45b	*
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	24	22.72a	12.72a	52.72a
	48	16.36bc	10.00ba	46.36a
	72	6.36b	3.63b	43.63a

Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna dentro de cada especie vegetal, son estadísticamente iguales.

\*No se evaluó el extracto del fruto

Finalmente, en el presente estudio se han explorado las propiedades anti-alimentarias, insecticidas y disuasorias de extractos acuosos de plantas de zonas áridas (*H. ciliaris*, *L. tridentata* y *S. elaeagnifolium*) en *Spodoptera frugiperda*, en donde se ha podido identificar la acción de los extractos acuosos de estas tres especies de plantas en sus diferentes órganos. Dicha acción sugiere un efecto tóxico primario, al ingerir el sustrato acuoso a bajas concentraciones y posteriormente ejercer un efecto anti-alimentario a dosis medias y altas de manera gradual hasta la total ausencia de ingesta del extracto en la dosis más alta (Carpinella et al., 2003).

## CONCLUSIONES

Las concentraciones de extractos vegetales acuosos evaluados en este estudio permitieron identificar el efecto gradual de toxicidad y repelencia, esta última con efecto antialimentario. Ambos efectos –tóxico y antialimentario- como causa de la mortalidad en el estado larvario de *Spodoptera frugiperda*.

Las bajas concentraciones de los extractos acuosos (10 – 20 %), sugirieron un efecto de toxicidad; en tanto que las concentraciones medias (30 – 80 %) sugieren un efecto gradual antialimentaria hasta llegar de total repelencia con nula mortalidad en las concentraciones altas (90 – 100 %), comparable con el testigo.

El extracto acuoso a partir de fruto de *S. elaeagnifolium* fue el de mayor efecto de mortalidad en larvas de segundo instar con 47.5 % de mortalidad promedio en un lapso de 24 a 72 h de exposición; le siguió en importancia los extractos de *L. tridentata*. Los extractos de *H. ciliaris*, mostraron un efecto nulo en el caso de hojas y mínimo en el caso del tallo.

## LITERATURA CITADA

- Achakzai, A., Achakzai, P., Masood, A., Kayani, S. y Tareen, R. (2009). Response of plant parts and age on the distribution of secondary metabolites on plants found in Quetta. *Pak J. Bot.*, 41 (5), 2129–2135.
- Aldana, L., Salina, D., Valdés, M., Gutiérrez, M., Rodríguez, E. y Navarro, V. (2012). Biological activity of dose extracts of *Tagetes erecta* L. on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Southwestern Entomologist*, 37, 31-38.
- Andara, J. (1990). Producción masiva de *Telenomus sp.* y algunas experiencias de campo. Seminario sobre alternativas para el control del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith). Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado. (Barquisimeto).
- Bahena, J. (2010). Parasitismo en gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en el centro de México. Memoria: XXXIII Congreso Nacional de Control Biológico. Uruapan, Michoacán, México, 204-209.
- Banda, T., Enkerlin, S., De Alba, F. y Garza, B. (1981). Importancia económica de *Heliothis zea* (Boddie) y determinación del umbral económico, distribución matemática y muestreo secuencial de *Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith] en maíz criollo. *Fitófilo*, 85,101-118.
- Brechelt, A. (2004). Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). República Dominicana. Disponible en [http://www.rap-al.org/articulos\\_files/Manejo\\_Ecológico\\_de\\_Plagas](http://www.rap-al.org/articulos_files/Manejo_Ecológico_de_Plagas).
- Carpinella, M., Defago, M., Valladares, G. y Palacios, S. (2003). Antifeedant and insecticide properties of a limonoid from *Melia azedarach* (Meliaceae) with potential use for pest management *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(2), 369-374.
- Carrillo, R., Vásquez, O., Ríos D., Jerez, S., y Villegas A. (2008). Extractos vegetales para el control de plagas del follaje del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca, México. VIII Congreso científico de SEAE. Agricultura y Alimentación Ecológica. Bullas, Murcia, España.

- Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta, S., Solis, L., & Geraud, F. (2020). Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1): e1276
- CIMMYT. (2004). Enfermedades del maíz: una guía para su identificación en el campo. ISBN 970-648-128-1.
- Cis, J., Nowak, G. Y Kisiel, W. (2006). Antifeedant properties and chemotaxonomic implications of sesquiterpene lactones and syringin from *Rhaponticum pulchrum*. *Biochem. System. Ecol.*, 34, 862-867.
- Coats, R. Karr, L.L. y Drewes, C.D. (1991). Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids in insects and earthworms. Hedin. *Natural Occurring Pest Bioregulators*, American Chemical Society Symposium, 305-316.
- Cortez, M. E. (2002). Evaluación de extractos vegetales para el control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) en maíz, informe técnico. INIFAP.
- Cortez, M., Sánchez, G., Villaescusa, M. y Cinco, F. (1993). Plant powders as stored grain protectants against *Zabrotes subfasciatus* (Boheman). *Southwestern Entomologist*, 18, 73-75.
- Del Rincón, C., Méndez, L. y Ibarra, J. (2006). Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 45(2), 157-164.
- El siglo de Torreón. (2019). La Laguna, de las principales cuencas lecheras del país. Consultada en línea el 9 de julio del 2020. <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1560629.la-laguna-de-las-principales-cuencas-lecheras-del-pais.html>.
- FAO. (2017). Nota informativa de la FAO sobre el gusano cogollero del maíz en África, 1-3.
- Figueroa, A., Castro, E. y Castro, H. (2019). Efecto bioplaguicida de extractos vegetales para el control de *Spodoptera frugiperda* en el cultivo de maíz (*Zea mays*). *Acta Biológica Colombiana*, 24(1): 58-66.

- Figuroa, R., Camino, M., Pérez, V. y Muñoz, E. (2002). Fatty acid composition and toxic activity of the acetonic extract of *Carica papaya* L. Caricaceae) seeds. *Phyton, International Journal of Experimental Botany*, 69, 97-99.
- Figuroa, R., Villa, P., López, J., Huerta, A., Pacheco, J. y Ramos, M. (2013). Nitrogen fertilization sources and insecticidal activity of aqueous seeds extract of *Carica papaya* against *Spodoptera frugiperda* maize. *Ciencia e Investigación Agraria*, 40, 567-577.
- Fraga, B. (2004). Natural sesquiterpenoids. *Natural Product Reports*. 21(5), 669-693.
- Ganijian, I., Kubo, I. y Fludzinski, P. (1983), Insect antifeedant elemanolide lactones from *Vernonia amygdalina*. *Phytochemistry*, 22(11), 2525-2526.
- García, F., Ríos, C y Iglesias, D. (2020). Chenolous and Campoletis Species as Main Parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in Forage Maize of Lagunera Region, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 45(3), 639-641.
- García, R. F., Mosquera, A. T., Vargas, S.CA. y Rojas, A. L. 1999. Manejo integrado del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). Boletín técnico No. 7. CORPOICA. Palmira, Valle del Cauca.
- Georgioui, G. y Lagunes, A. (1991). The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.
- Gershenson J. (1994). The cost of plant chemical defense against herbivory: a biochemical perspective. *Insect-plant interactions*, 105-73.
- Guillen, S. D., Villanueva, J. J. A. y Villanueva, B. J. (2001). Formulaci3n, superficie tratada y efectividad residual de clorpirif3s en cucaracha alemana de Veracruz, M3xico. *Agrociencia* 35:99-108.
- Harborne, J. (1993). Introduction To Ecological Biochemistry. Fourth Edition. Academic Press Ltd., Harcourt Brace y Co., Publ., London, 4, 318.
- Hernández, J., Guzmán, U., Cerna, C., Aguirre, U., Cepeda, S., y Julio, C. (2018). Puerto Vallarta, Jalisco. Actividad insecticida de polvo de *Phoradendron densum* (Santalaceae) sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Memorias Carteles del XLI Congreso Nacional de Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico, A.C., 141-142.

- Hernández, T., Osorio, H., López, S., Ríos, V., Varela, F., y Raúl, R. (2017). Evaluación in vitro del efecto insecticida del extracto de neem contra el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). In: Del Rincón C.M.C., Bivián H.M.A., Zanella S.I., Cruz A.A.M., Rangel N.J.C., Ortiz A.O.J., López P.N.E., González G.J., Vázquez R.M.F., Chico A.M., Jair Flores C.J. y Luis Á. Z. G. (Eds.). Memorias de Carteles del XL Congreso Nacional de Control Biológico: 12-17 noviembre de 2017. Mérida, Yucatán. Sociedad Mexicana de Control Biológico, A.C, 115.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2012). Manejo Integrado de Gusano Cogollero Basado en el Aprovechamiento de Enemigos Naturales en Maíz, en Sinaloa, México. Folleto Técnico, 36(1).
- Jeyasankar, A. y Jesudasan, R.W. (2005). Insecticidal properties of novel botanicals against a few lepidopteran pests. *Pestology*. 29. 42-44.
- Kaur, M., Kumar, R. Upendrabhai, D., Singh, I. y Kaur S. (2017). Impact of sesquiterpenes from *Inula racemosa* (Asteraceae) on growth, development and nutrition of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science*, 73, 1031-1038. DOI: 10.1002/ps.4429.
- Mabry, T., Gill, J., Burnett, J. y Jones, S., (1977). Antifeedant sesquiterpene lactones in the Compositae. In *Host plant resistance to pests*, 62, 179–184. DOI: 10.1021/bk-1977-0062.ch012.
- Mamun, M., Shahjahan, M. y Ahmad, M. (2009). Laboratory evaluation of some indigenous plant extracts as toxicants against red flour beetle, *Tribolium castaneum* Herbst. *J. Bangladesh Agril. Univ.*, 7(1), 1-5.
- Martínez, A., Aguado, A., Viñuela, E., Rodríguez, C., Lobit, P., Gómez, B. y Ineda, S. (2017). Effects of ethanolic extracts of *Argemone ochroleuca* (Papaveraceae) on the food consumption and development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 100, 339-345.
- Medeiros, C., Boic, A., Júnior, A., y Torres, A. (2005). Effect of plants aqueous extracts on oviposition of the diamondback, in kale. *Bragantia*, 64, 227–232.

- Medina, G. G., Díaz, P. G., López, H. J., Ruíz, C. J. A., Marín, S. M. (2005). Estadísticas climatológicas básicas del estado de Durango. (Periodo 1961 – 2003). Libro Técnico № 1. Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC-INIFAP.
- Molina, O., Carpenter J., Lezama, G., Foster, J., Gonzalez, R., Sahagún, A. y Farías, L. (2004). Natural distribution of hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in México. *Florida Entomology*, 87(4), 461-472.
- Mordue, A. y Blackwell. A. (1993). Azadirachtin: an update, *Journal of Insect Physiology*, 39(11) 903-924. ISSN 0022-1910.
- Moreira, M., Picanc, O., Barbosa, L., Guedes, R., Barros, E. y Campos, M. (2007). Compounds from *Ageratum conyzoides*: isolation, structural elucidation and insecticidal activity. *Pest Manag. Sci.*, 63, 615–621.
- Nathan, S.S. Chung, P.G. y Murugan K. (2004). Effect of botanicals and bacterial toxin on the gut enzyme of *Cnaphalocrocis medinalis*. *Phytoparasitica*. 32, 433-443.
- Nava, C. U. 2006. Manejo Integrado de las plagas clave del maíz forrajero. En: Maíz forrajero de alto rendimiento y calidad nutricional. Libro científico No. 3. CELALA-INIFAP, 175-215. México.
- Nava, E., García, C., Camacho, J. R. y Vázquez, M. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Revista Ra Ximhai*, 8(3):17-29.
- Negrete, F. y Morales, J. (2003). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, (CORPOICA), 5-22.
- Ortega, A. (1987). Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en campo. ISBN 968-6127-10-0.
- Pacheco, C. (1993). IX Seminario de manejo de enfermedades y plagas del maíz, utilizando insecticidas. Prociandino, 195.
- Prasifka, J., Spring, O., Conrad, J., Cook, L., Palmquist, D. y Foley, M. (2015). Sesquiterpene lactone composition of wild and cultivated sunflowers and biological activity against an insect pest. *Journal of Agricultural and Food Chemistr.* 63, 4042-4049. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b00362.

- Radhakrishnan, B. (2005). Indigenous preparations useful for pest and disease management. *Planters' Chronicle*, 101(4), 4-16.
- Rattan, R. (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. *Crop Protection*, 29, 913-920.
- Rodríguez, H. y Vendramim, J. (1996). Toxicity of aqueous extracts of Meliaceae on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Manejo integrado de plagas*. 42, 14-22.
- Roel, A., Vendramim, J., Frighetto, R., Frighetto, N. (2000). Effect of ethyl acetate extract of *Trichilia pallida* Swartz (Meliaceae) on development and survival of fall armyworm. *Bragantia*, 59, 53–58.
- Salinas D., Aldana, L., Valdés, M., Gutiérrez, M., Valladares, G. y Rodríguez, E. (2012). Insecticidal activity of *Tagetes erecta* extracts on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*, 95(2), 428-432.
- Santana, S., Flores, H. y Domínguez, P. (2017). *Recomendaciones Para El Control De Gusano Cogollero (Spodoptera frugiperda) En El Cultivo De Maíz*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).97. (1). ISBN978-607-37-0920-0.
- SENASA (Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria). (2005). *Manejo integrado de Plagas con Fundamento Ecológico*. Lima, Perú.
- Shaalán, E., Canyonb. D., Younesc M., Abdel, H., y Mansoura, A. (2005). Una revisión de fitoquímicos botánicos con potencial mosquitocida. *Ent. Int.*, 3, 1149-1166.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2020). *Anuario estadístico de la producción agrícola 2019*. Consultada en línea el 29 de abril de 2020. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sidhu, O., Kumar, V. y Behl, H., (2004). Variability in triterpenoids (nimbin and salanin) composition of neem among different provenances of India. *Ind. Crops Prod.*, 19, 69–75.
- Silva, G., Lagunes A. y Rodríguez, J. (2003). Control de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) con polvos vegetales solos y en mezclas con

- carbonato de calcio en maíz almacenado. *Ciencia e Investigación Agraria*, 30,153-160.
- Tahara, S. (2007). A journey of twenty-five years through the ecological biochemistry of flavonoids. *Biosci Biotechnol Biochem.*, 71, 1387–404.
- Tejeda, M., Solís, J., Díaz, J., Pelaez, A., Ayvar, S. y Mena, 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.
- Torres, L., Boic, A., Júnior, L., Medeiros, C. y Barros, R. (2006). Effect of aqueous extracts of *Azadirachta indica* (A. Juss), *Melia azedarach* (L.) and *Aspidosperma pyrefolium* (Mart.) on the development and oviposition of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae). *Bragantia*, 65, 447–457.
- Trujillo V. y García B. (2001). Conocimiento indígena del efecto de plantas medicinales locales sobre las plagas agrícolas en los altos de Chiapas, México. *Agrociencia*, 35, 685-692.
- Trujillo, P., Zapata, L., Hoyos, R., Yopez, F., C-apatáz, J. y Orosco, F. (2008). Determinación de la DL50 y TL50 de extractos etanólicos de suspensiones celulares de *azadirachta indica* sobre *Spodoptera frugiperda*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 61(2), 4564-4575.
- Vargas, M. L y Sánchez, G. G. (1983). Control natural de algunas plagas de arroz en las variedades IR-22 y CICA-6. *Revista colombiana de entomología*, 9 (1-4): 50-54.
- Varma, J y Dubey N.K. (1999). Prospectives of botanical and microbial products as pesticides of Tomorrow. *Curr. Sci.* 76: 172-179.
- Vázquez, A., Pérez, L., y Díaz, R. (2007). Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(4), 306-313.
- Vera, L., Hernández, V., León, I., Guevara, P. y Aranda, E. (2009). Biological activity of methanolic extracts of *Ipomoea murucoides* Roem at Schult on *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith. *Journal of Entomology*, 6, 109-116.

Wink M. (2003). Evolution of secondary metabolites from an ecological and molecular phylogenetic perspective. *Phytochemistry*, 64, 3–19.