

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE PARASITÓLOGIA



Actividad Insecticida de Polvos Botánicos para el Control de Larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

EDGAR DE JESÚS GUZMÁN URIBE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Actividad Insecticida de Polvos Botánicos para el Control de Larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

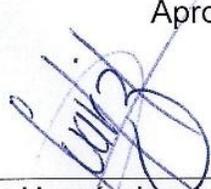
EDGAR DE JESÚS GUZMÁN URIBE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dr. Agustín Hernández Juárez
Asesor Principal



Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo



Dr. Luis Alberto Aguirre Uribe
Coasesor



Ing. Aidee González Ruíz
Coasesor



Dr. Gabriel Galegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía

Buenvista, Saltillo, Coahuila, México

Noviembre, 2018



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **Dios** por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**, por la oportunidad de seguir adelante, desarrolla mis habilidades personales y profesionales lo más humanamente posible por eso y más, **GRACIAS ALMA TERRA MATER**.

Al **DR. AGUSTÍN HERNÁNDEZ JUÁREZ**, por sus conocimientos y orientación, así como su apoyo incondicional en el transcurso de este proyecto, por toda la paciencia que tuvo conmigo en este logro profesional, por el tiempo dedicado día con día, muchas gracias.

A la **DRA. MIRIAM SÁNCHEZ VEGA**, por sus conocimientos brindados, por confiar en mí, por su apoyo y su tiempo durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

A la **ING. AIDEÉ GONZÁLEZ RUÍZ**, por su amistad, por el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

Al **DR. LUIS ALBERTO AGUIRRE URIBE**, por su participación y colaboración con este trabajo de investigación.

A mis **Maestros** del departamento de **PARASITOLOGÍA**, por orientarme y guiarme a lo largo de mi carrera profesional, así mismo agradecer su paciencia y amistad brindada.

A mi **Familia**, por darme su apoyo y confianza incondicional a lo largo de mi vida, por estar siempre conmigo.

A **JAQUELINE FLORES JÍMENEZ**, por estar conmigo y creer en mí incondicionalmente en el transcurso de este logro, por esa paciencia que pocos tienen, muchas gracias.

A mis **Compañeros y amigos** de clase, por su amistad y apoyo en este viaje que se comenzó juntos.

A todas aquellas personas que de alguna forma han contribuido en mi vida.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mi madre:

MARÍA DE LA PAZ URIBE CASTELLÓN, por el gran amor y confianza, por el apoyo ilimitado e incondicional que siempre me has dado, por darme fuerza de salir adelante sin importar cualquier cosa, por formar a un hombre de bien, y por ser la mujer que me dio la vida y me enseñó a ser una mejor persona con base en sus consejos y regaños, no existen palabras para agradecer cada una de las cosas que ha hecho por mí.

A mis hermanos, **Yuridia, Viviana, Nancy, Everardo y Ángel** por brindarme su apoyo incondicionalmente en el transcurso de mi vida y gracias a sus consejos, por ser el motor de mi vida para seguir adelante con mis metas y sueños.

Dentro de mi recorrido por la vida me pude dar cuenta de que hay muchas cosas para las que soy bueno, encontré destrezas y habilidades que jamás pensé, se desarrollasen en mí; pero lo realmente importante es que pude descubrir que por más que disfrute trabajar solo, siempre obtendré un mejor resultado si lo realizo con la ayuda y compañía.

A **Jaqueline Flores** por su paciencia, por creer en mí siempre, por estar en las buenas, malas y en las peores de mi vida, por orientarme en ser una mejor persona día a día en el mundo, por compartir un logro más juntos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE CUADROS	viii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo.....	3
Justificación.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
El gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
Generalidades.....	4
Descripción Morfológica.....	4
Biología y Hábitos.....	6
Ecología.....	8
Distribución.....	8
Importancia económica.....	9
Daños en cultivos.....	9
Estrategias de control del gusano cogollero.....	10
Plantas botánicas para el control de plagas.....	12
Generalidades del uso de plantas en el control de plagas.....	12
Control de <i>Spodoptera frugiperda</i> mediante uso de plantas vegetales.....	13
Importancia del uso de plantas en el control de plagas.....	15
Descripción de especies vegetales bajo estudio.....	15
Gobernadora <i>Larrea tridentata</i>	15
Generalidades.....	15
Descripción Morfológica.....	16
Biología.....	17
Ecología.....	17
Distribución.....	18
Importancia económica y/o en el control de plagas y enfermedades.....	18
Ruda <i>Ruta graveolens</i>	19
Generalidades.....	19
Descripción Morfológica.....	19
Biología.....	20
Ecología.....	20
Distribución.....	21
Importancia económica y/o en el control de plagas y enfermedades.....	21
Muérdago <i>Phoradendron densum</i>	22
Generalidades.....	22
Descripción Morfológica.....	22
Biología.....	23
Ecología.....	23

Distribución.....	24
Importancia económica y/o en el control de plagas y enfermedades.....	24
MATERIALES Y METODOS	26
Localización.....	26
Condiciones del Material Vegetal y Organismo Plaga.....	26
Metodología para la Preparación de la Dieta Artificial.....	27
Preparación de polvos botánicos.....	28
Bioensayo.....	28
Evaluación.....	29
RESULTADOS Y DISCUSION	30
Efecto de <i>Larrea tridentata</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	30
Efecto de <i>Ruta graveolens</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	32
Efecto de <i>Phoradendron densum</i> sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	35
Efecto de tres polvos botánicos sobre <i>Spodoptera frugiperda</i>	37
CONCLUSION	39
LITERATURA CITADA	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de <i>Spodoptera frugiperda</i> . Fuente: Jarrod T. Hardke, 2015.....	6
--	---

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Componentes de la dieta artificial para la alimentación de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Fórmula para 1 litro).....	27
Cuadro 2.	Tratamientos para el control de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	28
Cuadro 3.	Mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> por efecto de polvo de <i>Larrea tridentata</i>	30
Cuadro 4.	Tiempo máximo de desarrollo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en presencia de diferentes concentraciones de polvo de <i>Larrea tridentata</i>	31
Cuadro 5.	Mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> por efecto de polvo de <i>Ruta graveolens</i>	33
Cuadro 6.	Tiempo máximo de desarrollo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en presencia de diferentes concentraciones de polvo de <i>Ruta graveolens</i>	34
Cuadro 7.	Mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> por efecto de polvo de <i>Phoradendron densum</i>	35
Cuadro 8.	Tiempo máximo de desarrollo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en presencia de diferentes concentraciones de polvo de <i>Phoradendron densum</i>	36
Cuadro 9.	Comparación de la mortalidad de <i>Spodoptera frugiperda</i> por efecto de polvos botánicos.....	37

RESUMEN

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* es una de las plagas más importantes del maíz *Zea mays* en México, con graves pérdidas en rendimiento cuando no se le controla adecuadamente; por el cual, el control químico es la táctica preferida por profesionales y productores y dada su eficacia, los insecticidas son usados frecuentemente, aunque muchas veces presentan desventajas como contaminación ambiental, intoxicación de operarios y consumidores y problemas con la aparición de insectos resistentes. Actualmente se buscan alternativas más benignas, como el uso de plantas, que repelen, modifiquen el comportamiento del insecto para evitar el daño o, en su caso, disminuyan los efectos de las plagas. Algunas plantas, no tienen uso por el hombre y presentan ciertas características fitosanitarias y se desconocen otras; tal es el caso de la gobernadora *Larrea tridentata*, especie que presenta efecto fungicida e insecticida, así como la planta de ruda *Ruta graveolens*, que produce diversos metabolitos secundarios con propiedades insecticidas y el muérdago *Phoradendron densum*, especie parásita del ciprés *Cupressus arizonica* del cual se desconoce su efecto fitosanitario. Se evaluó la actividad insecticida de polvos botánicos para el control de *S. frugiperda* bajo condiciones de laboratorio. Se utilizaron larvas de primer estadio de gusano cogollero y follaje deshidratado, triturado y tamizado de tres especies de plantas. El polvo de cada especie vegetal se incorporó en dieta artificial a razón de 6 tratamientos y un testigo de acuerdo al peso de la dieta (%p/p): 0, 0.25, 0.50, 1.0, 2.0, 4.0 y 8.0%, cada uno con 15 repeticiones. Se registró la mortalidad y desarrollo de las fases del ciclo de vida de *S. frugiperda* cada 24 horas. Los datos de mortalidad se evaluaron con un análisis Probit y se transformaron a raíz cuadrada de arcoseno y sometieron a un análisis de varianza. La aplicación de polvo presentó un efecto de control significativo sobre el gusano cogollero en las diferentes concentraciones a partir de los 8 días de evaluación; con ruda se tuvo una mortalidad de 84% en la concentración de 8% y 90% a los 11 días, en gobernadora se registró una mortalidad de 84% en la misma concentración, con un aumento significativo del 90% con las evaluaciones siguientes y en muérdago se observó una mortalidad de 84% en la concentración

más alta (8%) y 90% a los 11 días de evaluación. Se observó una mortalidad similar entre las tres especies vegetales; no obstante, el desarrollo de *S. frugiperda* vario con la especie vegetal y la concentración, para el caso de ruda, en todas las concentraciones el gusano cogollero no alcanzó a llegar al tercer estadio larval, en la gobernadora en la concentración más baja (0.25%), el 60% de los individuos pudieron pasar a segundo estadio y de estas solo el 6.7% alcanzo el tercer estadio; mientras que la concentración más alta, solo el 13.3% alcanzo el segundo estadio, mientras que en muérdago logro alcanzar el segundo y tercer estadio, con excepción este último en la concentración de 2%, además en la concentración de 0.50% llegó al quinto estadio y en la concentración de 0.25% logró la fase de pupa; mientras que el testigo se desarrolló en todas sus etapas. Los insecticidas botánicos de *R. graveolens*, *L. tridentata* y *P. densum* presentan actividad insecticida sobre el gusano cogollero *S. frugiperda* y representan una alternativa de control y efecto sobre el crecimiento del insecto.

Palabras claves: Gusano cogollero, *Larrea. Tridentata*, *Phoradendron. Densum*, plaga, *Ruta graveolens*.

INTRODUCCION

El maíz en México puede ser afectado por aproximadamente 47 organismos de importancia, considerados en todas las etapas del cultivo, incluido el grano almacenado (Mac Gregor y Gutiérrez, 1983).

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) también llamado oruga militar tardía, porque pueden llegar a ser tan numerosas como para formar mantos sobre el suelo y parecer ejércitos en formación (Leos, 2011). Contrariamente a la mayoría de los insectos fitófagos, esta oruga es altamente polífaga: infesta a 186 plantas hospederas en Norte y Centro América (Casmuz *et al.*, 2010), particularmente plantas de cultivo como el maíz, el arroz, el sorgo, el algodón o la soya. Esta mariposa se desplaza en grandes enjambres y es capaz de volar largas distancias (Leos, 2011).

Hasta ahora limitada al continente americano y a la zona del Caribe; las áreas tropicales y subtropicales son las más afectadas (Ortega, 1987; Rodríguez y Marín 2008), con pérdidas en rendimiento de al menos el 30% (Herrera, 1979; García-Gutiérrez *et al.*, 2012), y en algunos casos, pérdida total (Silva-Aguayo *et al.*, 2010). En América, otro problema recurrente es la resistencia a grupos toxicológicos; de este problema se han registrado 67 casos de resistencia del insecto a los pesticidas, un claro reflejo de la dificultad a la hora de controlar estas poblaciones. Desde enero de 2006 invadió África, donde asola los campos de maíz de 21 países del sur y del oeste. Hoy en día, amenaza también al continente europeo (Leos, 2011).

Existen diversos tratamientos bioecológicos para *S. frugiperda*; se han estudiado alternativas de control, diferentes a los insecticidas químicos, las cuales incluso pueden hacer innecesaria e injustificada la introducción de otras alternativas como el uso de materiales transgénicos de maíz. Por ejemplo, aplicación de bioplaguicidas; productos muy útiles, ya que permiten prescindir de los agroquímicos casi en forma inmediata, mientras se avanza en el proceso de recuperación de la entomofauna benéfica y las prácticas de conservación. Se han usado con éxito productos a base de entomopatógenos como bacterias, hongos,

virus y nematodos, uso de feromonas sexuales para captura y monitoreo de poblaciones y uso de extractos vegetales con variable efecto sobre las plagas; los cuales constituyen una alternativa viable con mucho potencial, debido a su nula persistencia, bajo o nulo impacto sobre los enemigos naturales y el medio ambiente, además de su bajo costo (Leos, 2011).

Las plantas han desempeñado un papel fundamental en la vida del hombre, quien las ha utilizado para suplir necesidades básicas como alimento, medicina, vivienda y vestido, incluso en actos rituales. El uso de las plantas es una práctica que existe desde los inicios de la especie humana. La etnobotánica es la ciencia que investiga la relación entre las plantas y la cultura humana en diferentes ambientes, la cual surge como un instrumento para rescatar tradiciones milenarias sobre los diversos usos que el hombre le ha dado a estas y como alternativa de dar valor agregado a los recursos vegetales (Pino y Valois, 2004).

Los bioplaguicidas de origen vegetal son eficaces en el control de plagas agrícolas, sin causar daños graves al ambiente o empeorar la contaminación del medio ambiente. La investigación y el desarrollo de su aplicación práctica en el campo se enfocan a mitigar la contaminación ambiental causada por residuos de plaguicidas químicos, aunque por su naturaleza biológica también promueven el desarrollo sustentable de la agricultura. El desarrollo de nuevos bioplaguicidas estimula la modernización de la agricultura y sin duda, va a reemplazar gradualmente la cantidad de plaguicidas químicos. En la producción agrícola, en ambientes libres de contaminación, los bioplaguicidas son sustitutos ideales para sus homólogos químicos tradicionales (Leng *et al.*, 2011).

Objetivo General

Evaluar la actividad insecticida de polvos botánicos para el control de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* bajo condiciones de laboratorio.

Hipótesis

Debido a la característica insecticida de los bioplaguicidas y a sus múltiples modos y mecanismos de acción en larvas, se espera que al menos un polvo botánico presente actividad insecticida con un 80% de control de *Spodoptera frugiperda*.

Justificación

Spodoptera frugiperda es considerada una de las plagas con mayor importancia económica en el país y la utilización de plaguicidas sintéticos para su control ha generado resistencia y contaminación del medio ambiente; por lo cual se quiere buscar alternativas biorracionales eficaces para su control.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Gusano Cogollero *Spodoptera frugiperda*

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) es una de las plagas más importantes del maíz *Zea mays* L. en México. Éste es de los pocos insectos que se dispersan y reproducen a través de todo el continente americano (Abbas *et al.*, 1989; Ángulo, 2000).

Generalidades

Entre los nombres más comunes tenemos; gusano cogollero derivado de su forma de daño más conocida que es en el cogollo de la planta de especies de la Familia en Poaceae, principalmente, o gusano ejército u "oruga militar tardía" ya que si el alimento se hace escaso, las larvas se trasladan a otros cultivos desplazándose en masa como un "regimiento" causando de esta manera distintos daños, los cuales se van a presentar de forma más severa durante la fase vegetativa inicial del desarrollo de la planta, 30 días después de la siembra, con preferencia en su alimentación por hojas y brotes tiernos, especialmente de los cogollos y ocasionar pérdidas en el rendimiento, el ataque se presenta con mayor frecuencia en cultivos como maíz, sorgo, arroz, algodón, soya, girasol y varias especies de pastos, cuyos daños en México causan pérdidas en la producción y daños muy graves, principalmente en siembras tardías (Willink *et al.*, 1993).

Descripción morfológica

El gusano cogollero presenta metamorfosis completa, con cuatro fases:

Huevo. Son esféricos, algo aplanados en la parte superior, con 0.5 mm de diámetro aproximadamente, y con la superficie externa estriada radicalmente. Su color es blanco amarillento, con cierto brillo nacarado cuando están recién puestos, a medida que la incubación avanza, se tornan de un color gris rojizo. Son depositados en grupos compactos formando varias capas generalmente de cien o más huevos individuales, cubiertos por una especie de telaraña compuesta por secreciones de la hembra y escamas de su cuerpo. Esta telilla parece proporcionarles cierta

protección contra algunos agentes bióticos y abióticos. La hembra es capaz de ovipositar 890 huevecillos en promedio (Alonso ,1991).

Larva. Recién emergidas de los huevos, las larvas tienen aproximadamente 1.5 mm de largo, son de color blanquecino, tienen la cabeza negra y prominente, y el cuerpo está cubierto de pelos finos. En estado más avanzado de desarrollo, la larva muestra una coloración variable, presentando formas de color verdoso hasta gris oscuro. En su posición dorsal, puede distinguirse una franja media longitudinal de color café oscuro, y un par de franjas laterales de color café más claro a ambos lados de la anterior. Presentan un escudo cervical café oscuro; la cabeza es de color café amarillento, más estrecha que el cuerpo, y presenta la sutura epicraneana muy destacada y en forma de Y invertida. En su máximo desarrollo alcanza 34 a 44 mm de longitud; en esta especie se presentan seis a siete instares larvales y se observan hábitos canibalísticos entre ellas y con respecto a un gran número de larvas de otras especies, después del tercer instar (Ruíz *et al.*, 2013).

Pupa. Mide aproximadamente 18 mm de longitud. Es del tipo obtecta, de color café oscuro, liso y brillante; el cremáster está constituido por dos espinas pequeñas en forma de “V” invertida. Penetran unos 2,5 cm bajo el suelo, donde realiza una galería de unos siete centímetros de largo, al final de la cual forma su celda pupal, acorta sus segmentos, muda por última vez y se convierte en pupa (Ruíz *et al.*, 2013).

Adulto. Su aspecto es algo variable; tiene 30 a 35 mm de longitud alar, tórax y abdomen pubescentes y de color ceniciento, siendo el primero más oscuro; las antenas son filiformes (Sabillón y Bustamante, 1995).

El macho de *S. frugiperda* tiene características morfológicas muy distintivas, pues es un insecto no muy grande, con una longitud corporal de entre 20 a 30 milímetros, mientras su envergadura puede oscilar entre los 32 y 35 milímetros. Tiene alas anteriores de color pardo oscuro, con una franja conspicua en el margen externo; en la región central de cada una de ellas, cerca al margen costal, muestra una área reniforme, y paralelamente hacia el borde anal existe otra mancha elipsoidal de color claro con el centro oscuro; en el borde externo existe una mancha blanca conspicua

y en cada ala se presentan otros arabescos. Las alas posteriores son blancas, pero muestran en el borde externo un ribete oscuro (Ruíz *et al.*, 2013).

La hembra posee las alas anteriores de color gris, más homogéneas comparadas con las del macho; se observan en ellas arabescos, aunque menos conspicuos. Muestra hábitos nocturnos, ya que se alimenta, se aparea y oviposita durante la noche (Barboza *et al.*, 2010).

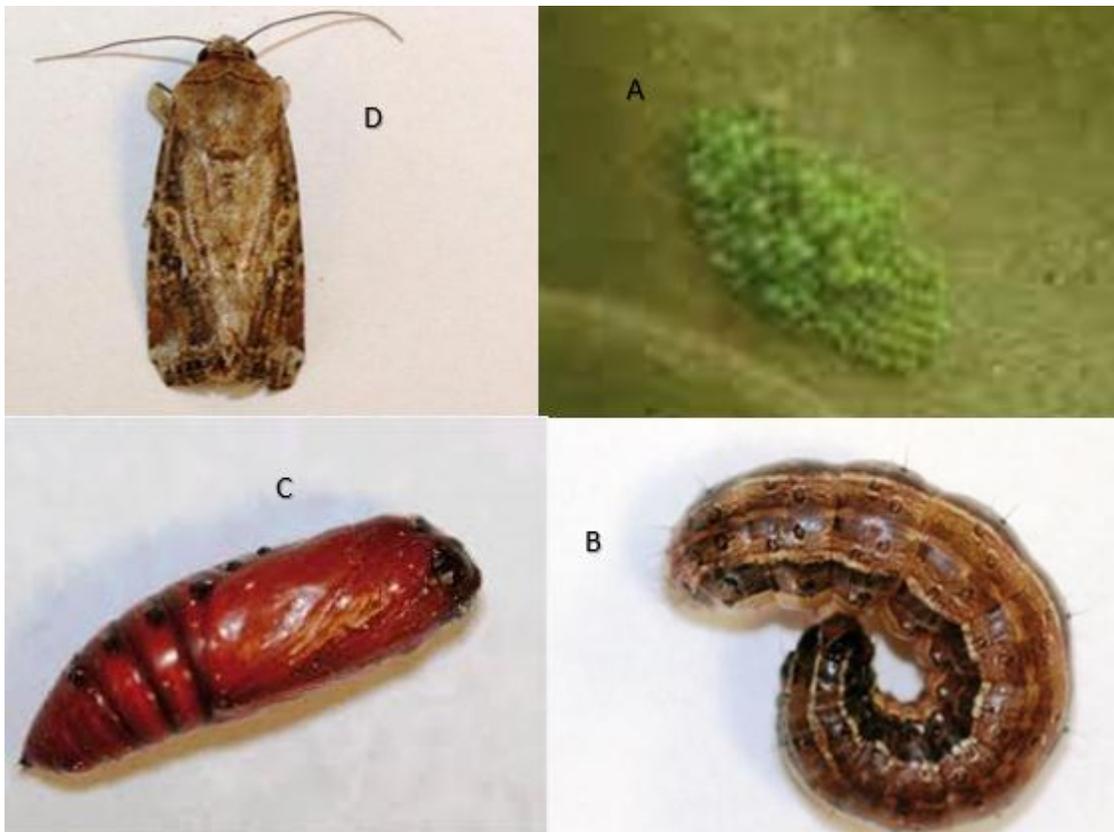


Figura 1. A. Huevos, B. Larva, C. Pupa, D. Adulto de *Spodoptera frugiperda* (Fuente: Hardke, 2015).

Biología y hábitos

Ambos sexos son fácilmente atraídos hacia la luz. Las palomillas demuestran un período pre-copulatorio de 1 o 2 días, y otro de pre-oviposición de cerca de dos días, después de haber emergido de las pupas. Las hembras copulan más de una

vez; y las condiciones apropiadas para el desarrollo del insecto es tiempo cálido, húmedo y lluvioso (Barboza *et al.*, 2010).

Las hembras depositan sus huevecillos en grupos o masas generalmente durante las primeras horas de la noche, tanto en el haz como en el envés de las hojas. Los grupos de huevecillos están cubiertos por segregaciones del aparato bucal y escamas de su cuerpo. Una hembra puede dar origen como promedio a 1000 huevecillos en grupos de 10 a 350 en cada ovipostura, las larvas emergen a los tres días o menos, cuando la temperatura es elevada ($> 25\text{ }^{\circ}\text{C}$). Las larvas pasan por 6 o 7 estadios. La fase de pupa se desarrolla en el suelo y está en reposo hasta 8-10 días hasta que emerge el adulto (Mordue *et al.*, 2000).

Las temperaturas tienen una gran influencia en el desarrollo embrionario con seis días a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y dos días a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. El período de tiempo para el desarrollo larval es menor a medida que aumentan las temperaturas, con 22 y 13 días a 20 y $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente; a temperatura ambiente (media= $26,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) este es de $15 + 5$ días con la particularidad de que se presentan siete estadios (Ruíz *et al.*, 2013). El período de oviposición de los adultos a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ es de 4 días y 3 días a 20°C ; a temperatura ambiente los adultos duraron 12 días; a temperatura de $26.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, las hembras producen 1216 huevos, a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 944 y a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 386 (Ruíz *et al.*, 2013).

El ciclo de vida oscila entre 19 y 48 días, lo que corresponde con la dependencia de la temperatura de las distintas fases; a temperaturas elevadas el ciclo se acorta (Ruíz *et al.*, 2013).

Esta plaga tiene la capacidad de sobrevivir todo el año en áreas tropicales donde sus poblaciones tienden a fluctuar con los cambios estacionales de las lluvias, registrándose densidades más bajas durante la estación seca. A diferencia de otras especies de insectos de regiones templadas, esta plaga no tiene mecanismos de diapausa y, debido a esto, su supervivencia es posible a lo largo de todo el año en áreas donde las temperaturas no descienden por debajo $9.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Mordue *et al.*, 2000).

Ecología

Las numerosas pérdidas causadas por *S. frugiperda* se deben a su poder de adaptación a diferentes condiciones, lo cual ha permitido que su distribución geográfica sea amplia (Andrews, 1988; Willink *et al.*, 1993). En regiones tropicales y subtropicales los daños regularmente son superiores a 60% (Andrews, 1988; Willink *et al.*, 1993).

Su aumento poblacional repercute también en soja, aunque la oleaginosa es de menor preferencia comparada con su marcada avidez por cultivos generalmente de gramíneas (y sobre todo en lotes con malezas como cuaresma *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. (Poaceae), echinocloa *Echinochloa colonum* (L.) Link (Poaceae), trigo guacho *Triticum aestivum* L. (Poaceae) (Lezaun, 2014).

En su hospedero principal los ataques más severos se presentan durante la fase vegetativa inicial del desarrollo de las plantas, 30 días después de la siembra, pudiendo llegar a ocasionar pérdidas en el rendimiento, por esto demanda de 3 a 4 aplicaciones químicas para su control, incrementando así los costos de producción y el aumento de resistencia en algunas regiones y/o biotipos (Lezaun, 2014).

Distribución

El gusano cogollero *S. frugiperda* es una especie polífaga nativa del trópico, con amplia distribución geográfica, desde Argentina y Chile, hasta el sur de Estados Unidos, prefiere hojas y brotes tiernos, especialmente los cogollos (Akhurst, *et al.*, 2003).

En México, *S. frugiperda* se encuentra ampliamente distribuida en las zonas donde se cultiva el maíz causando daños severos en los Estados de Baja California Norte, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Chihuahua, Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, Tamaulipas, Hidalgo, Puebla, México, Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Yucatán (Reyes, 2015).

Importancia económica

Se considera la plaga más importante del maíz y otros cultivos agrícolas del continente americano y abunda en las regiones tropicales. En diversas entidades de México, se han registrado pérdidas en maíz, causadas por este insecto que van de un 13 a 60%. En ocasiones, ocurren pérdidas totales del cultivo. Los daños más serios, se presentan en las zonas de temporal de regiones tropicales y subtropicales (Del Rincón *et al.*, 2006).

Las larvas después de emerger se alimentan del corion del huevo. Actúan como “trozadores” o “tierreros” en muchos cultivos, permanecen ocultos bajo el suelo durante el día, cerca de las plantas que atacan, y durante la noche trozan las plántulas. Cuando las larvas buscan las plantas, penetran verticalmente el cogollo, donde permanecen ocultas hasta que bajan al suelo para pupar. Este daño es muy notorio ya que las hojas se observan rasgadas y con abundantes excrementos (Willink *et al.*, 1993).

Daños en cultivos

El principal daño de este insecto es como "defoliador" en todos los cultivos a los que ataca, sin embargo, en algunas ocasiones se alimentan de otras partes de la planta. Si el ataque se presenta en las primeras fases de desarrollo de los cultivos, llega a destruirlos completamente, en cambio, si tiene lugar cuando las plantas presentan un mayor desarrollo, los daños que ocasionan no son de consideración (Gustavo, 1991)

En el maíz la, larva al nacer comienza a alimentarse "esqueletizando" las hojas sin llegar a perforarlas, más tarde al emigrar al cogollo, se alimenta de él y perfora las hojas del mismo, que al crecer presenta perforaciones de una de forma alargada, típicas de daño de esta plaga (Gustavo, 1991).

En México es una de las plagas principales del maíz, en donde causa grandes daños a la agricultura, los porcentajes de infestación son variables, pero en la

mayoría de los casos son altos entre un 48% y un 50% y en ocasiones cercana al 100%. Aunque, no llegan a destruir a las plantas de maíz, pero si ocasionan un retardo y una disminución de su producción (Gustavo, 1991).

Estrategias de control del gusano cogollero

Control biológico: Uno de los mejores insectos para controlar esta plaga es la crisopa (*Chrysoperla* spp.) (Neuroptera: Chrysopidae), ya que sus larvas pueden ser muy voraces y ubicar a los niveles de esta plaga en niveles que no representen una verdadera amenaza y que conlleve a pérdidas económicas significativas. Otro enemigo natural que resulta muy eficaz en el control de *S. frugiperda*, es *Trichogramma* spp. Hembras de avispa ovipositan ponen sus huevos en los huevos de la plaga, por lo que su cría se vale de sus nutrientes para desarrollarse (Anónimo, 2017).

Feromonas: Actualmente y dentro del marco de control de *S. frugiperda* de manera segura para el ecosistema se han creado nuevas trampas que ayudan a la eliminación de la población adulta. Estas trampas se manejan con el uso de feromonas, que emiten olores dispersados por el viento, cuyo objetivo es atraer principalmente a la palomilla macho, a la vez que ellos sirven para monitorear un estimado de la plaga en cuestión. Su función reside en que al mismo tiempo que puede reducir la población de ejemplares adultos también reduce el número de ovoposiciones, pues no hay machos para que las hembras sean fecundadas (Anónimo, 2017).

Control químico: Es indiscutible que el control químico es una táctica preferida por profesionales y productores a la hora de resolver problemas de plagas. Su eficacia, disponibilidad, accesibilidad, facilidad de uso, costo, entre otras ventajas; hace que los insecticidas sean usados frecuentemente; aunque muchas veces innecesariamente y con ello se presentan desventajas como: contaminación ambiental, intoxicaciones de operarios y consumidores y los problemas de aparición de poblaciones resistentes. Entre los plaguicidas se reconocen diferentes grupos de acuerdo a sus mecanismos de acción. Muchos de ellos tienen acción sobre el

sistema nervioso central de los insectos con mayor o menor selectividad entre los artrópodos y demás organismos (incluidos los humanos), toxicidad y persistencia variables (Lobos, 2017). En áreas que se encuentran bajo una alta infestación de insectos, es imprescindible el uso de insecticidas químicos que ayuden a disminuir su densidad de población, pero para usarlos se debe tomar en cuenta el nivel de incidencia que tiene la plaga, su fase de desarrollo, el estadio en el que se encuentra el cultivo y las condiciones ambientales existentes (Anónimo, 2017).

Actualmente el más usado en los sistemas de producción por el conocimiento previo de los agricultores y a que en general ha mostrado buena efectividad; sin embargo, en su aplicación es recomendable usar productos selectivos dirigidos especialmente a la plaga y no de amplio espectro que pudieran dañar a otros organismos benéficos presentes en el sistema de cultivo. Algunos insecticidas que se recomiendan para su control, son las que contengan cualquiera de los siguientes ingredientes activos: Carbaril, Metomil, Clorpyrifos, Thiodicarb, Spinetoram. Las dosis de aplicación varían según los productos (Intagri, 2015).

IGR's (Reguladores de crecimiento). El grupo de los IGR's, por actuar en funciones metabólicas específicas de los insectos y que por lo tanto tienen alta selectividad sobre las especies (Lobos, 2017). Es recomendable aplicar sí se ven las primeras oviposuras, ya que actúan principalmente por ingestión sobre larva 1 y larva 2. Algunos productos son Clorfluazurón, Lufenurón, Teflubenzurón, Triflumurón, Novalurón (Anónimo, 2017).

El spinosad, es un bioinsecticida producto de la fermentación del actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa* Mertz y Yao (Actinomycetales), es un insecticida natural con actividad estomacal y de contacto. Eso Activa el sistema nervioso central de los insectos a través de la interacción con el nicotínico. Receptores de acetilcolina. Inmediatamente después de la aplicación, las plagas de insectos exhiben irreversibles temblores, temblores postrados, parálisis y muerte (Wynetta, 2009).

Plantas para el Control de Plagas

Una gran cantidad de insectos atacan a los cultivos útiles al hombre, ya sea por defoliación, consumo de sus frutos y daño a tallos, raíz, brotes vegetativos y reproductivos, e incluso semillas del cultivo susceptible. Sin embargo, en muchas ocasiones la planta lleva en sus sistemas sustancias químicas que repelen o intoxican al insecto, o bien modifican su morfología, estructura para evitar el daño o, en su caso, disminuir los efectos de las plagas (Rodríguez, 2007).

Generalidades del uso de plantas en el control de plagas

En la actualidad es normal el uso de plaguicidas para el control de plagas sin tomar en cuenta que el uso de sustancias extraídas de plantas es una alternativa para el control de las mismas. En la antigüedad el hombre ha utilizado las plantas para exterminar y repeler insectos, pero con la llegada de productos sintéticos muchos desaparecieron del mercado. Los extractos vegetales pueden ser repelentes o pueden ser directamente tóxicos (Lampkin, 2001). Cáceres (1999) menciona que en 50 años se reportaron más de 2000 especies de plantas con principios tóxicos efectivos contra muchas especies de insectos. Actualmente en el mundo se ha registrado el uso de aproximadamente 2400 especies de plantas como plaguicidas. Dentro de las especies más eficientes podemos mencionar: el nim *Azadirachta indica* A. Juss (Meliaceae), árbol del paraíso *Melia azedarach* L. (Meliaceae) y tabaco *Nicotiana* spp. (Solanaceae), otras especies de plantas como *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. (Lamiaceae) y *Olea europaea* L. (Oleaceae) como repelente de mosquitos (Hassanali y Lwande, 1989; Karunamoorthi *et al.*, 2009) y *Xylopiya aethiopica* (Dunal) A. Rich. (Annonaceae) para ahuyentar insectos de los graneros (Kouninki *et al.*, 2007).

Control de *Spodoptera frugiperda* mediante uso de plantas

Como alternativa al control del gusano cogollero, se están evaluando polvos, extractos o infusiones acuosas de plantas. En México, de 1981 a 1992, se evaluaron 432 plantas en estudios de laboratorio, invernadero y campo, 78 plantas resultaron promisorias contra *S. frugiperda* (Sabillón y Bustamante, 1995).

Las plantas con propiedades insecticidas son abundantes en la naturaleza y ejercen una influencia anti alimentaria, repelente (Silva y Aguayo 2007). Además, son plantas de fácil acceso y eso posibilita su aplicación. El ka'atái (*Polygonum hydropiperoides* Michx.) es un ejemplo de planta con propiedades insecticidas y utilizada desde hace bastante tiempo y es un ingrediente infaltable para el combate contra las plagas (Eberle 2007).

Martínez (1983) menciona que en laboratorio el extracto acuoso al 5% de *Hippocratea excelsa* (Kunth) A.C. Sm. (= *Semialarium mexicanum* (Miers) Menega), causó entre 41.2 y 47.8% de mortalidad en larvas de *S. frugiperda*. Además, disminuyó aproximadamente el 80% de daño de cogollero en relación al testigo después de haberse efectuado ocho aspersiones sobre plantas de maíz infestadas artificialmente en un ensayo en invernadero (Ayala, 1985).

El extracto acuoso de *Nicandra physalodes* L. Gaertn. (Solanaceae) causó la mayor mortalidad de larvas de gusano cogollero (30%) cuando se usa la planta seca. Sin embargo, los porcentajes de mortalidad encontrados fueron muy bajos para considerarlos promisorios para el control (Schmutterer, 1985).

Extractos de *Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae) provocaron un efecto anti-alimentario en las larvas de *S. frugiperda*. Esta planta inhibió la alimentación de las larvas teniendo como consecuencia larvas de menor peso debido al menor consumo de alimento. El mejor tratamiento encontrado fue el de *A. hybridus* que causó una inhibición en la alimentación de las larvas lo que dio como resultado menor cantidad de pupas y por lo tanto menor número de adultos. Esta especie demostró efecto anti-alimentario en las larvas (Ayala, 1985).

Para el control de gusano cogollero se ha utilizado la azadiractina, extraída del árbol de neem (*Azadirachta indica* A. Juss), un tetranorditerpenoide (C₃₅H₄₄O₁₆), que inhibe la oviposición y el proceso de metamorfosis, aunque también tiene efectos antialimentarios en otros lepidópteros, homópteros, coleópteros, himenópteros, hemípteros, dípteros y tisanópteros (Adel y Sehnal 2000).

La comparación de las propiedades anti-alimentarias y tóxicas de azadiractina con varios precursores biosintéticos putativos menos estructuralmente complejos contra larvas de *Spodoptera littoralis* (Boisd.), *Spodoptera gregaria* (Lepidoptera, Noctuidae) y la chinche *Oncopeltus fasciatus* Dallas (Hemiptera: Lygaeidae) ha demostrado que la toxicidad para los insectos (un severo daño en el crecimiento e interrupción de la muda) sólo se observó con azadiractina. Sin embargo, los anti-alimentarios se encuentran en compuestos a niveles inferiores de complejidad estructural, especialmente contra lepidópteros, por ejemplo, *S. littoralis* que son extremadamente sensibles a la presencia de compuestos secundarios de plantas en su dieta. Por lo tanto, no parece haber ningún vínculo explícito entre la actividad antialimentaria y toxicidad de triterpenoides (Schmutterer, 1985).

Se registró que componentes del extracto de higuera *Ricinus communis* L. bloquean e inhiben la capacidad de búsqueda y localización de alimento de las plagas; cuando es consumido, provoca hemólisis de los músculos y altera el ritmo fisiológico del sistema digestivo hasta su parálisis y destrucción; por contacto actúa a nivel de la sinopsis neuronal produciendo excitación del sistema nervioso (ataxia) dificultando el vuelo y la oviposición. Puede provocar malformaciones morfológicas y fisiológicas en los insectos, siendo su dosis de aplicación de 1 a 1.5 L/200 litros de agua (Hydrucultura, 2012).

Importancia del uso de plantas en el control de plagas

En la actualidad el método principal para el control de plagas es la aplicación de plaguicidas sintéticos, productos sumamente efectivos, por lo que en los últimos 50 años han desempeñado el papel principal en el control de plagas agrícolas y la reducción de enfermedades transmitidas por vectores y se prevé que su uso seguirá siendo esencial en los próximos años (Wheeler, 2002). Sin embargo, el empleo excesivo y prolongado de estos productos ha generado problemas ambientales, como contaminación de suelo y agua; bioacumulación en las cadenas alimenticias; intoxicación a seres humanos y efectos carcinogénicos, teratogénicos y mutagénicos; además, se ha incrementado el número de especies plaga resistentes, lo que ha provocado un aumento de casos de enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, el dengue y el mal de Chagas y la pérdida del 14% de las cosechas mundiales por el ataque de plagas (Lagunes, 1984; Berenbaum, 1989; Brogdon y McAllister, 1998; Fauci, 1998; Wesseling *et al.*, 2003 y Cruz-Reyes y Pickering-López, 2006).

Descripción de Especies Vegetales Bajo Estudio

Dentro de las alternativas al control químico en un manejo integrado de plagas y enfermedades, se encuentra el uso de extractos vegetales.

Gobernadora *Larrea tridentata*

Planta conocida comúnmente con el nombre de: gobernadora, falsa alcaparra, hediondilla, huamis, creosote bush, entre otros.

Generalidades

Larrea tridentata (Sensé y Mo. Ex DC.) Coville (Zygophyllales: Zygophyllaceae), comúnmente conocida como “gobernadora” es el arbusto dominante del desierto en el norte de México y una fuente notable de compuestos naturales con

aproximadamente el 50% de las hojas (en peso seco) como materia extraíble. Entre los compuestos fenólicos bioactivos más estudiados destaca el ácido nordihidroguaiarético (ANDG) antioxidante que se encuentra en la resina de las células cercanas a las capas epidérmicas de las hojas y tallos. Dicho biocompuesto se encuentra presente en todas las especies del género, además, estudios interpoblacionales de *L. tridentata* realizados en el desierto Sonorense revelaron que las concentraciones de ANDG encontradas en la resina de sus hojas variaron en función de la latitud y de la época del año. Las flores, las hojas, los tallos verdes y algunos leñosos (<5 mm de diámetro) contienen ANDG, la concentración más alta se observó en las hojas con 38.3 mg g⁻¹ y tallos verdes con 32.5 mg g⁻¹ (Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Descripción morfológica

Forma: arbusto muy ramificado, perennifolio, de 0.6 a 3.0 m de altura (Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Copa/Hojas: hojas formadas por dos folíolos unidos entre sí en la base. Los folíolos oblicuamente ovados a lanceolados o falcados, divaricados, de 4 a 15 mm de largo por 3 a 8 mm de ancho, enteros, coriáceos, resinosos, de olor penetrante, verde o verde amarillentos. La copa tiene un volumen promedio de 0.124 m³ x arbusto. (Coville, 2000).

Tronco/Ramas: arbusto erecto ramificado desde la base (Coville, 2000).

Flor(es): flores solitarias de 2.5 cm de diámetro, sépalos elípticos de 6.0 mm de largo por 4.0 mm de ancho, pubescentes, caedizos; pétalos de color amarillo fuerte, oblongos a lanceolados, de 1.0 cm de largo por 3 a 5 mm de ancho, caedizos. (Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Fruto(s): fruto subgloboso a obovoide, de 7.0 mm de largo, coriáceo, con pelos blancos, sedosos, que se vuelven café-rojizos con el tiempo, cinco mericarpios con una semilla cada uno (Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Semilla(s): semillas café a negras, algo curvadas, de 2 a 4 mm de largo. Con contornos triangulares, en forma de “boomerang”. Embrión con los cotiledones paralelos al plano longitudinal-(Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Raíz: sistema radical superficial, poco profundo y muy extenso. Llega a ocupar casi el total del espacio que hay entre un arbusto y otro (Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Biología

Coville (2000) menciona que el crecimiento se obtiene cuando el agua es más abundante. Una característica muy importante es que no tiene períodos de latencia en su crecimiento y por ello puede responder a los cambios ambientales. La energía producida por la fotosíntesis, cuando hay humedad disponible se dedica a las estructuras reproductivas. El crecimiento de las partes reproductivas (yemas florales, flores y frutos) se inicia si las condiciones de humedad son adecuadas. El crecimiento vegetativo se detiene o es más lento cuando el crecimiento reproductivo está en su máxima etapa. Es muy sensible a la cantidad de humedad disponible para su crecimiento vegetativo y reproductivo.

Ecología

Es una planta prolífica y territorial. Tiene un efecto neto en el desplazamiento de otras especies, impidiendo de esta manera la diversificación de la flora en el lugar donde se desarrolla. Bajo condiciones de humedad favorables y mediante mecanismos, inhibe el crecimiento de la vegetación que se desarrolla a su alrededor en la superficie. Posee un gran número de compuestos químicos en sus hojas, aparentemente como una estrategia anti-herbívoros. En sitios en donde el mezquite ha reemplazado a los pastos, la gobernadora puede reemplazar al mezquite al cabo de 70 a 80 años (Endara *et al.* 2008).

Las plántulas tienen una baja sobrevivencia. Al parecer los hongos desempeñan un papel muy importante en el establecimiento de plántulas debido a la formación de

micorrizas. En condiciones naturales se calcula que de cada 100 mericarpios solo es posible esperar 20 plántulas a los 6 meses después de germinadas y en condiciones cercanas al óptimo (Endara *et al.* 2008).

Distribución

El matorral de gobernadora es abundante en las zonas desérticas de San Luis Potosí, Coahuila, Chihuahua, Durango, Sonora, Zacatecas, Baja California y Baja California Sur (Rzedowsky, 2002). Hasta el extremo septentrional de Guanajuato, más al sur se han localizado manchones discontinuos; uno en Querétaro y uno en Hidalgo (Rzedowsky, 2002). Se ha establecido que la planta es de un origen sudamericano, con una distribución discontinua (Lira *et al.*, 2003).

Importancia económica y/o en el control de plagas y enfermedades

Es ampliamente usada y recolectada comercialmente en México, pero su venta para té u otros usos terapéuticos para el ser humano, está prohibida. Se utiliza como colorante y forraje, aunque muchos animales no lo comen. A demás es útil para recuperar superficies degradadas en zonas áridas. También se cultiva ocasionalmente como ornamental (Lira *et al.*, 2003).

Tiene un efecto fungicida / tóxica [exudado (resina), toda la planta]. Las resinas muestran actividad fungicida contra *Rhizoctonia solani* J. G. Kühn (Agonomycetaceae), *Fusarium oxysporum* Schldl. (Nectriaceae), *Pythium* spp. (Pythiaceae) y otros hongos fitopatógenos. Actividad insecticida contra: gorgojo pardo del frijol *Acanthoscelides obtectus* Say (Coleoptera: Chrysomellidae: Bruchinae); barrenador mayor de los granos (*Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera: Bostrichidae) (Lira *et al.*, 2003). *L. tridentata* han sido corroborada con trabajos desde hace aproximadamente 40 años mediante ensayos *in vitro* (palabra en latín se escribe en cursiva) con al menos 17 hongos fitopatógenos de importancia en el área; sin embargo, son escasos los estudios *in vitro* y realizar un ensayo bajo

estas condiciones, marcaría la pauta para probar los extractos en condiciones *in vivo*, ya que a pesar de los resultados prometedores que se han publicado, la evidencia que se tiene de ensayos en invernadero o campo es insuficiente (Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Ruda *Ruta graveolens*

La planta de ruda *Ruta graveolens* L. (Sapindales: Rutaceae) es una planta aromática que produce diversos metabolitos secundarios con propiedades fungicidas (Millán, 2008).

Generalidades

Es un sub-arbusto muy ramificado que puede alcanzar 1.5 m de altura y que presenta un olor fétido particular. Sus hojas están compuestas por segmentos verde claro alargado y ovoideo con puntos glandulosos observables a trasluz. Las flores son pequeñas y amarillentas. Es una planta proveniente del Mediterráneo, muy cultivada en jardines particulares de nuestro país, que crece en terrenos modificados. Es empleada con fines medicinales, sin embargo, su ingesta en altas concentraciones puede producir graves intoxicaciones e incluso conducir a la muerte (Millán, 2008).

Descripción morfológica

La ruda es una planta resistente, perenne y arbustiva que mide desde 50 hasta 100 cm de altura. Esta provista de una raíz leñosa, fasciculada y de tallos cilíndricos, erguidos, que se engrosan año con año, de estructura leñosa en la base y con sus ramas superiores herbáceas (Endara *et al.*, 2008; IICA, 2005).

Las hojas son alteñas, de color verde azulado bi o tri pinadas; los segmentos laterales son alargados y el terminal ovalado. Están provista de glándulas que

despiden un olor fuerte, en ocasiones desagradable, pero característico de la especie (IICA, 2005; Endara *et al.*, 2008).

Las flores son de color amarillo o amarillo verdoso, miden de 8 a 10 mm de diámetro y están agrupadas en ramilletes terminales. La flor central tiene 5 pétalos son cóncavos y dentados (James, 2006; Álvarez, 2008). El fruto es una capsula redondeada que contiene numerosas semillas de color negro con forma arriñonada (IICA, 2005).

Biología

La ruda puede prosperar en exposiciones de pleno sol o de semisombra y es capaz de soportar heladas de hasta -15 °C, se multiplican a partir de semillas sembradas a principios de la primavera, es intolerante a los suelos compactos por lo que tendrá que estar bien drenado, siendo capaz de vivir en suelos pedregosos, silíceos o calcáreos, se debe regar de forma regular (unas dos veces por semana) pero con poca cantidad de agua. Pueden podarse cada dos años a principios de la primavera si se desea darles forma (Américo *et al.*, 2011). Esta planta silvestre mediterránea es resistente y no suele ser atacada por plagas y enfermedades (Américo *et al.*, 2011).

Ecología

R. graveolens crece espontáneamente en lugares pedregosos, matorrales, suelos secos, o cerca de huertos cultivados siendo su distribución cosmopolita (Millán, 2008).

La ruda puede vivir por más de 10 años, sin embargo, mientras más adulto es el individuo, la calidad y cantidad de hojas que produce van disminuyendo. En México la ruda es cultivada en un huerto o jardín de la casa, puesto que se utiliza como planta ornamental, medicinal, como condimentos y según creencias populares como “como protectora de malas energías” entre otras aplicaciones. La ruda

silvestre crece en zonas secas, áridas y soledas, su hábitat común de crecimiento son los cultivos agrícolas abandonados, los bordes de los caminos y los potreros (Torres, 2002).

Distribución

La ruda es originaria del sur de Europa y del Mediterráneo oriental. Actualmente está naturalizada y es cultivada en diversas partes del mundo. En América se encuentra en Canadá, Estados Unidos, México, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Chile (Burd *et al.*, 2003).

Importancia económica y/o en el control de plagas y enfermedades

Se ha reportado que contiene más de 200 metabolitos derivados de alcaloides, cumarinas y flavonoides, entre otros (Mohamed y Ibrahim, 2012). Estudios proponen que esta planta puede ser una alternativa para el control de mosquitos transmisores de enfermedades como es el caso de larvas de *Culex quinquefasciatus* Say y *Anopheles albimanus* Wiedemann C.R.G. (Diptera: Culicidae) (Castro *et al.*, 2010). Para el caso de lepidópteros se ha demostrado efecto anti-alimentario en larvas de *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae) insecto taladrador de árboles y principal plaga forestal en América latina (Barboza *et al.*, 2010).

En estudios realizados se demostró que extractos de *R. graveolens* contienen metabolitos de importancia para el control de gusano cogollero. Actualmente no se ha reportado actividad tóxica de algún extracto o metabolito contra *S. frugiperda*, sin embargo, se demostró la actividad tóxica del extracto acético y de los metabolitos Psoralen y 2-undecanona que puede ampliar la utilización de esta planta para el uso agrícola en control de plagas (Villegas *et al.*, 2014).

Muérdago *Phoradendron densum*

El *Phoradendron densum* tiene un ciclo de vida caracterizado por la dispersión de las aves de las semillas pegajosas, parasito interno de hospederos leñosos y brotes aéreos para producción de flores y frutas (Geils *et al.*, 2002).

Generalidades

La mayoría de las plantas son autótrofas y producen su propio carbono por medio de la fotosíntesis, sin embargo, algunas plantas carecen de clorofila y parecen ser parasíticas. Se define como planta parásita a una angiosperma (planta con flor) que directamente ataca a otra planta a través de un haustorio. Un haustorio es una raíz modificada que forma una cadena morfológica y fisiológica entre el parásito y su huésped (Kuijt, 2003).

Descripción Morfológica

EL muérdago *P. densum* Torr. ex Trel. (Santalales: Santalaceae), son plantas parásitas con flores que se caracterizan por sus ramas aéreas que son fácilmente visibles sobre la planta hospedera. Mayormente tienen hojas, aunque a veces éstas pueden estar grandemente reducidas en algunas especies. Los muérdagos son dioicos y las plantas femeninas tienen flores y producen bayas con semillas, mientras que las plantas masculinas presentan pequeñas flores incóspicuas que sólo producen polen (Young y Olsen, 2003).

Agrios (2005) menciona que los muérdagos del género *Phoradendron* son parásitos siempre verdes, que tienen hojas y tallos bien desarrollados. La altura de estas plantas va desde unos cuantos centímetros hasta un metro o más.

Hojas simples, opuestas o decusadas, la lámina coriácea, margen entero, venación pinnada, palmeada, el pecíolo poco diferenciado y articulado en la base. Inflorescencias son espigas, las flores inmersas en el raquis de la inflorescencia,

arregladas en 4 series longitudinales y separadas por dos escamas opuestas, formando entrenudos fértiles; las espigas unisexuales o bisexuales; flores unisexuales, con 1 serie de 3 (2-5) lóbulos, las flores masculinas con estambres sésiles o casi sésiles biloculares; flores femeninas con un ovario inferior unilocular, estilo corto, estigma capitado. Frutos son bayas de 3 a 6 mm, color blanco, rosa o rojizo, carnosas, con una pulpa mucilaginosa (Agrios, 2005).

Biología

Los muérdagos son plantas que requieren de un hospedero para vivir. Algunas son demasiado específicas y crecen sólo sobre un género de árboles; otras se presentan en un amplio rango de especies leñosas. Aunque son parásitas, elaboran su propio alimento mediante la fotosíntesis y en general únicamente requieren agua y elementos minerales de la planta hospedera. En ausencia de la parte aérea, el sistema endofítico puede utilizar los nutrientes del hospedero para sobrevivir en una infección latente por varios años (Hawksworth, 1980).

Ecología

El muérdago es del tipo de las plantas parásitas oportunistas que se presentan en áreas debilitadas con una tendencia marcada a la declinación; esto se refiere a las áreas perturbadas, sobreexplotadas, con un mal manejo y sobre todo, a aquellas áreas que se desarrollan bajo estrés hídrico no acostumbrado. Estas circunstancias hacen que el arboleado pierda cualquier resistencia natural de repelencia o tolerar el ataque de los parásitos, entonces se torna susceptible y el ataque de estos hace más notorio y cobra mayor importancia (Young y Olsen, 2003). Las semillas de *P. densum* requieren de humedad para la germinación, por lo que ocurren durante los periodos lluviosos (Young y Olsen, 2003).

Distribución

En U.S.A Hawksworth, (1980) mencionaron la presencia de *P. densum* en Oregón, California, Arizona, Nuevo México y Texas. El género *Phoradendron* se distribuye en México, en los Estados de Chihuahua, Durango, Hidalgo, Jalisco, Nayarit, Querétaro, Sonora, Sinaloa, Veracruz y Zacatecas. Es común en la Sierra Madre Occidental y Zacatecas al centro de Chihuahua. Los reportes de *P. densum* en México se registraron en la Sierra de Mártir, en Baja California en donde *P. densum* se encuentra en el estado de sonora y el Herbario de Patología Forestal de la ciudad de Fort Collins, Colorado (Olsen, 2003).

Importancia económica y/o en el control de plagas y enfermedades

Los muérdagos han sido considerados por largo tiempo por muchas personas como especiales. Tienen un rol sagrado y mítico en numerosas culturas. Los muérdagos son usados como decoración en días festivos y como modelos para nuevos desarrollos farmacológicos. Son importantes agentes de 26 enfermedades, disturbios y de evolución. Como patógenos, afectan la fisiología del hospedante (Geils *et al.*, 2002).

Los muérdagos son parásitos obligados, que dependen de su huésped para obtener agua, nutrientes y algunos o la mayoría de sus carbohidratos. Los efectos patógenos en el huésped incluyen la deformación del tallo infectado, la pérdida de crecimiento, el aumento de la susceptibilidad a otros agentes de la enfermedad o insectos y la longevidad reducida. Las presencias de plantas de muérdago y la mortalidad de los árboles causados por ellos, tienen efectos ecológicos y económicos significativos en bosques muy infestados y en áreas de recreación (Geils *et al.*, 2002).

El muérdago afecta la calidad como la cantidad de la madera. La calidad es reducida por numerosos nudos que se forman al largo de fuste por granulaciones anormales,

por manchas oscuras o pudrimiento de la madera; así mismo la producción de la semilla se ve drásticamente reducida en árboles altamente infestados, la cual llega a reducirse hasta en un 20 a 50% la viabilidad de la misma (Geils *et al.*, 2002).

Sanidad Forestal (2003), en el Informe Nacional para la tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los bosques, detalla que la superficie forestal afectada por plantas parásitas (muérdagos) se estima que asciende a 1.8 millones. Del total del recurso forestal afectado, casi el 37% correspondió a plantas parásitas (muérdagos), seguido por los insectos descortezadores con un 27%, el restante 36% agrupa afectaciones por defoliadores, barrenadores y otros agentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se llevó a cabo en el área de cámaras bioclimáticas y cría de insectos del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México (25° 22" LN y 101° 02" LO; 1742 msnm).

Condiciones del Material Vegetal y Organismo Plaga

Material biológico. Se utilizó follaje de gobernadora *L. tridentata*, obtenida en el municipio de General Cepeda, Coahuila, muérdago *P. densum* obtenido como parásito del árbol de *Cupressus arizonica* Greene (Pinales: Cupressaceae) en los Lirios, Arteaga, Coahuila y ruda *R. graveolens* obtenida en el municipio de Mapastepec, en el estado de Chiapas.

Larvas de gusano cogollero *S. frugiperda* se obtuvieron del cultivo de maíz en el campo experimental "El Bajío" en la UAAAN. Estas se mantuvieron bajo condiciones controladas a 25 ± 5 °C, 55 ± 15 % humedad relativa y fotoperiodo 12:12 h luz: obscuridad, en el área de cámaras bioclimáticas del Departamento de Parasitología para lograr una línea de laboratorio libre de patógenos y parasitoides. Los estados inmaduros del gusano cogollero se alimentaron en dieta artificial (Cuadro 1), hasta la fase de pupa, de donde se obtuvieron y se colocaron en recipientes de plástico de un litro de capacidad, hasta la emergencia de la fase adulta; posteriormente se trasladaron las palomillas a cilindros de 15 Litros de capacidad aproximadamente de pvc recubiertos de tela fina como sustrato para la oviposición de los adultos, se recogieron los huevecillos para su eclosión y utilización de larvas neonatas de 1-2 días, en los bioensayos. Los adultos se alimentaron con una solución azucarada al 20% (Akhurst *et al.*, 2003; Burd *et al.*, 2003; Ali *et al.*, 2006).

Cuadro 1. Componentes de la dieta artificial para la alimentación de larvas y adultos de *Spodoptera frugiperda* (fórmula para 1.0 litro).

Inmaduros	Adultos
<ul style="list-style-type: none"> • 85 g de harina de soya • 60 g de germen de trigo • 25 g de levadura • 3.0 g de ácido ascórbico • 3.0 g de Nipagin (Methyl 4-hydroxybenzoate). • 1.0 g de ácido sórbico • 12 g de agar bacteriológico • 1000 mL de agua • 0.5-1.0 g. Aureomicina (Bactericida) • 0.5-1.0 g. Cymoxanil (Fungicida) • 2.0 g. sal de Wesson • 1 mL vitaminas (fórmula comercial). 	<ul style="list-style-type: none"> • 20 g de miel • 20 g de azúcar • 6.0 g de ácido ascórbico • 1.0 mL de vitaminas

Metodología para la preparación de la dieta artificial

1. Mezclar la harina de soya, germen de trigo y levadura en 400 mL de agua.
2. Poner a cocer el agar en 500 mL de agua.
3. Agregar la harina, germen y levadura mezclados al agar en el fuego.
4. Agregar un poco de agua (100 mL) y mantener en el fuego hasta su cocimiento.
5. Licuar la mezcla anterior junto al resto de los ingredientes.
6. Producto mezclado=dieta, colocar en recipientes de plástico 20 mL la cantidad necesaria, preferentemente usando mostaceras para mayor facilidad.
7. Dejar solidificar a temperatura ambiente

Cuando la mezcla se encontraba en fuego fue posible agregar más agua, esto dependió del grado de evaporación que se fue presentando en la mezcla. Como vitaminas se agregaron las que se encontraron disponible y económicas de uso médico (pediátrico). Es importante mencionar que tanto el bactericida, como el fungicida, se pudieron aplicar de forma variable en un rango de 0.5 a 1.0 g, pues es posible agregar menos del indicado. En el caso de la sal de Wesson, esta no se agregó.

Preparación de polvos botánicos

El follaje se deshidrató inicialmente a temperatura ambiente y posteriormente en una estufa a 35 °C hasta que el peso del material fue constante (siete días aproximadamente), posteriormente el tejido vegetal se trituró en un molino eléctrico (Oster®) y el producto se filtró en un tamiz con malla número 325 (0.044 mm) y este se mantuvo bajo oscuridad protegido hasta su utilización.

Bioensayo

El polvo de cada especie vegetal se incorporó en la dieta artificial después de que se enfrió a 40 °C (para evitar la degradación de los compuestos activos) y previo a la solidificación. En vasos #0A de 20 mL, se agregaron 10 mL de dieta artificial (12 g en peso de dieta) y en estos se colocaron los tratamientos correspondientes de acuerdo al peso de la dieta (%p/p) quedando de la siguiente manera:

Cuadro 2. Tratamientos para el control de larvas de *Spodoptera frugiperda*.

Porcentaje del peso de dieta (%)	Peso de dieta (g)	Polvo agregado (g)
0	12	0
0.25	12	0.03
0.50	12	0.06
1.0	12	0.12
2.0	12	0.24
4.0	12	0.48
8.0	12	0.96

Después de que se enfrió y solidificó totalmente la dieta con el polvo botánico, se colocó una larva neonata de 24-48 horas de edad. Cada vaso se cerró con tapa #0A perforada con la punta de un alfiler, para permitir una mayor entrada y salida de gases. Se establecieron en total tres polvos botánicos, cada uno con seis concentraciones y 15 repeticiones, además de un testigo sin la aplicación de polvo botánico bajo las mismas condiciones; bajo un diseño completamente al azar.

Evaluación

La mortalidad y desarrollo de las fases del ciclo de vida de *S. frugiperda* se registró cada 24 horas durante todo el ciclo, tomando como referencia el desarrollo del tratamiento testigo, hasta la fase de pupa y emergencia de adultos. Cada larva se consideró muerta, cuando no presento respuesta al estímulo con un fino pincel, apéndices pegados al cuerpo y/o deshidratada y no mostro movimiento coordinado y se consideraron pupas muertas aquellas de las que no emergieron los adultos. El cambio de cada estadio larval se identificó con la exuvia presente de la capsula cefálica hasta alcanzar el estado de pupa y posteriormente el adulto. La mortalidad en el testigo fue corregida (MC) mediante la fórmula de Abbott (1925), con una mortalidad aceptada del 15%.

$$\text{MC Abbott (\%)} = \left[\frac{\text{Mortalidad en el tratamiento} - \text{Mortalidad en el testigo}}{100 - \text{Mortalidad en el testigo}} \right] * 100$$

Los datos de mortalidad se evaluaron con un análisis Probit para estimar el valor de la CL₅₀, CL₉₅ y el margen de fiabilidad (límite fiducial) al 95% de significancia.

Los datos de mortalidad de los tres polvos se transformaron a raíz cuadrada de arcoseno y se sometieron a un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($p < 0.05$). En ambos análisis se utilizó el software estadístico SAS/STAT 9.0 (SAS, Institute 2002). Con los datos de la evaluación del desarrollo del ciclo biológico de *S. frugiperda*, se registró el porcentaje de larvas que alcanzaron los diferentes estadios sucesivos, el tiempo de larva a pupa, de pupa a adulto, el porcentaje de larvas que alcanzaron la etapa pupal y el número de pupas que alcanzo la etapa de adulto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de *Larrea tridentata* sobre *Spodoptera frugiperda*

Se registró diariamente el desarrollo de *S. frugiperda* en dietas con polvo de gobernadora; donde a partir del día ocho se registró una mortalidad significativa ($p < 0.05$) en el control del gusano cogollero con un 84% de mortalidad en la concentración de 0.96 g; con un aumento en la mortalidad en las posteriores evaluaciones hasta alcanzar un 90% en la misma concentración (Cuadro 3).

Cuadro 3. Mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por efecto de polvo de *Larrea tridentata*.

Concentración (g)	Mortalidad (%) ^{1,2}			
	8 días	9 días	10 días	11 días
0.00	6.0 b	6.0 c	6.0 b	6.0 b
0.03	60.0 a	60.0 b	78.0 a	84.0 a
0.06	60.0 a	78.0 ab	84.0 a	90.0 a
0.12	78.0 a	84.0 ab	84.0 a	90.0 a
0.24	78.0 a	84.0 ab	84.0 a	90.0 a
0.48	78.0 a	84.0 ab	84.0 a	90.0 a
0.96	84.0 a	90.0 a	90.0 a	90.0 a
<i>g</i>	6,104	6,104	6,104	6,104
<i>F</i>	9.65	18.03	24.99	96.17
Pr > F	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***
&CL ₅₀ ([§] LC, 95%)	0.01041 (0.00291-0.02079)	0.01011 (0.0000498-0.02953)	0.000237 (2.3185E-8-0.00255)	N.C.
&CL ₉₅ ([§] LC, 95%)	1.78546 (0.86861-6.77967)	0.30163 (0.13864-6.51126)	0.29217 (0.14751-1.60305)	N.C.

¹Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey; $p < 0.05$).
 ***Indica diferencias altamente significativas contraste valor F a $p < 0.001$. ²Datos transformados por raíz cuadrada de arcoseno. &Concentración letal= g^{-1} polvo, [§]Límites de confianza. N.C.=No calculado por el software.

En todas las concentraciones evaluadas con gobernadora excepto 0.03 g se registró que el gusano cogollero no alcanzó a llegar al tercer estadio larval en comparación al testigo que al final de la evaluación llegó al estado adulto logrando todas sus

etapas de desarrollo, cumpliendo su ciclo. Los cambios de estadios en cuanto a tiempo variaron, según la concentración en cada tratamiento.

En la concentración más baja (0.03 g), el 60.0% de individuos pudieron pasar a segundo estadio a las 96 horas y de estas solo el 6.7% alcanzó el tercer estadio en un periodo de 120 horas; mientras que la concentración más alta (0.96 g), solo el 13.3% alcanzó el segundo estadio en 96 horas, considerando que los demás individuos estaban muertos; en comparación al testigo, este se desarrolló completamente en las diferentes fases de su ciclo de vida (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tiempo máximo de desarrollo de *Spodoptera frugiperda* en presencia de diferentes concentraciones de polvo de *Larrea tridentata*.

Concentración (g)	Estadios de desarrollo													
	L1-L2		L2-L3		L3-L4		L4-L5		L5-L6		L6-P		P-A	
	%	horas	%	horas	%	horas	%	Horas	%	horas	%	Horas	%	horas
0.00	93.3	72	93.3	48	93.3	48	93.3	96	93.3	72	93.3	144	93.3	192
0.03	60.0	96	6.7	120	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.06	53.0	144	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.12	46.7	120	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.24	26.7	144	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.48	20.0	144	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.96	13.3	96	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm

L1, 2, 3, 4, 5,6=Estadios larvales de *Spodoptera frugiperda*, P=Pupa, A=Adulto, %=Porcentaje de organismos que pasaron al siguiente estadio/fase, Nm=no mudo, horas=tiempo en que paso al siguiente estadio/fase.

Se observó un efecto significativo de control de *S. frugiperda* con el polvo de gobernadora, en esta no se observó un efecto de repelencia o anti-alimentario por acción del polvo, ni se observó efectos como la presencia de evacuaciones abundantes. Solo en la concentración de 0.03 g se mantuvo vivo el 6.7% por un par de días más en el tercer estadio (no alcanzó el siguiente estadio).

La gobernadora, *L. tridentata* es una especie de la cual se reconoce su efecto insecticida en especies plaga de granos almacenados, como el gorgojo pardo del frijol *A. obtectus* y el barrenador mayor de los granos *P. truncatus* (Lira et al., 2003),

no obstante; se reconocen mayores propiedades fitosanitarias en el control de hongos fitopatógenos asociados a sus exudados o resinas contra al menos 17 hongos de importancia mediante ensayos in vitro, destacando *R. solani* *F. oxysporum* y *Pythium* spp., entre otros (Lira *et al.*, 2003; Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Su acción insecticida probablemente es debido a que posee un gran número de compuestos químicos en sus hojas, aparentemente como una estrategia anti-herbívoros (Correl y Johnston, 2004), destacando entre los compuestos fenólicos bioactivos más estudiados el ácido nordihidroguaiarético, antioxidante que se encuentra en la resina de las células cercanas a las capas epidérmicas de las hojas y tallos (Penuelas-Rubio *et al.*, 2017).

Este trabajo es un primer informe del efecto insecticida de *L. tridentata* sobre larvas de *S. frugiperda* por la vía de ingestión.

Efecto de *Ruta graveolens* sobre *Spodoptera frugiperda*

Se registró diariamente la mortalidad de larvas en estudio de *S. frugiperda* donde se observa diferencias en la mortalidad entre concentraciones del polvo de *R. graveolens* en comparación al testigo. La aplicación de polvo de ruda presentó un efecto de control altamente significativo ($P < 0.05$) sobre el gusano cogollero en las diferentes concentraciones; a partir de los ocho días de evaluación se tuvo una mortalidad de 84% en la concentración de 0.96 g (8%) y 90% a los 11 días (Cuadro 5).

Cuadro 5. Mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por efecto de polvo de *Ruta graveolens*.

Concentración (g)	Mortalidad (%) ^{1,2}			
	8 días	9 días	10 días	11 días
0.00	6.0 c	6.0 c	6.0 d	6.0 c
0.03	18.0 bc	24.0 bc	24.0 cd	30.0 bc
0.06	48.0 ab	48.0 ab	48.0 bc	48.0 b
0.12	66.0 a	72.0 a	78.0 ab	90.0 a
0.24	66.0 a	72.0 a	84.0 a	90.0 a
0.48	72.0 a	78.0 a	84.0 a	90.0 a
0.96	84.0 a	84.0 a	84.0 a	90.0 a
<i>g</i>	6,104	6,104	6,104	6,104
<i>F</i>	9.49	10.76	15.92	28.27
Pr> F	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***
&CL ₅₀ (\$LC, 95%)	0.08574 (0.02996-0.15793)	0.06655 (0.02674-0.11230)	0.05684 (0.00871-0.11637)	0.04764 (0.03085-0.06691)
&CL ₉₅ (\$LC, 95%)	1.30314 (0.50652-25.92176)	0.94205 (0.42878-7.02677)	0.50791 (0.21415-21.89892)	0.12251 (0.08166-0.46513)

¹Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey; $p < 0.05$).
^{***}Indica diferencias altamente significativas contraste valor F a $p < 0.001$. ²Datos transformados por raíz cuadrada de arcoseno. &Concentración letal=g polvo⁻¹, \$Límites de confianza.

En todas las concentraciones evaluadas con ruda se registró que el gusano cogollero no alcanzó a llegar al tercer estadio larval en comparación al testigo, que al final de la evaluación llegó al estado adulto, completando su ciclo. Los cambios de estadios en cuanto a tiempo, variaron según la concentración en cada tratamiento.

En la concentración más baja (0.03 g), el 73.3% de individuos pudieron pasar a segundo estadio a las 240 horas, observándose que el insecto logró alimentarse pero sufrió un efecto de antibiosis, retrasando su desarrollo, mientras que la concentración más alta (0.96 g) fueron menos los insectos que se alimentaron, lograron un 26.7% alcanzar el segundo estadio en un tiempo de 144 horas (observándose que estas larvas buscaban eludir el tratamiento en partes de la dieta con menor polvo y escapar al efecto insecticida), considerando que los demás

individuos estaban muertos; en comparación al testigo que le tomo solo 72 horas para cambiar al segundo estadio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tiempo máximo de desarrollo de *Spodoptera frugiperda* en presencia de diferentes concentraciones de polvo de *Ruta graveolens*.

Concentración (g)	Estadios de desarrollo													
	L1-L2		L2-L3		L3-L4		L4-L5		L5-L6		L6-P		P-A	
	%	horas	%	horas	%	horas	%	horas	%	Horas	%	Horas	%	Horas
0.00	93.3	72	93.3	48	93.3	48	93.3	96	93.3	72	93.3	144	93.3	192
0.03	73.3	240	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.06	46.7	240	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.12	40.0	168	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.24	40	144	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.48	26.7	192	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.96	26.7	144	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm

L1, 2, 3, 4, 5,6=Estadios larvales de *Spodoptera frugiperda*, P=Pupa, A=Adulto, %=Porcentaje de organismos que pasaron al siguiente estadio/fase, Nm=no mudo, horas=tiempo en que paso al siguiente estadio/fase.

Se considera que el efecto de control de *S. frugiperda* con el polvo de ruda tiene resultados tanto en mortandad como en el crecimiento de los sobrevivientes. Se observó en concentraciones altas, evacuaciones acuosas y abundantes en comparación al testigo que eran duras y redondas, mientras que en concentraciones bajas se encontró mayor supervivencia, probablemente a un efecto de repelencia o anti-alimentario por los polvos, ocasionando que el gusano cogollero no se desarrollara normalmente, no obstante; al igual que las concentraciones altas también las larvas presentaron evacuaciones abundantes. Siguiendo el desarrollo de *S. frugiperda* hasta la etapa de adulto; las larvas que no murieron por efecto de la ruda, se atribuye su mortandad a un efecto de inanición por la repelencia sufrida, pues estas larvas continuaron vivas en el segundo estadio por un lapso de 19 días; por lo tanto, en todos los tratamientos con polvos, las larvas no alcanzaron el tercer estadio y presentaron mortandad en la etapa L2, a diferencia del testigo que llego sin problemas a la etapa pupal e incluso adulto.

La ruda es una planta con la que se han obtenido resultados prometedores para el control de *S. frugiperda*, Knaak *et al.* (2012) mencionan que mediante extractos por maceración e infusión determinaron que la ruda interfiere en el desarrollo de *S. frugiperda*, por otro lado, Pedreira *et al.* (2008) determinaron su actividad insecticida en la reducción de pupas por efecto del extracto acuoso.

Se menciona que la actividad insecticida de *R. graveolens* puede estar determinada a la presencia de más de 200 metabolitos derivados de alcaloides, cumarinas y flavonoides, entre otros (Mohamed y Ibrahim, 2012).

Efecto de *Phoradendron densum* sobre *Spodoptera frugiperda*

A los ocho días de evaluación se observó un efecto significativo ($p < 0.05$) en la mortalidad, desde la concentración más baja de 0.03g con un 54% de las larvas de gusano cogollero muertas y un 84% de mortalidad en la concentración más alta (0.94 g), hasta un 66 y 90% en las mismas concentraciones, a los 11 días de evaluación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por efecto de polvo de *Phoradendron densum*.

Concentración (g)	Mortalidad (%) ^{1,2}			
	8 días	9 días	10 días	11 días
0.00	6.0 b	6.0 b	6.0 b	6.0 b
0.03	54.0 a	66.0 a	66.0 a	66.0 a
0.06	72.0 a	78.0 a	78.0 a	78.0 a
0.12	78.0 a	78.0 a	84.0 a	84.0 a
0.24	78.0 a	84.0 a	84.0 a	84.0 a
0.48	84.0 a	84.0 a	84.0 a	84.0 a
0.96	84.0 a	90.0 a	90.0 a	90.0 a
<i>G</i>	6,104	6,104	6,104	6,104
<i>F</i>	11.62	16.54	18.59	18.59
Pr> F	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***
&CL ₅₀ (\$LC, 95%)	0.01140 (0.00403-0.02083)	0.00670 (0.00175-0.01378)	0.00614 (0.0000207-0.02113)	0.00614 (0.0000207-0.02113)
&CL ₉₅ (\$LC, 95%)	0.93126	0.38398	0.31201	0.31201

(0.53637-2.37821) (0.24604-0.81532) (0.14617-4.47263) (0.14617-4.47263)

¹Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey; $p < 0.05$).
^{***}Indica diferencias altamente significativas contraste valor F a $p < 0.001$. ²Datos transformados por raíz cuadrada de arcoseno. [&]Concentración letal=g polvo⁻¹, [§]Límites de confianza.

En todas las concentraciones evaluadas con muérdago, el gusano cogollero logro alcanzar el segundo y tercer estadio, con excepción de este último en la concentración de 0.24 g en diferentes tiempos, en cada concentración de cada tratamiento; además, en las concentraciones más bajas, el gusano cogollero alcanzó mayores estadios; la concentración de 0.06 g llegó al quinto estadio y la concentración de 0.03 g logró la fase de pupa, mientras que en el testigo se desarrollaron en todas sus etapas (Cuadro 8).

Cuadro 8. Tiempo máximo de desarrollo de *Spodoptera frugiperda* en presencia de diferentes concentraciones de polvo de *Phoradendron densum*.

Concentración (g)	Estadios de desarrollo													
	L1-L2		L2-L3		L3-L4		L4-L5		L5-L6		L6-P		P-A	
	%	Horas	%	horas	%	horas	%	horas	%	horas	%	horas	%	horas
0.00	93.3	72	93.3	48	93.3	48	93.3	96	93.3	72	93.3	144	93.3	192
0.03	80.0	72	20.0	120	6.7	240	6.7	120	6.7	144	6.7	144	0	Nm
0.06	60.0	72	6.7	192	6.7	216	6.7	72	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.12	53.3	72	6.7	264	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.24	26.7	96	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.48	60.0	72	6.7	72	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm
0.96	46.7	24	6.7	24	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm	0	Nm

L1, 2, 3, 4, 5,6=Estadios larvales de *Spodoptera frugiperda*, P=Pupa, A=Adulto, %=Porcentaje de organismos que pasaron al siguiente estadio/fase, Nm=no mudo, horas=tiempo en que paso al siguiente estadio/fase.

Se observó un efecto de control de *S. frugiperda* con el polvo de muérdago, que al igual que la ruda, se observó un efecto repelencia o anti-alimentario, principalmente en las concentraciones bajas donde las larvas buscaban alguna parte de la dieta sin el polvo vegetal, aunque no se observó efectos como la presencia de evacuaciones abundantes, en ninguna de las concentraciones. Las larvas de *S. frugiperda* en las concentraciones altas, después de consumir la dieta envenenada permanecían en la misma posición, con comportamiento errático (se veían débiles) hasta que morían.

El muérdago es una especie de la cual no se reconoce su efecto fitosanitario sobre algún organismo, todo lo contrario; son importantes agentes de 26 enfermedades (Geils *et al.*, 2002). Con base en Agrios (2005) este menciona que los muérdagos del género *Phoradendron* son parásitos siempre verdes. Los muérdagos son plantas que requieren de un hospedero para vivir que, en ausencia de la parte aérea, el sistema endofítico utiliza los nutrientes del hospedero para sobrevivir en una infección latente por varios años (Hawksworth, 1980), lo que afecta la fisiología del hospedero (Geils *et al.*, 2002).

Este trabajo es un primer informe del efecto fitosanitario de *P. densum*, con efecto insecticida sobre larvas de *S. frugiperda* por la vía de ingestión.

Efecto de tres polvos botánicos sobre *Spodoptera frugiperda*

Se concentró los datos de mortalidad de *S. frugiperda* por efecto insecticida de tres polvos botánicos en los diferentes días de evaluación (Cuadro 9). Con base en los resultados se observa efectividad significativa ($p < 0.05$) por vía ingestión de los tres polvos botánicos sobre larvas de gusano cogollero.

Cuadro 9. Comparación de la mortalidad de *Spodoptera frugiperda* por efecto de polvos botánicos.

Tratamiento	Concentración (g)	Mortalidad (%) ^{1,2}			
		8 días	9 días	10 días	11 días
Testigo	0.00	6.0 c	6.0 d	6.0 d	6.0 d
<i>R. graveolens</i>	0.03	18.0 bc	24.0 cd	24.0 dc	30.0 cd
	0.06	48.0 abc	48.0 bc	48.0 bc	48.0 bc
	0.12	66.0 a	72.0 ab	78.0 ab	90.0 a
	0.24	66.0 a	72.0 ab	84.0 a	90.0 a
	0.48	72.0 a	78.0 ab	84.0 a	90.0 a
	0.96	84.0 a	84.0 ab	84.0 a	90.0 a
<i>L. tridentata</i>	0.03	60.0 ab	60.0 abc	78.0 ab	84.0 a
	0.06	60.0 ab	78.0 ab	84.0 a	90.0 a
	0.12	78.0 a	84.0 ab	84.0 a	90.0 a

<i>P. densum</i>	0.24	78.0 a	84.0 ab	84.0 a	90.0 a
	0.48	78.0 a	84.0 ab	84.0 a	90.0 a
	0.96	84.0 a	90.0 a	90.0 a	90.0 a
	0.03	54.0 ab	66.0 ab	66.0 ab	66.0 ab
	0.06	72.0 a	78.0 ab	78.0 ab	78.0 a
	0.12	78.0 a	78.0 ab	84.0 a	84.0 a
	0.24	78.0 a	84.0 ab	84.0 a	84.0 a
	0.48	84.0 a	84.0 ab	84.0 a	84.0 a
	0.96	84.0 a	90.0 a	90.0 a	90.0 a
	<i>G</i>	18,284	18,284	18,284	18,284
<i>F</i>	5.78	7.93	10.28	16.85	
<i>Pr> F</i>	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	

¹Medias entre tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey; $p < 0.05$).
^{***}Indica diferencias altamente significativas contraste valor F a $p < 0.001$. ²Datos transformados por raíz cuadrada de arcoseno. ³Concentración letal=g polvo⁻¹.

A los ocho días de evaluación se observa un efecto significativo en las cuatro concentraciones altas en los tres polvos botánicos (0.96, 0.48, 0.24 y 0.12 g), además de las anteriores en muérdago se incluye la concentración de 0.06 g. Al noveno día de evaluación esta tendencia se mantuvo en ruda en las mismas concentraciones con mortalidades de 72-84%, mientras que en gobernadora y muérdago se destacó la concentración de 0.96 g con 90% de mortalidad en ambas.

Al día 10 la mortalidad se mantiene en gobernadora y muérdago y se maximiza en ruda en las concentraciones 0.12 -0.48 g. Para la evaluación del día 11 se observa un efecto de control significativo en todas las concentraciones en gobernadora, seguida de muérdago en las concentraciones 0.06-0.96 g y ruda en las concentraciones 0.12-0.96 g.

De los tres polvos, la ruda en concentración de 0.03 y 0.06 g fueron las menos efectivas en todas las evaluaciones para el control de la plaga con menos de 30 y 48% de efectividad respectivamente; de igual forma, la gobernadora en la concentración de 0.03 g en los días 8-10 con mortalidad menor al 78% y el muérdago en la misma concentración en todas las evaluaciones tuvo una mortalidad menor al 66%.

CONCLUSIÓN

El uso de plaguicidas botánicos es una alternativa de control del gusano cogollero con una alta mortalidad y efecto sobre el crecimiento del insecto.

Los polvos botánicos de *R. graveolens*, *L. tridentata* y *P. densum* presentan actividad insecticida contra el gusano cogollero *S. frugiperda*.

Las tres especies vegetales son efectivas para el control del gusano cogollero *S. frugiperda*, sin embargo destaca el polvo de ruda en todas sus concentraciones, ya no permitió el desarrollo del gusano cogollero más allá del segundo estadio

LITERATURA CITADA

- Abbott, W. S. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*.18: 265-267.
- Abbas, A., Luttrell, R. G., Pietre H. N. and F. M. Davis. 1989. Distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses on cotton. *Environmental Entomology*.18 (5): 881-885.
- Adel, M. M. and Sehna F. 2000. Azaridachtin potentiates the action of ecdysteroid against RH-2485 in *Spodoptera littoralis*. *Journal of Insect Physiology* 46: 267-274.
- Agrios, G. N. 2005. *Plant pathology*. 5th Ed. Elsevier Academic Press. San Diego, CA. USA. Pp 921.
- Akhurst, R. J., James, L. and Beard C. 2003. Resistance to the Cry1Ac δ -Endotoxin of *Bacillus thuringiensis* in the Cotton Bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*. 96 (4):1290-1299.
- Ali, M. I., Luttrell, S. and Young III. 2006. Susceptibilities of *Helicoverpa zea* and *Heliiothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) Populations to Cry1Ac Insecticidal Protein. *Journal of Economic Entomology*. 99(1):164-175.
- Alonso, A. R. 1991. Reseña histórica y aspectos bioecológicos del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In *Memorias Seminario Spodoptera frugiperda* (El gusano cogollero) en sorgo, maíz y otros cultivos. Zuluaga, J. L. Muñoz, G. (Comp. Ed.). Calí, Colombia 96p. Pág. 12-14.
- Alonso J. 2004. *Tratado de fitofármacos y nutracéuticos*. 1^a. Ed. Editorial Corpus Libros. Rosario. Argentina. Pág. 939-944.
- Américo, J., Castro, L., José, R., Juárez, E., Norma, J., Ramos, C., Silvia, Suárez y Fernando, R. 2011. Elucidación estructural del aceite esencial de *Ruta graveolens*. *Ciencia e Investigación*. 14(1): 25-28.
- Andrews, K. L. 1988. The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and neighboring areas. *Florida Entomologist*. 63 (4): 456-467.
- Ángulo, J. M. 2000. Manejo del gusano cogollero del maíz utilizando extractos de plantas. Disponible en: <http://www.turipana.org>. Fecha de consulta: 18 de febrero de 2018.
- Anónimo. 2017. Hablemos de insectos. Disponible en: http://hablemosdeinsectos.com/spodoptera-frugiperda-o-gusano-cogollero/#Morfologia_del_Spodoptera_frugiperda_o_gusano_cogollero. Fecha de consulta: 18 de mayo del 2018.
- Arling, S., y Bustamante, M. 1995. Evaluación de extractos acuosos de malezas para el control de *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith. *CEIBA*. 36(2):197-205.
- Ayala, J. 1985. Evaluación de sustancias vegetales contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis de

- Maestría. Entomología y Acarología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 105 pp.
- Barboza, J., Hilje, L., Duron, J., Cartin, V. y Calvo, M. 2010. Fagodisuación de un extracto de ruda (*Ruta chalepensis*, Rutaceae) y sus particiones sobre larvas de *Hypsipyla grandella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Revista de Biología Tropical*. 58: 1-14.
- Berenbaum, M., 1989. North American ethnobotanicals as sources of novel plant-based insecticides. In: Arnason, J. T., Philogéne, B. J. R. and Morand, P. (Eds.). *Insecticides of plant origin*. American Chemical Society. Washington. 11-24 pp.
- Brogdon, G.W. and McAllister, J. C. 1998. Insecticide resistance and vector control. *Emerging Infectious Diseases*. 4(4): 605-613.
- Burd, A. D., Gould, F., Bradley, J. R., Van, D. J. W. and Moar, W. J. 2003. Estimated Frequency of Nonrecessive *Bt* Resistance Genes in Bollworm, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) in Eastern North Carolina. *Journal of Economic Entomology* 96(1):137-142 pp.
- Cáceres A. 1999. *Plantas de uso medicinal en Guatemala*, Guatemala. Editorial Universitaria. 402 pág.
- Castro, E. C., Vargas, L. L. and Bautista, A.R. 2010. Toxic effect *Ruta graveolens* L. (Rutaceae) aqueous extract on *Anopheles albimanus* Wiedemann, 1820 and *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 larvae in experimental conditions: Culicidae), en condiciones experimentales. *Entomotropica*. 25(1): 11-18.
- Casmuz, A., Juárez, M. L., Socías, M. G., Murúa, M. G., Prieto, S., Medina, S., Willink, E., Gastaminza, G. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Revista de la Sociedad Entomología Argentina*. 69:209-231
- Coville. 2000. *Larrea tridentata* (Moç. & Seseé ex DC.)-Zygophyllaceae-Publicado en: *Contr. U.S. Natl. Herb.* 4:75 pp.
- Cruz-Reyes, A. and Pickering-López, J. M. 2006. Chagas disease in Mexico: an analysis of geographical distribution during the past 76 years--a review. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*. 101(4): 345-354.
- Del Rincon, M.C., Méndez-Lozano, J. and Ibarra, J. E. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia gusano cogollero del maiz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Folia Entomologica de México* 45:157-164.
- Eberle, M. 2007. *Plantas medicinales*. Bogotá, CO: SENA, Sociedad de Agricultores de Colombia y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Produmedios, Bogotá. 72 pp.
- Endara, L., Soria, S. y Pozo, F. 2008. *Medicina Tradicional Andina y Plantas cultivadas*. Herbolario de Plantas Curativas y Medicinales. Ministerio de Salud

- Publica. Programa de Apoyo al Sector de Salud en el Ecuador, Quinto, Ecuador, pp. 20.
- Fauci, S. A. 1998. New and reemerging diseases: The importance of biomedical research. *Emerging Infectious Diseases*. 4(3): 374-378.
- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B. y Cortez-Mondaca, E. 2012. Uso de enemigos naturales y Biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai* 8: 57–70 pp.
- Geils, B. W., Wiens, D. and Hawksworth, F.G. 2002. Phoradendrom in México and the Unites States. Mistletoes on North Aerican conifers. Gen. Tech Rep. RMRS.GTR-98- Ogden, UT: U.S Departament of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. EUA. Pp 19-28 pp.
- Gustavo, C. P. 1991. Evaluación de insecticidas granulados para el control del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) Autlán, Jal. Mexico 1986. Tesis de Licenciatura Universidad Autónoma de Guadalajara 82 pp.
- Gutiérrez, M. A. 1984. Factores interferentes en la captura de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) probando dos tipos de trampas de feromonas (Z)-9-Dodecen-1-Olacetato. Tesis Profesional de Licenciatura. Villaflores, Chiapas, México, Pp.3-8.
- Hawksworth, F. G. 1980. Los Muérdagos enanos (*Arceuthobium*) y su importancia en la Silvicultura de México. Memoria 1 simposio Nacional sobre Parasitología Forestal, Uruapan, Michoacán. Ed. Soc. Mex. De Entomología 241-254 pp.
- Herrera, A.J. 1979. Principales Plagas del Maíz. Boletín Especial de la Dirección de Agricultura y Ganadería del Perú 143 pp.
- IICA, CEDEMETRA. 2005. Plantas medicinales y otras especies útiles, Diagnostico situacional sobre la producción, industrialización y comercialización. Managua, Nicaragua. 19: 142-146.
- Intagri, D. T. 2015. Agricultura. Disponible en: <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/manejo-integrado-gusano-cogollero-t30624.htm>. Fecha de consulta: 22 de febrero de 2018.
- Hardke, T. J., Lorenz, G. M. and Leonard, B. R. 2015. Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) Ecology in Southeastern Cotton. *Journal of Integrated Pest Management*, 6(1):1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jipm/pmv009>. Fecha de Consulta 13 de septiembre de 2018.
- Knaak, N. M. S., Tagliari, V., Machado, L. M., Fiuza. 2012. Principales Plagas del Maíz. Boletín Especial de la Dirección de Agricultura y Ganadería del Perú. 10 pp.
- Kouninki, H., Hance, T., Noudjou, F. A., Lognay, G., Malaisse, F., Ngassoum, M.B., Mapongmetsem, P.M., Ngamo, L.S.T. and Haubruge, E. 2007. Toxicity of some terpenoids of essential oils of *Xylopiya aethiopica* from Cameroon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky". *Journal of Applied Entomology*. 131(4): 269-274.

- Kuijt, J. 2003. Monograph of *Phoradendron* (Viscaceae). The American Society of Plant Taxonomists. Systematic Botany Monographs. 66(29): 316-324.
- Lagunés, A. 1984. Empleo de sustancias vegetales contra plagas del maíz como una alternativa al uso de insecticidas en áreas de temporal. Informe del Proyecto Cooperativo PROAF-CONACyT-PCAFBNA-001299 CONACyT-CP-UACH-INIA-DGSV, Chapingo, México. 162 pp.
- Lampkin, N. 2001. Agricultura Ecológica. Editorial. Mundi prensa. Madrid, España. pp 217-271.
- Leng, P., Zhang, Z., Pan, G. and Zhao, M. 2011. Applications and development trends in biopesticides. African Journal of Biotechnology. 10(86): 19864-19873.
- Leos, J. J. D. 2011. Efectividad Biológica de Extractos vegetales sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila.
- Lezaun, J. 2014. Oruga militar o Gusano cogollero un problema para los cultivos de maíz y sorgo. Obtenido de Oruga militar o Gusano cogollero un problema para los cultivos de maíz y sorgo: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/gusano-cogollero> Fecha de consulta: 18 de Abril 2018.
- Lira, S. R. H., Balvantin-Garcia, G. F., Hernández-Castillo, F. D., Gamboa- Alvarado, R., Jasso R. D. 2003. Evaluation of Resin Content and the Antifungal Effect of *Larrea tridentata* (Sesse and Moc. Ex D.C.) Coville Extracts from Two Mexican Deserts Against *Pythium* sp. Pringsh. Revista Mexicana de Fitopatología. 21:97-101.
- Mac Gregor, R. y Gutiérrez, O. 1983. Guía de insectos nocivos para la agricultura en México. 1° Edición. Edit. Alambra mexicana, S. A., México, D. F. 29 pp.
- Martínez, S. 1983. Búsqueda de plantas medicinales con propiedades insecticidas contra el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis Profesional. Parasitología Agrícola, UA Ch. Chapingo, México. 83 p.
- Millán, C. 2008. Las plantas una opción saludable para el control de plagas. Obtenido de Las plantas una opción saludable para el control de plagas. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/34013704/Plantas-Una-Opcion-Saludable-Para-El-Control-de-Plagas>. Fecha de consulta 17 de mayo de 2018.
- Mohamed, M. A. H. and Ibrahim, T. A. 2012. Enhanced in vitro production of *Ruta graveolens* L. Coumarins and rutin by mannitol and ventilation. Plant Cell Tissue Organ Culture. 111: 335-343.
- Mordue L., Jennifer, A. and Nisbet, A. J. 2000. Azadirachtin from the neem tree *Azadirachta indica*: its action against insects. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil. 29(4): 615-632.
- Olsen, M. 2003. Tue Mistletoes. The Univesity of Arizona Cooperative Extension. Publication AZ1308. Tucson, Arizona. State United American. 3.pp.

- Ortega, A.C. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México.
- Pedreira S. G., Moura, L. E. P., Ramalho, P. R. S., Sousa, E. M. C., Maia, C. B. 2008. Efeitos de extratos de plantas na biologia de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) mantida em dieta artificial. *Ciência e Agrotecnologia* 32: 792-796.
- Pino, N., and Valois, H. 2004. Ethnobotanical of four black communities of municipality of Quibdó, Choco-Colombia. *Lyona J. Ecol. Application* 7(2). Disponible en: <http://www.lyonia.org/wviewArticle.php?articleID=312>. Fecha de consulta: 10 de febrero de 2018.
- Penuelas-Rubio, O., Arellano-Gil, M., Verdugo-Fuentes, A. A., Chaparro-Encinas, L. A., Hernández-Rodríguez, S. E., Martínez-Carrillo, J. L., Vargas-Arispuro, I-C. 2017. Extractos de *Larrea tridentata* como una estrategia ecológica contra *Fusarium oxysporum radices-lycopersici* en plantas de tomate bajo condiciones de invernadero. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 35(3):360-376.
- Reyes, C. 2015. Gusano cogollero - *Spodoptera frugiperda*. *Panorama agro*.
- Rodríguez C. H. 2007. Propiedades Plaguicidas del Eucalipto. Campus Montecillo, COLPOS, Texcoco, México. IX Simposio Internacional y IV Congreso Nacional de agricultura sostenible XX Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz.
- Rodríguez, D. L. A. y Marín, A. J. 2008. Insectos plaga y su control, pp. 29–46 *In* Rodríguez, M. R. y De León, C. [Eds.], *El cultivo del maíz. Temas selectos 1*. Colegio de Postgraduados, Mundi Prensa, México.
- Ruíz, C., Bravo, M., Ramírez, O., Báez, G., Álvarez, C., Ramos, G., Nava, C. and Byerly, M. 2013. Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. 447 pp.
- Rzedowsky, J. 2002. *Vegetación de México*. Limusa, México 122 pp.
- Sanidad forestal. 2003. Informe Nacional para la Tercera Sesión del Foro de las Naciones Unidas sobre los Bosques, México. Disponible en: http://www.un.org/esa/forests/pdf/national_reports/unff3/mexico.pdf. Fecha de Consulta: 15 de septiembre de 2018.
- S.A.S. Institute. 2002. *The SAS System for Windows, Release 9.0*. SAS, Institute, Cary N. C. U.S.A.
- Schmutterer, H. 1985. Which insect pest can be controlled by application of neem seed kernel extracts under field conditions? *Journal of Applied Entomology*. 100: 468-475.
- Silva-Aguayo, G., Rodríguez-Maciel, J.C., Lagunes-Tejeda, A., Landeral-Cázares, C., Alatorre-Rosas R, Shelton A. M. and Blanco C. A. 2010. Bioactivity of boldo (*Peumus boldus* Molina) (Laurales: Monimiaceae) on *Spodoptera frugiperda*

- (J. E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Southwestern Entomologist* 35: 215-231.
- Torres, A. 2002. Cultivos in vitro de ruda (*Ruta graveolens* L.), toronjil (*Melissa officinalis* L.) y cerdón (*Aloysia tryphilla* (L'Hér.) Britton). Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2002/fat693c/html/index-frames.html>.
Fecha de Consulta 15 de septiembre de 2018.
- Villegas-Mendoza, J., Santes-Hernández, Z., Rivera-Sánchez, G., Mireles-Martínez, M., Rosas-García, N. M. y Paz-González, A. D. 2014. Evaluación tóxica a nivel laboratorio de extracto acético y tres metabolitos de ruda (*Ruta graveolens*) contra el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). *Entomología Mexicana*: (1):185-189.
- Wesseling, C., Aragón, A., Castillo, L., Corriols, M., Chaverri, F., De la Cruz, E., Keifer, M., Monge, P., Partanen, T., Ruepert, C. y Van Wendel de Joode, B. 2003. Consideraciones sobre plaguicidas peligrosos en América Central. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica)*. 68: 7-18.
- Wheeler, W. B. 2002. Role of research and regulation in 50 years of pest management in agriculture. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50(15): 4151-4155.
- Willink, E., Osorio, V. M., Costilla, M. A. 1993. Daños, pérdidas y niveles de daño económico por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*. 70(1-2):49-52.
- Young, D., and Olsen, M. W. 2003. True Mistletoes. The University of Arizona Cooperative Extension. Publication AZ1308. Pp 3
- Wynetta, S., and Kollman, P. 2009. Environmental Fate of Spinosad. *Environmental Monitoring Branch*. 23-28.

ANEXOS

Anexo A. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Larrea tridentata* a 8 días de evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	5	10	33.33	66.67	64.29
0.50% dieta	15	5	10	33.33	66.67	64.29
1.0% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
2.0% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
4.0% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
8.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86

Anexo B. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Larrea tridentata* a 9 días de evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	5	10	33.33	66.67	64.29
0.50% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
1.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
2.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
4.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
8.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00

Anexo C. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Larrea tridentata* a 10 días de evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
0.50% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
1.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
2.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
4.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
8.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00

Anexo D. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Larrea tridentata* a 11 días de evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
0.50% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00
1.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00
2.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00
4.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00
8.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00

Anexo E. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Ruta graveolens* a 8 días de evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	12	3	80.00	20.00	14.29
0.50% dieta	15	7	8	46.67	53.33	50.00
1.0% dieta	15	4	11	26.67	73.33	71.43
2.0% dieta	15	4	11	26.67	73.33	71.43
4.0% dieta	15	3	12	20.00	80.00	78.57
8.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86

Anexo F. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Ruta graveolens* a 9 días de Evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	11	4	73.33	26.67	21.43
0.50% dieta	15	7	8	46.67	53.33	50.00
1.0% dieta	15	3	12	20.00	80.00	78.57
2.0% dieta	15	3	12	20.00	80.00	78.57
4.0% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
8.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86

Anexo G. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Ruta graveolens* a 10 días de Evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	11	4	73.33	26.67	21.43
0.50% dieta	15	7	8	46.67	53.33	50.00
1.0% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
2.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
4.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
8.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86

Anexo H. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Ruta graveolens* a 11 días de Evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	10	5	66.67	33.33	28.57
0.50% dieta	15	7	8	46.67	53.33	50.00
1.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00
2.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00
4.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00
8.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00

Anexo I. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Phoradendron densum* a 8 días de Evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	6	9	40.00	60.00	57.14
0.50% dieta	15	3	12	20.00	80.00	78.57
1.0% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
2.0% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
4.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
8.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86

Anexo J. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Phoradendron densum* a 9 días de evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	4	11	26.67	73.33	71.43
0.50% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
1.0% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
2.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
4.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
8.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00

Anexo K. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Phoradendron densum* a 10 días de evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	4	11	26.67	73.33	71.43
0.50% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
1.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
2.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
4.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
8.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00

Anexo L. Mortalidad de larvas de (L1) de *Spodoptera frugiperda* en dieta envenenada con *Phoradendron densum* a 11 días de Evaluación.

Concentración G	Número de Individuos			Porcentaje Supervivencia	Porcentaje Mortalidad	Mortalidad Corregida
	Expuestos	Vivos	Muertos			
0% dieta	15	14	1	93.33	6.67	
0.25% dieta	15	4	11	26.67	73.33	71.43
0.50% dieta	15	2	13	13.33	86.67	85.71
1.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
2.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
4.0% dieta	15	1	14	6.67	93.33	92.86
8.0% dieta	15	0	15	0.00	100.00	100.00