

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO**

**FACULTAD DE QUÍMICA**

“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD INSECTICIDA  
DEL EXTRACTO ACETÓNICO DE *Heterotheca inuloides*  
CONTRA *Spodoptera frugiperda*”

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO AMBIENTAL**

PRESENTA

**RODRÍGUEZ SÁNCHEZ BENJAMÍN**

DIRIGIDA POR

**Dr. MIGUEL ANGEL RAMOS LÓPEZ**

SANTIAGO DE QUERÉTARO, QUERÉTARO, 2022.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
QUERÉTARO  
FACULTAD DE QUÍMICA**

**“EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD  
INSECTICIDA DEL EXTRACTO ACETÓNICO  
DE *Heterotheca inuloides* CONTRA *Spodoptera frugiperda*”**

**TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO QUÍMICO AMBIENTAL**

**PRESENTA  
BENJAMÍN RODRÍGUEZ SÁNCHEZ**

**DIRIGIDA POR  
Dr. MIGUEL ÁNGEL RAMOS LÓPEZ**

**SINODALES  
Dr. MIGUEL ANGEL RAMOS LÓPEZ  
DIRECTOR  
Dr. JOSÉ LUIS RODRÍGUEZ CHÁVEZ  
CODIRECTOR  
Dr. JUAN CAMPOS GUILLEN  
SINODAL  
Dr. VÍCTOR PÉREZ MORENO  
SINODAL**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi abuelos Gloria y Guadalupe, a mi tío Salvador que siempre estuvieron conmigo en cada momento y me guiaron durante los primeros años de mi vida, siempre los recordaré.

A mis padres y hermanos que siempre me han apoyado en todas mis decisiones.

A Karlita que ha sido la mejor compañera, la mejor amiga y la mejor novia.

A mis amigos de la carrera, gracias por todos los buenos momentos compartidos.

A mis profesores, en especial al doc quien me ha compartido parte de sus conocimientos y sabiduría.

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	
1. ANTECEDENTES	1
1.1 <i>Zea mays</i> (maíz)	1
1.1.1 Importancia del cultivo de maíz	2
1.1.2 Condiciones óptimas para el cultivo de maíz	2
1.1.3 Plagas principales del maíz	3
1.2 <i>Spodoptera frugiperda</i> (gusano cogollero del maíz)	4
1.2.1 Ciclo de vida de <i>Spodoptera Frugiperda</i>	5
1.2.2 Etapa larval de <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
1.2.3 Etapa pupal de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
1.2.4 Etapa adulta de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
1.3 Métodos de control de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
1.3.1 Control agronómico	8
1.3.2 Control mecánico	8
1.3.3 Control físico	8
1.3.4 Control biológico	8
1.3.5 Control por organismos genéticamente modificados	9
1.3.6 Control químico sintético	9
1.3.6.1 Problemas asociados al control químico sintético	10
1.3.7 Control Botánico	10
1.4 <i>Heterotheca inuloides</i>	12
2. HIPÓTESIS	15
3. OBJETIVOS	16

3.1 General	16
3.2 Específicos	16
4. METODOLOGÍA	17
4.1 Materiales	17
4.2 Reactivos	17
4.3 Equipos	17
4.4 Procedimiento	18
4.4.1 Sitio de estudio	18
4.4.2 Obtención de los individuos de <i>Spodoptera frugiperda</i>	18
4.4.3 Obtención de los extractos de <i>Heterotheca inuloides</i>	18
4.4.3.1 Recolección y preparación de <i>Heterotheca inuloides</i>	18
4.4.3.2 Técnica de extracción	19
4.4.4. Evaluación del extracto acetónico de <i>Heterotheca inuloides</i> contra <i>Spodoptera frugiperda</i>	19
4.4.5 Análisis estadístico	21
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
6. CONCLUSIONES	30
7. BIBLIOGRAFÍA	31

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Taxonomía de <i>Heterotheca inuloides</i> Cass	13
2. Composición de aproximadamente 1 Kg de dieta	20
3. Ensayo preliminar del extracto acetónico de la muestra A de <i>Heterotheca inuloides</i>	22
4. Ensayo preliminar del extracto acetónico de la muestra B de <i>Heterotheca inuloides</i>	22
5. Actividad insecticida del extracto acetónico de la muestra A de <i>Heterotheca inuloides</i>	23
6. Actividad insecticida del extracto acetónico de la muestra B de <i>Heterotheca inuloides</i>	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Planta de maíz	2
2. <i>Chaetocnema ectypa</i>	3
3. <i>Tetranychus urticae</i>	4
4. Larva de <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
5. Ciclo de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i>	5
6. Primer, segundo y tercer estadio larval	6
7. Cuarto, quinto y sexto estadio larval	6
8. Etapa pupal y etapa adulta de <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
9. <i>Polistes erythrocephalus</i>	9
10. <i>Derris</i> sp	11
11. <i>Lonchocarpus</i> sp	12
12. <i>Heterotheca inuloides</i>	13
13. Larvas muertas expuestas a 5000 ppm de extracto A	24
14. Larva muerta tratada con 5000 ppm de extracto A	24
15. Larvas muertas expuestas a 2000 ppm de extracto A	25
16. Larva muerta tratada con 2000 ppm de extracto A	25
17. Larvas muertas expuestas a 1000 ppm de extracto A	26
18. Larvas muertas expuestas a 1000 ppm de extracto B	27
19. Larva muerta tratada con 1000 ppm de extracto B	27
20. Larvas muertas expuestas a 600 ppm de extracto B	28

## RESUMEN

A nivel mundial la agricultura es una de las principales actividades para el sustento de la sociedad y debido a la sobrepoblación, la demanda de productos agrícolas se vuelve cada vez más grande. En México una de las mayores actividades agrícolas es el cultivo de maíz ya que tiene un alto impacto en la economía, cultura y nutrición. Por esta razón, mantener una buena producción de maíz es crucial, de modo que durante su cultivo hay un uso constante de insumos químicos como plaguicidas para el control de especies que amenazan el mismo, siendo una de las principales el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Como se ha mencionado el control de dicho gusano implica el uso de compuestos químicos sintéticos, que en muchas ocasiones reciben un uso indiscriminado, lo cual se traduce principalmente en un daño ambiental grave, debido a la alta persistencia en el ambiente de dichos compuestos, los cuales llegan a afectar las condiciones del agua, suelo, aire, animales e incluso seres humanos. Atendiendo la problemática ambiental generada y en busca de alternativas que disminuyan el uso de plaguicidas químicos sintéticos, en el presente trabajo se evaluó la actividad biológica de dos extractos acetónicos de *Heterotheca inuloides* contra *Spodoptera frugiperda*. Las  $CL_{50}$  larvales obtenidas fueron de 711.7 ppm y 730.4 ppm, mientras que en el caso de las acumuladas los valores fueron de 609.8 ppm y 401.5 ppm.



## 1. ANTECEDENTES

### 1.1. *Zea mays* (maíz)

La planta *Zea mays* o comúnmente conocida como maíz tiene un porte robusto, es de fácil desarrollo y presenta una producción anual. El tallo es básicamente recto, no presenta ramificaciones ni entrenudos, tiene una médula esponjosa si se observa de forma transversal y puede alcanzar 4 m de altura. Esta especie es de inflorescencia monoica, es decir que existe la presencia de ambos sexos en la misma planta. La inflorescencia masculina es representada por una panícula o comúnmente conocido como espigón o penacho el cual contiene de entre 20 a 25 millones de granos de polen. En el caso de la inflorescencia femenina, esta presenta una menor cantidad de granos de polen, dicha cantidad va de los 100 a 800 granos y en esta inflorescencia se forman unas estructuras en forma lateral llamadas espádices. Las hojas del maíz se encuentran abrazadas al tallo y son de gran tamaño, y en forma de lanza, la cual son filosas. Las raíces de dicha planta están fasciculadas y sirven para anclar a la misma (SIAP, 2014). La estructura general de la planta se puede apreciar en la Figura 1.

Las etapas de crecimiento del maíz se dividen en: vegetativa y reproductiva, dichas etapas pueden agrupar a los siguientes periodos:

- Crecimiento de las plántulas
- Crecimiento vegetativo
- Floración y la fecundación
- Llenado de grano y la madurez (SIAP, 2014).

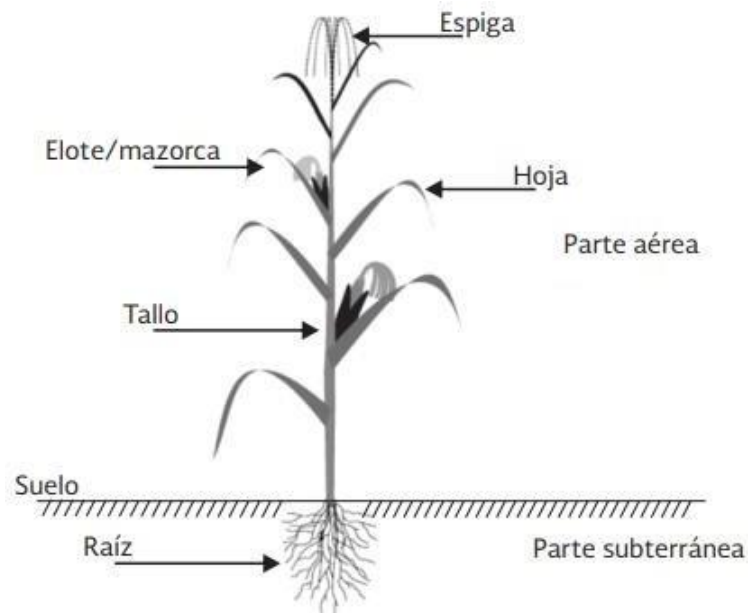


Figura 1. Planta de maíz (INIFAP, 2017).

### 1.1.1 Importancia del cultivo de maíz

A nivel mundial, los cultivos de maíz, arroz y trigo se posicionan como los más importantes. En el caso de México específicamente, el cultivo de maíz es el más relevante, ya que a partir de este se producen alimentos, bebidas, almidón, aceite e incluso ha permitido el desarrollo de las industrias lácteas y cárnicas ya que se utiliza como forraje. El origen del maíz tuvo su lugar en México, posteriormente se extendió hasta países como Canadá y Argentina, la evidencia más antigua de esta especie data de unos 7mil años, la cual fue encontrada en cuevas de Coxcatlán y San marcos cerca de Tehuacán, México (CIMA, 2014).

### 1.1.2 Condiciones óptimas para el cultivo de maíz

Para un desarrollo óptimo de la planta se requieren temperaturas de entre los 25 y 30° C, amplios periodos de exposición a la luz solar, una cantidad de agua en el orden de unos 5 mm al día, dicha especie puede adaptar a casi cualquier tipo de suelo, pero los profundos, ricos en materia orgánica y con pH entre 6 a 7 son ideales

para su crecimiento y para la conservación del grano del maíz se requiere que contenga un máximo de humedad del 9% al 12%. Existen otros factores como lo son las plagas, las cuales también se deben controlar para el buen desarrollo de la planta (CIMA, 2014).

### 1.1.3 Plagas principales del maíz

El maíz puede ser afectado por distintos tipos de insectos de los cuales algunos se consideran plagas, tales como el gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), el gusano elotero (*Helicoverpa zea*), la pulguita negra saltona (*Chaetocnema ectypa*) (Figura 2), la gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), la araña roja (*Tetranychus urticae*) (Figura 3), la mosquita pinta (*Euxesta* sp.) y el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), siendo esta última una de las plagas más dañinas (Soto, 2008).



Figura 2. *Chaetocnema ectypa* (NDSU,2006).



Figura 3. *Tetranychus urticae* (Hortoinfo, 2015).

### 1.2 *Spodoptera frugiperda* (gusano cogollero del maíz)

*Spodoptera frugiperda* (Figura 4) es conocido como el gusano cogollero del maíz u oruga militar tardía. Este insecto puede afectar cultivos tales como maíz, sorgo, arroz, frijol,soya, cacahuate y cultivos hortícolas como papa, cebolla, pepino, col y camote. (Casmuz et al., 2010; Yáñez, 2007).



Figura 4. Larva de *Spodoptera frugiperda* (SENASICA, 2020).

De los cultivos mencionados destaca el maíz donde se pueden llegar a registrar pérdidas que van desde 13% hasta un 60%. Esta especie es considerada como una de las plagas más importantes en zonas tropicales y subtropicales de América. (Yáñez, 2007).

### 1.2.1 Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda*

El ciclo de *S. frugiperda* comienza cuando el adulto oviposita por la noche aproximadamente 100 a 200 huevecillos sobre el envés de las hojas del hospedero, cubriéndolos con segregaciones del aparato bucal y escamas de su cuerpo para protegerlos de depredadores o condiciones ambientales adversas (Cortez, 2007). Una vez que eclosionan las larvas, su ciclo larval se divide en seis estadios, el cual en su totalidad puede durar de 14 a 21 días dependiendo de las condiciones climatológicas y el tipo de alimento. Posterior a su etapa larval el insecto se convierte en una pupa y después de un periodo de 10 días emerge un nuevo adulto o palomilla. En la Figura 5 se puede observar el esquema del ciclo de vida de *S. frugiperda* (Negrete, 2003).



Figura 5. Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* (SENASICA, 2020).

### 1.2.2 Etapa larval de *Spodoptera frugiperda*

En el primer estadio (Figura 6) su cuerpo es de color blanco, mientras que la cabeza y el dorso son de color negro. En esta etapa llegan a medir entre 2 y 3 mm. Los siguientes tres estadios (Figuras 6 y 7) son caracterizados por una tonalidad parda grisácea sobre el dorso, verde en la parte ventral y en la parte frontal de la cabeza tienen una especie de “Y” invertida y líneas dorsales longitudinalmente de un tono claro. Las larvas en sus 2 últimos estadios pueden alcanzar hasta 35 mm (Figura 7) y en estos 2 estadios empiezan a prepararse para pasar a la etapa pupal, empezándose a encoger formando una especie de acordeón con su cuerpo (Negrete, 2003).

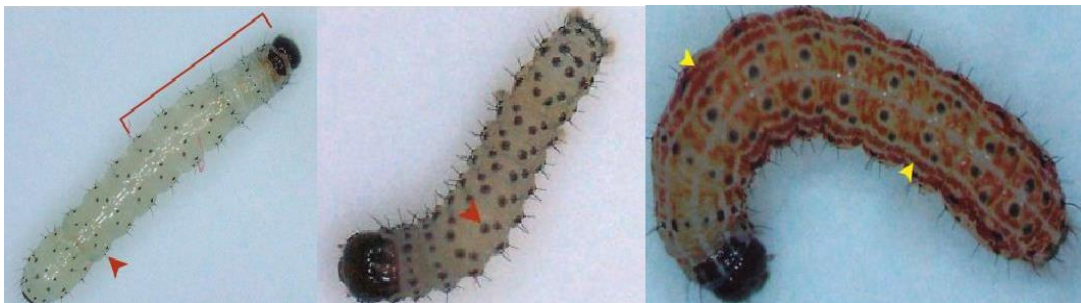


Figura 6. Primer, segundo y tercer estadio larval (CIAT, 2016).



Figura 7. Cuarto, quinto y sexto estadio larval (CIAT, 2016).

Durante el primer y segundo estadio la larva se distribuye por toda la planta para asegurar el alimento y evitar el canibalismo. A partir del tercer estadio algunas larvas se introducen en el cogollo, haciendo perforaciones las cuales son dañinas para el desarrollo de la planta (Negrete, 2003).

### 1.2.3 Etapa pupal de *Spodoptera frugiperda*

Después de su etapa larval el insecto entra a la etapa pupal (Figura 8) en la cual adquiere un aspecto de color rojizo o caoba con una longitud de 14 a 17mm de longitud y con unas especies de ganchos en forma de “U” invertida al final de su cuerpo, esta etapa es caracterizada por un estado de reposo que guarda el insecto en el suelo durante 10 días aproximadamente (Negrete, 2003).

### 1.2.4 Etapa adulta de *Spodoptera frugiperda*

Posterior a la etapa pupal emerge una mariposa o adulto el cual es de color gris predominantemente (Figura 8), en el caso de los machos estos presentan figuras llamativas en sus alas delanteras mientras que en las hembras las alas son más de un tono blancuzco, estas mariposas tienen mayor actividad en la noche y son atraídas por la luz, su cuerpo mide 18 mm aproximadamente con una expansión alar de 38 mm (Negrete, 2003).



Figura 8. Etapa pupal y etapa adulta de *Spodoptera frugiperda* (FAO, 2017).

### 1.3 Métodos de control de *Spodoptera frugiperda*.

Derivado de los impactos económicos que puede generar esta plaga sobre los cultivos se han establecido diferentes métodos para intentar disminuir los daños y pérdidas que se generan. (González-Maldonado *et al.*, 2015).

### 1.3.1 Control agronómico

Este método de control se basa en técnicas agronómicas como lo es la rotación de cultivos, la cual consiste en alternar el mismo, es decir producir un tipo de cultivo una temporada y cambiar en la siguiente, de esta manera se evita el establecimiento de plagas sobre el cultivo. Por otro lado, también es utilizada la preparación del terreno eliminando malezas pues las pupas quedan expuestas ante depredadores y condiciones adversas (Cortez y Pérez, 2014).

### 1.3.2 Control mecánico

Consiste en eliminar directamente a las larvas que son visibles durante las revisiones del cultivo o si el cogollo está infestado, este se aprieta para eliminar a la plaga o se puede aplicar tierra o aserrín para generar daños al gusano (CEDECO, 2004)

### 1.3.3. Control físico

Este método de control se emplean diferentes barreras físicas para impedir el contacto de la plaga con los cultivos. Para este método de control se puede hacer uso de acolchados de plástico, papel o algunos materiales orgánicos, cubriendo la superficie de la parcela o en líneas entorno al cultivo. Otro método implica la colocación de mallas finas que impiden el acceso a los insectos e incluso pájaros. También se puede emplear el uso de mantas térmicas (agril) para la protección del cultivo (AGROintegra, 2014).

### 1.3.4 Control biológico

Los métodos de control biológicos se basan en introducir enemigos naturales de los insectos plaga. Por ejemplo, se liberan adultos de *Polistes erythrocephalus* (Figura 9), mejor conocida como avispa patiamarilla, para la depredación de *S. frugiperda*. Otros organismos que también ayudan al control de *S. frugiperda* son *Telonomus sp.*,



*Euplectrus plathypenae*, *Chelonus insularis*, *Rogas sp.* y *Archytas marmoratus*, que de igual forma que la avispa patiamarilla, compiten *contra S. frugiperda* impidiendo su desarrollo, ya sea por depredación o generando un efecto parasitario en el gusano(Pérez, 2010).



Figura 9. *Polistes erythrocephalus* (Naturalista, 2020)

#### 1.3.5 Control por organismos genéticamente modificados

Debido a los daños por plaguicidas, la demanda de productos, el crecimiento de malezas y la calidad de los cultivos, se han desarrollado cultivos tolerantes a plagas, enfermedades y malezas, modificados genéticamente. El Maíz tolerante a insectos o maíz Bt está diseñado genéticamente para expresar proteínas de la bacteria del suelo *Bacillus thuringiensis*, que presenta toxicidad específica para las plagas de insectos, estas proteínas, denominadas *Cry*, se activan en el sistema digestivo del insecto y se adhieren a su epitelio intestinal, alterando el equilibrio osmótico del intestino, lo que provoca parálisis del sistema digestivo y posteriormente el insecto deja de alimentarse y muere a los pocos días (ILSI, 2006).

#### 1.3.6 Control químico sintético

Este método de control se basa en la aplicación de diferentes compuestos sintéticos con alta estabilidad como son los organofosforados, organoclorados, piretroides, entre otros, para causar un efecto toxicológico sobre los insectos plaga. Dentro de

las sustancias químico sintéticas más utilizados en México y que son de alta peligrosidad se encuentra en primer lugar el uso de paratión metílico, el cual es un organofosforado utilizado en la agricultura e industria; el clorpirifós etil, al igual que el anterior es un organofosforado empleado para uso doméstico, agrícola, pecuario, urbano e industrial; el tercer lugar lo ocupa la cipermetrina, insecticida acaricida de tipo piretroide usado en el sector agrícola, doméstico, pecuario e industrial; después está el malatión, insecticida organofosforado usado en la agricultura, jardinería y en la industria; por último tenemos a la permetrina el cual es un insecticida de tipo piretroide empleado para uso pecuario, agrícola, industrial y doméstico (RAPAM, 2017).

#### 1.3.6.1 Problemas asociados al control químico sintético

Las ventajas de los métodos químicos son principalmente su efectividad, la rapidez con la que atacan al organismo blanco y que son de fácil manejo para el agricultor, pero por otra parte, el uso de estos compuestos químicos sintéticos tiene varias desventajas como: la generación de resistencia en las plagas, daños a la salud y al ambiente como lo es la contaminación en los diferentes compartimentos ambientales lo que finalmente causa daños irreversibles en la ecología e incluso pérdidas económicas. Un factor importante que se debe considerar es que estos compuestos químicos sintéticos se aplican mediante un calendario independientemente de la presencia de la plaga, lo que genera un uso indiscriminado del mismo, además su adquisición es muy accesible, lo cual aumenta el riesgo ambiental; por las razones anteriores este método de control debería considerarse como la última opción (Grijalba et al., 2018; Rogg, 2000).

#### 1.3.7 Control botánico

Desde hace cientos de años se han estado utilizando polvos y extractos de plantas para combatir insectos que son plagas, entre estos se puede encontrar al barbasco (*Lonchocarpus* sp.) (Figura 11), rotenona (*Derris* sp.) (Figura 10), tabaco (*Nicotina*

*tabacum*), sabadilla (*Schoenocaulon officinale*), piretro (*Tanacetum cinerariaefolium*) y heléboro (*Veratunálbum*) solo por mencionar algunas especies (Ware y Whitacre, 2004). Se ha reportado que en varias zonas áridas y semiáridas hay gran variedad de especies vegetales que producen y acumulan en sus tejidos metabolitos secundarios los cuales tienen efectos defensivos contra insectos, entre estos está la actividad de repelencia a larvas y adultos, reducción de la movilidad del intestino de los insectos, inhibición de la alimentación, inhibición del crecimiento, toxicidad en larvas y adultos, interferencia en la comunicación, inhibición de la ovoposición o esterilización en los adultos (Delgado et al., 2012). Algunos ejemplos de metabolitos secundarios en contra de *Spodoptera spp.* son la anabasina (alcaloide) y la azadiractina (terpenoide). Se ha reportado que algunos extractos de plantas como *Atalantia monophylla*, *Couropita guianensis*, y *Azadirachta indica* han tenido efectos biológicos en el género *Spodoptera*. El aislamiento, la identificación y la aplicación de metabolitos secundarios y extractos de plantas siguen siendo una alternativa potencial a los insecticidas químicos. Esto podría conducir a insecticidas botánicos fácilmente degradables, amigables con el medio y con un mejor impacto económico sobre la agricultura (Ayil et al., 2018).



Figura 10. *Derris* sp. (EcuRed, 2009).



Figura 11. *Lonchocarpus* sp. (EcuRed, 2010).

Las plantas de la familia de las asteráceas son de las más estudiadas para el control de insectos que son plaga, debido a la actividad insecticida que sus metabolitos le confieren, destacando principalmente a los monoterpenos. Algunos ejemplos de estas plantas son: *Tanacetum cinerariifolium*, *Anacyclus pyrethrum*, *Corrigiola littoralis*, *Melampodium americanum*, entre otras. (Del Vitto y Petenatti, 2015).

#### 1.4 *Heterotheca inuloides*.

*Heterotheca inuloides* (Figura 12) conocida popularmente como árnica mexicana, cuya taxonomía se muestra en el Cuadro 1, es una planta nativa de México, perteneciente a la familia Asteraceae (Egas et al., 2018). *H. inuloides* tiene tres variedades: *H. inuloides* var. *Inuloides*, *H. inuloides* var. *rosei* y *H. inuloides* var. *viridis* distribuidas en todo México, pero principalmente en la región central de este país. Esta especie es ampliamente utilizada en la medicina tradicional mexicana mediante tés e infusiones de las flores, hojas y tallos; para tratar hematomas, problemas dermatológicos, dolores reumáticos, contusiones, úlceras estomacales y otros trastornos como cáncer y diabetes (Rodríguez et al., 2017).



Figura 12. *Heterotheca inuloides* Cass (CONABIO, 2009).

Cuadro 1. Taxonomía de *Heterotheca inuloides* (Tropicos, 2020).

Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnoliidae
Superorden	Asteranae.
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	<i>Heterotheca</i>
Especie	<i>H. inuloides</i>

Los principales metabolitos biosintetizados por *H. inuloides* están englobados principalmente en los siguientes grupos estructurales: sesquiterpenoides de tipo cadinano, triterpenos, fitoesteroles y flavonoides (Egas et al., 2018). Se ha reportado que diferentes especies del género *Heteroteca* tienen actividad insecticida y acaricida contra el ácaro *Varroa jacobsoni* (Acari: Varroidae), larvas de tercer estadio de *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) y *Pseudoplusia includens* (Lepidoptera: Noctuidae); de igual manera *H. inuloides* ha sido evaluada como una opción en la lucha contra plagas de maíz y frijol tales como el gorgojo de

maíz *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) y gorgojo de frijol *Zabrotessubfasciatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) (Rodríguez et al., 2017).

## **2. HIPÓTESIS.**

Los extractos acetónicos de las partes aéreas de *H. inuloides* contienen metabolitos secundarios pertenecientes a la familia química de los terpenos, los cuales le confieren actividad insecticida contra *Spodoptera frugiperda*.

### 3. OBJETIVOS.

#### 3.1 General.

Evaluar la actividad insecticida de 2 extractos acetónicos de las partes aéreas de *Heterotheca inuloides* sobre el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*).

#### 3.2 Específicos.

- Evaluar el efecto de los extractos acetónicos de *H. inuloides* adiferentes concentraciones contra *S. frugiperda*.
- Determinar la concentración letal media del extracto acetónico de *H. inuloides* contra *S. frugiperda*.



## 4. METODOLOGÍA.

### 4.1 Materiales

- Vaso de precipitado 500 mL
- Vaso de precipitado de 100 mL
- Pipeta volumétrica de 10 mL
- Pipeta volumétrica de 5 mL
- Pipeta graduada de 5 mL
- Probeta de 100 mL
- Matraces Erlenmeyer de 125 mL
- Matraz bola 24/40 de 250 mL
- Refrigerante serpentín 24/40
- Varilla de vidrio
- Espátula
- Pinzas metálicas
- Vasos marca PRIMO®, #0

### 4.2 Reactivos.

- Agua destilada
- Metanol grado técnico, marca
- Acetona grado técnico, marca
- Polivinilpirrolidona grado técnico

### 4.3 Equipos.

- Bomba de vacío
- Plato caliente
- Bomba recirculadora

- Regulador de intensidad de corriente
- Evaporador rotatorio
- Balanza analítica
- Sonificador
- Cámara bioclimática

#### 4.4 Procedimiento.

##### 4.4.1. Sitio de estudio.

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas, ubicado en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro.

##### 4.4.2. Obtención de individuos de *Spodoptera frugiperda*

Los individuos de *S. frugiperda* fueron proporcionados por el Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas, seleccionando larvas del segundo estadio, pertenecientes a la F5.

##### 4.4.3. Obtención de los extractos de *Heterotheca inuloides*.

El procedimiento para la obtención de los extractos consistió primeramente en la recolección y preparación del material vegetal, para posteriormente aplicar la técnica de maceración para obtener los extractos.

##### 4.4.3.1. Recolección y preparación de *Heterotheca inuloides*.

Se recolectaron 2 muestras de aproximadamente 1 Kg de *H. inuloides* en la región de Atlixco, Puebla, México, el cual se encuentra entre las siguientes coordenadas

geográficas: paralelos 18° 49` 30" y 18° 58` 30" de latitud norte y los meridianos 98° 18` 24" y 98° 33` 36" de longitud occidental. Las muestras del material vegetal fueron autenticadas por M. en C. María Edelmira Linares-Mazari, el número de colecta registrado fue: E. Linares 2757 y Bye. Un espécimen se depositó en el herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México. Posteriormente el material vegetal recolectado fue trasladado al Laboratorio de Compuestos Naturales Insecticidas donde se deshidrató en condiciones de temperatura ambiente y a la sombra por un periodo de 3 semanas. Después del periodo de secado, todo el material vegetal fue cortado y molido hasta obtener fragmentos pequeños y estos se molieron en una licuadora marca Oster.

#### 4.4.3.2. Técnica de extracción.

Para la obtención de los extractos, se utilizó la técnica de maceración, la cual consistió en colocar el material seco y molido de la planta en acetona, 3 veces consecutivas, durante 24 horas cada una, manteniendo una relación con la acetona de 1:5 (material vegetal: acetona). Posteriormente el sobrenadante se filtró al vacío. El líquido recolectado se evaporó hasta sequedad mediante un evaporador rotatorio IKA RV10. Las cantidades de material vegetal utilizadas en la maceración fueron de 150 g y 75 g para la muestra A y B respectivamente.

#### 4.4.4. Evaluación insecticida del extracto acetónico de *Heterotheca inuloides* contra *Spodoptera frugiperda*.

Durante la preparación de la dieta artificial que se le suministro a *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio, se le colocaron diferentes concentraciones de cada uno de los extractos, obteniendo tratamientos con diferentes concentraciones. La dieta artificial está basada en el trabajo de Bervingson y Kumar (1997) y modificada por Ramos et al. (2014), dicha dieta tiene la composición indicada en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición de aproximadamente 1 Kg de dieta.

Levadura	20 g
Maíz	120 g
Frijol	60 g
Sulfato de neomicina	0.6 g
Vitaminas	2.5 g
Ácido ascórbico	1.7 g
Metil 4-hidroxibenzoato	1.7 g
Formaldehído al 10%	2.5 mL
Agar	10 g
Agua	800 mL
Etanol	17 mL

El procedimiento para preparar cada una de las dietas con las diferentes concentraciones de extracto, consistió en triturar el maíz, el frijol y las vitaminas hasta obtener el polvo de cada uno de ellos, estos polvos se colocaron en un recipiente plástico de 2 L de capacidad junto al Sulfato de neomicina, la levadura y el metil 4-hidroxibenzoato. El ácido ascórbico se disolvió en el etanol, utilizando un baño ultrasonico para disolverlo. El agar se añadió a 400 mL de agua destilada y se llevó a ebullición, para posteriormente agregarlo al recipiente plástico que contenía a los demás ingredientes, junto con el ácido disuelto y los otros 400 mL de agua destilada. Antes de que la mezcla se solidificara se agregaron las diferentes cantidades de los extractos, los cuales fueron previamente disueltos en agua con polivinilpirrolidona (PVP) como co-disolvente, manteniendo una relación peso/volumen 2:1 (PVP:extracto). Con todos los componentes integrados, la mezcla se agito con ayuda de una espátula de acero inoxidable y posteriormente se dejó enfriar a temperatura ambiente por 24 h.

Una vez solidificada la mezcla, se cortó en trozos de aproximadamente 1cm<sup>3</sup> y luego cada uno se colocó en vasos individuales de plástico marca PRIMO del número 0 con una larva de segundo estadio, realizando este paso 20 veces por cada una de

las concentraciones del extracto incluyendo el control negativo, posteriormente se tapó cada uno de los vasos con tapas de plástico del número 0 y se resguardaron en la cámara bioclimática con:  $27\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $70\% \pm 5\%$  humedad relativa; fotoperiodo luz – oscuridad de 14-10 horas.

El experimento se revisó cada 3<sup>er</sup> día hasta que las larvas alcanzaron el sexto estadio, a partir de ese momento se revisaron diariamente. Las respuestas que se registraron fueron: mortalidad larval, mortalidad pupal y mortalidad acumulada.

Para conocer las concentraciones que mostraron el máximo y mínimo que mostraron actividad biológica, se realizaron bioensayos preliminares usando concentraciones logarítmicas que fueron de 0.5 ppm a 5000 ppm. A partir de los resultados de estos bioensayos preliminares, se evaluaron concentraciones que aparecían dentro de la ventana de actividad, las cuales fueron de: 0 (control negativo), 500, 1000, 2000 y 5000 ppm, esto en el caso del extracto de la muestra A. Para la muestra B, debido a que se contaba con una menor cantidad de material vegetal y por lo tanto de extracto, comparada con la muestra A, se optó por hacer la evaluación con las concentraciones de: 0 (control negativo), 100, 400, 600 y 1000 ppm, los bioensayos preliminares mencionados se realizaron siguiendo la misma metodología antes descrita.

#### 3.4.5 Análisis estadístico.

Los datos obtenidos tanto en los bioensayos preliminares, como en los bioensayos finales se analizaron mediante un análisis de varianza de una vía y la prueba de Tukey con un nivel de confianza de 95%, además se calculó la concentración letal media ( $CL_{50}$ ) mediante un análisis PROBIT también con un nivel de confianza de 95%, todo lo anterior se realizó con el software Minitab 1.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cuadro 3. Ensayo preliminar del extracto acetónico de la muestra A de *Heterotheca inuloides*.

Tratamiento (ppm)	% Mortalidad larval
5000	100±0 a
500	50±11.5 b
50	15±8.2 c
5	5±5 c
0	5±5 c
P<0.0001	
CL <sub>50</sub>	494.5 ppm (355.9 – 824.2 ppm)

En el ensayo preliminar de la muestra A, se observó que solo las concentraciones de 500 ppm y 5000 ppm mostraron respuestas estadísticamente diferentes respecto al control, sobreviviendo el 50% de la población inicial para el primer caso y para el segundo no se registró ningún individuo sobreviviente en un periodo de 20 días. La CL<sub>50</sub> calculada fue de 494.5 ppm.

Cuadro 4. Ensayo preliminar del extracto acetónico de la muestra B de *Heterotheca inuloides*.

Tratamiento (ppm)	% Mortalidad larval
5000	95±5 a
500	40±11.2 b
50	5±5 c
5	5±5 c
0	5±5 c
P<0.0001	
CL <sub>50</sub>	2005.6 ppm (1404.3 – 3005.2 ppm)

Para el ensayo preliminar con el extracto de la muestra B, los tratamientos de 500 ppm y 5000 ppm fueron las que mostraron una respuesta estadísticamente diferente a la del control, donde a 500 ppm sobrevivió el 60% de la población inicial y a 5000 ppm solo el 5% en un periodo de 20 días. La CL<sub>50</sub> calculada fue de 2005.6 ppm.

Cuadro 5. Actividad insecticida del extracto acetónico de la muestra A de *Heterotheca inuloides*.

Tratamiento (ppm)	% Mortalidad larval	% Mortalidad pupal	% Mortalidad acumulada
5000	90±6.9 a	10± 6.9 a	100±0 a
2000	70±10.5 ab	15±8.2 a	85±8.2 ab
1000	85±8.2 a	0±0 a	85±8.2 ab
500	45±11.4 bc	20±9.2 a	65±10.9 b
0	15±8.2 c	5±5 a	20±9.2 c
	P<0.0001	P=0.241	P<0.0001
CL <sub>50</sub>	730.4 ppm (-327.1 – 1434.9 ppm)		401.5 ppm (-144.8 – 732.5 ppm)

Para el extracto de la muestra A, los tratamientos que mostraron una respuesta estadísticamente diferente en la mortalidad larval fueron los de 5000 ppm (Figuras 13 y 14), 2000 ppm (Figuras 15 y 16) y 1000 ppm (Figura 17) llegando a fase pupal solo el 10%, 30% y 15% del total de individuos respectivamente. Para la mortalidad pupal se observó que ningún tratamiento mostro una respuesta estadísticamente diferente al control. En el caso de la mortalidad acumulada, todos los tratamientos arrojaron una respuesta estadísticamente diferente a la del control, sobreviviendo el 35% de los individuos para el tratamiento de 500 ppm, 15% para 1000 ppm y 2000 ppm, mientras que para el tratamiento de 5000 ppm no sobrevivió ningún individuo. La CL<sub>50</sub> larval de la muestra A fue de 730.4 ppm y para la CL<sub>50</sub> acumulada fue de 401.5 ppm.



Figura 13. Larvas muertas expuestas a 5000 ppm de extracto A (Fuente propia).



Figura 14. Larva muerta tratada con 5000 ppm de extracto A (Fuente propia).





Figura 15. Larvas muertas expuestas a 2000 ppm de extracto A.



Figura 16. Larva muerta tratada con 2000 ppm de extracto A (Fuente propia).



Figura 17. Larvas muertas expuestas a 1000 ppm de extracto A.

Cuadro 6. Actividad insecticida del extracto acetónico de la muestra B de *Heterotheca inuloides*.

Tratamiento (ppm)	% Mortalidad larval	% Mortalidad pupal	% Mortalidad acumulada
1000	70±10.5 a	0±0 b	70±10.5 a
600	40±11.2 a	5±5 ab	45±11.4 ab
400	30±10.5 b	20±9.2 a	50±11.5 ab
100	15±8.2 b	5±5 ab	20±9.2 b
0	15±8.2 b	0±0 b	15±8.2 b
	P=0.001	P=0.047	P=0.001
CL <sub>50</sub>	711.7 ppm (540.6 – 1024.7 ppm)		609.8 ppm (434.3 – 894.6 ppm)

En la evaluación de la mortalidad larval del extracto acetónico de la muestra B, se observó que los tratamientos a 1000 ppm (Figura 18 y 19) y 600 ppm (Figura 20) mostraron una respuesta estadísticamente diferente a la del control, pasando a fase pupal únicamente el 30% y 60% de la población total respectivamente. En el caso de la mortalidad pupal, solo el tratamiento de 400 ppm mostró una respuesta estadísticamente diferente al control. Por otro lado, en la mortalidad acumulada se observó que solo el tratamiento de 1000 ppm obtuvo una respuesta estadísticamente diferente al control, sobreviviendo el 30% de la población inicial. La CL<sub>50</sub> larval de la muestra B fue de 711.7 ppm y la CL<sub>50</sub> acumulada fue de 609.8 ppm.



Figura 18. Larvas muertas expuestas a 1000 ppm de extracto B. (Fuente propia).



Figura 19. Larva muerta tratada con 1000 ppm de extracto B (Fuente propia).



Figura 20. Larvas muertas expuestas a 600 ppm de extracto B. (Fuente propia).

En diferentes investigaciones se ha reportado la actividad insecticida de diferentes especies plantas de la familia Asteracea contra *S. frugiperda*. Aldana-Llanos et al. (2012) obtuvo  $CL_{50}$  acumuladas de 312.2, 246.9 y 152.2 ppm para los extractos hexanico, acetónico y etanólico respectivamente de las partes aéreas de *Tagetes erecta* contra larvas de *S. frugiperda*, dichos resultados fueron obtenidos a partir de la evaluación a concentraciones de 0,125, 250, 750 y 1000 ppm. En el presente trabajo se obtuvo una  $CL_{50}$  acumulada de 401.5 para el extracto de la muestra A, evaluando concentraciones de 5000, 2000, 1000, 500 y una  $CL_{50}$  de 609.8 ppm para el extracto de la muestra B, evaluando 1000, 600, 400, 100 y 0 ppm. La  $CL_{50}$  acumulada obtenida en este trabajo a partir del extracto de la muestra A es cercana a las reportadas por el autor mencionado usando los extractos hexanico y acetónico, aun así, se puede apreciar que los valores obtenidos con estos extractos mencionados son menores, por lo que se puede establecer que hay una mayor respuesta insecticida de estos extractos en comparación con el extracto A de *Heterotheca inuloides* evaluado en este trabajo. En el caso de la muestra B el valor de la  $CL_{50}$  acumulada es menor que la de la muestra A, lo que indica también una menor respuesta comparada con los extractos hexanico y etanólico de las partes aéreas de *T. erecta*. Romo-Asunción et al. (2016), realizaron la evaluación del extracto hexánico de las partes aéreas de *Senecio salignus* a concentraciones de 0, 50, 500, 1000, 2000 y 5000 ppm contra larvas de *S. frugiperda*, donde a partir de 500

ppm se obtuvieron respuestas significativamente diferentes al control, con mortalidades larvales de 52.5, 90, 95 y 100% respectivamente. En la presente investigación el extracto de la muestra A arrojó respuesta significativamente diferente a la del control también a partir de 1000 ppm, con mortalidades larvales de 85, 70 y 90% para 1000, 2000 y 5000 ppm respectivamente, mientras que para el segundo extracto las respuestas estadísticamente diferentes a la del control se dieron a 600 y 1000 ppm con una mortalidades larvales de 40 y 70% respectivamente, esto indica que ambos extractos acetónicos de *H. inuloides* presentaron actividad insecticida, pero menor con una menor respuesta en comparación con la obtenida utilizando las partes aéreas de *S. salignus*.

De igual manera se ha reportado actividad insecticida en diferentes especies de la familia Asteraceae contra otros insectos plaga. Rodríguez-Hernández y López-Pérez (2001), reportaron una mortalidad de 100% a partir de la aplicación de polvo de raíz de *S. salignus* al 1% (p/p) mezclado en el alimento, en contra de adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera: Bruchidae). A partir del método de impregnación en papel Rodríguez-Torres et al. (2021) obtuvieron una mortalidad de 50.4% a 500 ppm usando el aceite esencial de *Tagetes filifolia* en contra de *Pagiocerus frontalis* (Coleoptera: Curculionidae). Utilizando también el método de impregnación en papel Nenaah et al. (2015) evaluaron la actividad biológica de los aceites esenciales de *Ageratum conyzoides*, *Achillea fragrantissima* y *Tagetes minuta* contra adultos de *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) reportando CL<sub>50</sub> de 37.1, 66.3 y 123.2 ppm respectivamente. Estos trabajos indican que la familia botánica Asteraceae es de interés particular ya que está conformada por diferentes especies que han mostrado actividad insecticida contra *S. frugiperda* y otros insectos plaga.

## 6. CONCLUSIONES

Objetivo específico 1: Los dos extractos acetónicos de las partes aéreas de *H. inuloides* evaluados contra el gusano cogollero del maíz, presentaron actividad insecticida. El extracto de la muestra A presentó una mayor respuesta en comparación con el extracto de la muestra B, ya que con el primero se alcanzó una mortalidad tanto larval como acumulada de 85% a 1000 ppm y a esa misma concentración el extracto de la muestra B registró mortalidades larval y acumulada de 70%.

Objetivo específico 2: Se determinaron las  $CL_{50}$  para cada extracto acetónico de las partes aéreas de *H. inuloides*, donde las  $CL_{50}$  larval y acumulada del extracto de la muestra A fueron de 730.4 y 401.5 ppm respectivamente. Para el extracto de la muestra B los valores de  $CL_{50}$  larval y acumulada fueron de 711.7 y 609.8 ppm respectivamente. Considerando que para el control del insecto los valores de la  $CL_{50}$  acumulada son de mayor impacto debido a que integran la mortalidad en la fase larval y pupal, se puede establecer que es más conveniente emplear el extracto de la muestra A que el del extracto B.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

**AGROIntegra.** Control físico. España: AGROIntegra [página web]. **2014** [consultado 2020 septiembre 2]. Disponible en: <https://agrointegra.eu/es/tecnologia/105-contenido/497-control-fisico.html>.

**Aldana-Llanos, L.,** Salinas-Sánchez, D., Váldez-Estrada, M., Gutiérrez-Ochoa, M., Rodríguez-Flores, E. y Navarro-García, V. Biological activity of dose extracts of *Tagetes erecta* L. on *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Southwestern Entomologist*. 2012; 37(1):31-38.

**Ayil, B.,** Sánchez, L., Vazquez, F., Monforte, M., Tamayo, Y., Tamayo M, Rivera G. Biological effects of natural products against *Spodoptera* spp. *Crop Protection* [serie en internet] **2018** [consultado 2020 julio 20]; 114:195-207. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.032>

**Bergvinson, J. y Kumar, H.** Cría masiva de insectos en el laboratorio de entomología del CIMMYT (*Diatrea grandiosella*, SWCB; *Diatrea saccharalis*, SBC; *Spodoptera frugiperda*, FAW y *Helicoverpa zea*, CEW). *Maize Entomology*. **1997**. Appendix 7. CIMMYT.

**Casmuz A,** Juárez M, Socías G, Murúa G, Prieto S, Medina S, Willink E, Gastaminza G. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. **2010**; 69(3-4):209-231.

**CEDECO.** La salud en la finca orgánica y su relación con la nutrición de las plantas: Control y prevención de insectos y enfermedades. Serie Agricultura Orgánica. **2004**;1:1-59

**CIAT.** Identificación de estadios larvales de lepidópteros plaga de maíz-Plaga de maíz. CIAT, **2017**; 1:1-46.

**CIMA.** Maíz. CIMA [página web]. **2019** [consultado 2020 agosto 1]. Disponible en: <https://www.cima.aserca.gob.mx/swb/cima/Maiz>.

**CONABIO.** *Heterotheca inuloides* Cass. CONABIO [página web]. **2009** [consultado 2021 agosto 1]. Disponible en: <https://www.cima.aserca.gob.mx/swb/cima/Maiz>.

**Cortez, E.** Recomendaciones para el manejo de las principales plagas insectiles del maíz en el norte de Sinaloa. Fundación produce. **2007**; 1:1-41.

**Cortez, E. y Pérez, M.** Recomendaciones para el manejo integrado de plagas en maíz, con énfasis en el gusano cogollero. Fundación produce. **2014**; 1: 1-15.

**Delgado, B.,** García, M., Ybarra, M., Luna, M., y Martínez, M. Propiedades entomotóxicas de los extractos vegetales de *Azardichta indica*, *Piper auritum* y *Petiveria alliacea* para el control de *Spodoptera exigua* Hübner. Chapingo Serie Horticultura. **2012**; 18(1): 55-69.

**Del Vitto, L. y Petenatti, E.** Asteráceas de importancia económica y ambiental. UNSL. **2015**; 24:47-74.

**EcuRed.** Barbasco. EcuRed [página web]. **2010** [consultado 2021 junio 12]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Barbasco>.

**EcuRed.** Derris. EcuRed [página web]. **2009** [consultado 2021 junio 9]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Derris>

**Egas, V.,** Salazar, G., Romero, I., Méndez, C., Rodríguez, J. y Delgado, G. Anti-Helicobacter pylori metabolites from *Heterotheca inuloides* (Mexican arnica).



Fitoterapia. **2018**; 127:314-321.

**FAO.** Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz (en América Latina). FAO [página web]. **2017** [consultado 2021 abril 12]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i7424s/i7424s.pdf>

**Gonzalez-Maldonado, M.,** Gurrola-Reyes, J. y Chaírez-Hernandez, I. Productos biológicos para el control de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Revista Colombiana de Entomología. **2015**;41(2): 200-204.

**Hortoinfo.** Araña roja (*Tetranychus urticae*). Argentina ILSI [página web]. **2015** [consultado 2021 octubre 7]. Disponible en: <https://www.hortoinfo.es/index.php/plagas/564-ara-roja-tetranychus-urticae-090314>.

**ILSI** Argentina. Maíz y nutrición. Informe sobre los usos y las propiedades nutricionales del maíz para la alimentación humana y animal físico. ILSI. **2006**; 2:1-80.

**INIFAP.** Recomendaciones para la producción de grano y forraje de maíz bajo riego en Durango. INIFAP. **2017**; 1: 1-20.

**Naturalista.** Avispa de Papel de Cabeza Roja *Polistes erythrocephalus*. Naturalista [página web]. **2020** [consultado 2021 septiembre 9]. Disponible en: [https://www.naturalista.mx/taxa/555388-Polistes-erythrocephalus/browse\\_photos](https://www.naturalista.mx/taxa/555388-Polistes-erythrocephalus/browse_photos).

**NDSU** (North Dakota State University). *Chaetocnema ectypa*. NDSU [página web]. **2006** [consultado 2021 septiembre 2]. Disponible en: <https://www.ndsu.edu/ndmoths/prairieinsects/Coleoptera/Pages/C-Cectypa.htm>

**Negrete F.** El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*. Smith). Corpoica. **2003**; 1:1-26.

**Nenaah, G.**, Ibrahim, S. y Al-Assiuty, B. Chemical composition, insecticidal activity and persistence of three Asteraceae essential oils and their nanoemulsions against *Callosobruchus maculatus* (F.). *Journal of Stored Products Research*.**2015**; 61: 9–16.

**Pérez N.** Alternativas al control químico de plagas. *REDESMA*.**2010**;4(1):45-57.

**Ramos, M.**, Romo, D., Martínez, D., Gaspar, A., López, S. y Pacheco, J. Evaluación del extracto clorofórmico de jarilla (*Senecio salignus*) contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomología Mexicana*.**2014**;1:126-129.

**RAPAM.** Los Plaguicidas Altamente Peligrosos en México.*RAPAM*.**2017**;1: 1-364.

**Rodríguez-Hernández, C. y López-Pérez, E.** Actividad insecticida e insectistática de la chilca (*Senecio salignus*) sobre *Zabrotes subfasciatus*. *Manejo Integrado de Plagas*. **2001**; 59:19–26.

**Rodríguez, J.**, Egas, V., Linares, E., Bye, R., Hernandez, T., Espinoza, F. y Delgado, G. Mexican Arnica (*Heterotheca inuloides* Cass. Asteraceae: Astereae): Ethnomedical uses, chemical constituents and biological properties. *Journal of Ethnopharmacology*. **2017**; 195:39-63.

**Rodriguez-Torres, L.**, Roque-Huanca, B. y Solís-Quispe L. Actividad insecticida del aceite esencial de Pampa Anís (*Tagetes filifolia* Lag.) sobre el gorgojo del maíz (*Pagiocercus frontalis*). *Universidad Del Altiplano*.**2019**; 10(3): 2269-2280.

**Rogg, H.** Manejo Integrado y Control Biológico de Plagas y Enfermedades, Una Guía Teórica. *ABYA-YALA*. **2000**;1: 53-54.

**Romo-Asunción, D.**, Ávila-Calderón, M., Ramos-López, M., Barranco-Florido, J., Rodríguez-Navarro, S., Romero-Gomez, S., Aldeco-Pérez, E., Pacheco-Aguilar, J. y

Rico-Rodríguez, M. Juvenomimetic and Insecticidal Activities of *Senecio salignus* (Asteraceae) and *Salvia microphylla* (Lamiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Entomologist. **2016**; 99(3), 345–351.

**SENASICA**. Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Ficha Técnica. SENASICA.**2020**;1:1-25

**SIAP** (Servicio de información agroalimentaria y pesquera). Maíz. SIAP [página web]. **2019** [consultado 2020 julio 8]. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap>

**Soto, A.** Caracterización molecular de aislamientos de *Beauveria bassiana* *Metarhizium anisopliae* y evaluación de su toxicidad sobre gusano cogollero del Maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Tesis, Maestro en Ciencias Naturales y Medio Ambiente IPN. **2008**. 20-35

**Tropicos**. *Heterotheca inuloides*. Trópicos [página web]. **2020**[consultado 2020 julio 1]. Disponible en: <https://www.tropicos.org/name/2732943>

**Ware, W. y Whitacre, M.** An introduction to insecticides. 4ta. edición. Thomson Publications. **2004**; 1:3-20.

**Yañez C.** Manual de producción de maíz para pequeños agricultores y agricultoras. Quito: Quito EC. **2008**; 1:1-23.

**Zavala M, Pérez S, Romo D, Cárdenas N, Ramos M.** Activity of four *Salvia* species against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).Southwestern Entomologist .**2013**;38(1):67-73.