

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA



Compatibilidad del Control Químico y Biológico sobre Larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

EDER EDUARDO DÍAZ ROMERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Saltillo, Coahuila, México.

Abril 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA

Compatibilidad del Control Químico y Biológico sobre Larvas de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) Bajo Condiciones de Laboratorio

Por:

EDER EDUARDO DIAZ ROMERO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

Aprobada por el Comité de Asesoría:



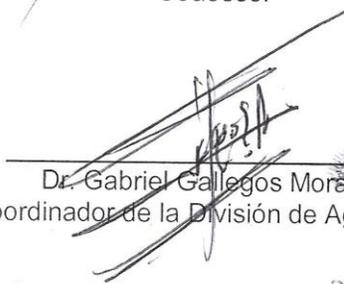
Dr. Ernesto Cerna Chávez
Asesor Principal



Dra. Miriam Sánchez Vega
Asesor Principal Externo



M.C. María Magdalena Rodríguez Valdés
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.
Abril, 2018

INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CONTENIDO	i
ÍNDICE DE CUADROS	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo General	2
1.1.1. Objetivos específicos	2
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Importancia y distribución de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith)	4
2.1.1. Daño por <i>Spodoptera frugiperda</i>	5
2.1.2. Clasificación taxonómica del gusano cogollero.....	6
2.2. Descripción biológica del gusano cogollero.....	7
2.2.1. Ciclo de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith)	7
2.3. Tipos de Control para Gusano Cogollero	10
2.3.1. Control preventivo.....	10
2.3.2. Control mecánico o físico.....	10
2.3.3. Control cultural.....	11
2.3.4. Control biológico	11
2.3.5. Control químico.....	13
2.3.6. Manejo integrado de plagas.....	14
III. MATERIALES Y METODOS	16
3.1. Primera Fase: Prueba de Compatibilidad	16
3.1.1. Localización del experimento	16
3.1.2. Material biológico	16
3.1.3 Establecimiento de colonias.....	16

3.1.4 Establecimiento del experimento	16
3.1.5. Descripción de los tratamientos	17
3.1.6. Evaluación de tratamientos y análisis estadístico	19
3.2. Segunda Fase: Verificación del Efecto de Insecticidas en Campo	19
3.2.1. Localización del experimento y manejo del cultivo.....	19
3.2.2 Establecimiento del experimento	19
3.2.3 Variables de estudio.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	22
4.1. Primera Fase: Prueba de Compatibilidad	22
4.2. Segunda Fase: Verificación del Efecto de Insecticidas en Campo	27
V. CONCLUSIONES	29
VI. LITERATURA CITADA.....	30

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos que se establecieron para determinar el efecto de compatibilidad química y entomopatógeno en el control de <i>S. frugiperda</i> , en laboratorio.	17
Cuadro 2. Mortalidad de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> expuestas a diferentes tratamientos insecticidas y entomopatógenos, así como sus respectivas combinaciones	23
Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza en la mortalidad de larvas del tercer instar con aplicación de insecticidas químicos y entomopatógenos y su compatibilidad.	24
Cuadro 4. Comparación de medias entre insecticidas, entomopatógenos y su combinación, expresado en la mortandad de larvas el tercer instar de <i>Spodoptera frugiperda</i>	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Daños ocasionados por larvas del 3er estadio de <i>Spodoptera frugiperda</i> en plantas de maíz.	6
Figura 2. Ciclo biológico del gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith).	7
Figura 3. Masa de huevecillos de <i>S. frugiperda</i> , cubiertos con escamas del adulto.	8
Figura 4. Larva del último instar de <i>S. frugiperda</i>	9
Figura 5. Pupa de <i>S. frugiperda</i>	9
Figura 6. Adulto de <i>S. frugiperda</i>	10
Figura 7. Manejo del cultivo del maíz para minimizar la presencia de pupas de cogollero.	11
Figura 8. Desarrollo de hongos entomopatógenos en cajas Petri, <i>Metarhizium anisopliae</i> (izquierda) y <i>Beauveria bassiana</i> (derecha).	18
Figura 9. Visualización de los daños de <i>S. frugiperda</i> en foliolos de maíz descrita por Davis <i>et. al.</i> (1992).	21
Figura 10. Representación gráfica del porcentaje de mortalidad, entre aplicaciones de insecticidas químicos, entomopatógenos y su compatibilidad.	23

DEDICATORIA

A mi Padre Eduardo Díaz Salgado a este gran hombre, mi amigo el que siempre está ahí conmigo y nunca me deja solo. Mi gran héroe que nunca se rinde, el que siempre con sus consejos y su ejemplo me han enseñado a saber cómo hacer las cosas bien, gracias por tus buenos consejos y los regaños que me han hecho ser un gran hombre hasta ahora.

A mi Madre Rosario Romero Araujo a la más hermosa, preciosa mujer que pueda existir, gracias por el gran amor y cariño que me brindas cada día. Eres un claro ejemplo de superación que con el esfuerzo y las ganas de hacer todas las cosas se pueden cumplir a todo lo que uno se propone. Me enseñaste que la clave para lograr el éxito es hacer las cosas con amor, dedicación y felicidad. Gracias a ustedes papás porque nunca dejaron que me diera por vencido y siempre me apoyaron para poder lograr mis sueños.

A mis hermanos Roberto Carlos y María Guadalupe Díaz Romero, porque el día que comencé este sueño, fue muy difícil poder dejarlos, porque siempre hemos compartido muchos momentos juntos de felicidad y aquellos momentos que fueron retos por superar. Con su gran amor y cariño me han apoyado a llegar a donde estoy, por ser su ejemplo *“que con sacrificio se puede llegar muy lejos”*, de antemano estaré agradecido siempre, hermanos los amo mucho y estoy orgulloso de ustedes.

A toda mi familia, que me dieron su apoyo, su bendición, sus buenos deseos, y sus sabios consejos para que yo cumpliera mi sueño.

A Lucila Ramos Cabañas, quien me ha cuidado toda mi vida y se ha convertido en mi hermana, siempre que necesito de un consejo o desahogo has estado ahí para ayudarme a resolver los buenos y malos sabores de boca, gracias también por apoyar mi decisión de emprender este viaje y poder haber cumplido todos mis sueños, gracias por todo *“mi fea”*, te quiero.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por otorgarme la vida y la salud para llegar a donde estoy, gracias porque siempre está conmigo y nunca me deja solo, además de guiar mi camino hacia donde he trabajado y hoy he logrado mi meta para ser un gran INGENIERO.

Al Dr. Ernesto Cerna Chávez por su gran apoyo para la realización de este trabajo, además de todas las enseñanzas que me dio durante toda la carrera, gracias por ser una excelente persona y gran amigo.

A la Dra. Miriam Sánchez Vega por ser una excelente persona y amiga, fue un gran apoyo, gracias por su esfuerzo y paciencia para poder terminar este trabajo, además de la confianza que me brindo y estar ahí cuando tenía dudas, Dios la bendiga Doctora.

A la M.C María Magdalena Rodríguez Valdez por su apoyo y aportación para poder concluir este trabajo, por los conocimientos que me brindo durante la carrera y por ser una gran persona, muchas gracias.

De antemano muchas gracias a los tres por ser excelentes maestros sigan así, enseñando de una manera única a las nuevas generaciones sobre esta hermosa carrera que es la de Ingeniero Agrónomo Parasitólogo.

A la Dra. Adriana Genoveva Fuentes Chávez quien, a lo largo de mi estancia en Saltillo, me abrió las puertas de su casa, se volvió un apoyo condicional en las buenas y en las malas estuvo ahí conmigo dándome consejos para no desistir cuando más lo necesitaba, gracias por tus sabios consejos y enseñanzas, fuiste y serás un gran ejemplo para mí, te quiero mucho ama.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los cultivos más importantes del mundo. Es la especie agrícola más diversa y el territorio mexicano forma parte de su centro de origen y de diversidad (CONABIO, 2006), Su importancia radica desde el punto de vista alimenticio, industrial, político, cultural y social. Además, es uno de los principales cereales cultivados con más de siete millones de hectáreas y una producción de más de 23 millones de toneladas.

Este cultivo es afectado por el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), el cual es una de las principales plagas no solo para maíz, sino que también para otros cultivos industriales como algodón y varias hortalizas por lo que representa gran importancia económica; además de que se reporta en más de 186 plantas hospederas (Abbas *et al.*, 1989). Ocasiona pérdidas en maíz desde la etapa de plántula, hasta pre-madurez (Ortega, 1987), cuyas infestaciones y daño severo pueden reducir el rendimiento en porcentajes superiores al 30% y en casos extremos pérdida total del cultivo (Silva-Aguayo *et. al.*, 2010).

Durante muchos años, el control de esta especie plaga en maíz y otros cultivos, se realiza mediante la aplicación de insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides (Moreira *et. al.*, 1989; Diez-Rodríguez y Omoto, 2001). El uso irracional de estos insecticidas, como única alternativa de control, ha dado como resultado la resistencia de *S. frugiperda*, eliminación de enemigos naturales, contaminación del suelo, agua, aire y aparición de nuevas plagas, así como intoxicación de consumidores y acumulación de residuos en alimentos (Roel *et. al.*, 2000). Sin embargo, como estrategia para el control de *S. frugiperda* el uso de insecticidas como control químico deberá reservarse para aquellos casos donde los picos poblacionales no permitan a los medios biológicos lograr efectividad aceptable.

La resistencia desarrollada por las plagas y la presión que existe por reducir la contaminación en el ambiente han asegurado el creciente interés en estrategias alternativas para el manejo de plagas (Butt *et. al.*, 2001), como es la aplicación de bioplaguicidas; como agentes microbianos, que incluyen las bacterias, hongos, virus y protozoos (Alfonso, 2002); así como estrategia de manejo agroecológico de plagas, que al ser utilizados en forma adecuada en el control biológico de plagas favorecen la práctica de una agricultura sustentable, con menor dependencia de insecticidas químicos, mientras se avanza en el proceso de recuperación de la fauna benéfica, de igual forma el uso de combinaciones entre el control químico y el biológico con dosis reducidas en momentos oportunos puede ser una alternativa del manejo integrado de la plaga.

Al considerar el contexto anterior se planteó una evaluación sobre la compatibilidad que existe entre el control químico y biológico sobre larvas de gusano cogollero *S. frugiperda* bajo condiciones de laboratorio, con la finalidad de aprovechar el potencial para un mejor control de la plaga en el cultivo de maíz y subsanar los efectos ocasionados por el control químico.

1.1. Objetivo General

Evaluar la compatibilidad del control químico y biológico sobre larvas de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) bajo condiciones de laboratorio.

1.1.1. Objetivos específicos

- a) Evaluar el efecto insecticida por medio de productos químicos sobre larvas de cogollero.
- b) Estimar el daño causado por hongos entomopatógenos en individuos inmaduros de *S. frugiperda*.
- c) Determinar el efecto combinado del control químico y biológico en larvas de *S. frugiperda*.
- d) Verificar la eficacia de insecticidas como parte del control químico sobre *S. frugiperda* en campo

1.2. Hipótesis

Existe compatibilidad entre los insecticidas químicos y biológicos, en el control efectivo del gusano cogollero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Importancia y distribución de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

El gusano cogollero *S. frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) es una especie nativa de occidente con amplia distribución geográfica, es considerada una de las plagas de mayor importancia en el continente americano, cuya distribución va desde el sur de Canadá hasta el norte de Argentina e incluye el Caribe, predomina generalmente en áreas tropicales y sub tropicales. Son consideradas las regiones Norte y Centro América de las más afectadas (Abbas *et. al.*, 1989).

Con un registro de 186 plantas hospederas reportadas para esta especie, los principales cultivos donde se hospeda son: maíz, sorgo, fresa, tomate, berenjena, garbanzo y chile; también se hospeda en diferentes plantas consideradas como maleza (Abbas *et al*, 1989).

Es una plaga polífaga que causa severas pérdidas si no se controla oportunamente. De acuerdo al comportamiento en campo y su importancia puede causar daños económicos anualmente ya que está presente durante todo el ciclo de los cultivos. Las numerosas pérdidas causadas por *Spodoptera frugiperda* se deben a su poder de adaptación a diferentes condiciones lo cual ha permitido que su distribución geográfica sea amplia (Rodríguez y Marín, 2008).

Bajo un clima cálido y seco, las larvas completamente desarrolladas que han caído al suelo antes de convertirse en pupas, empiezan a alimentarse en la base de la planta, cercenando el tallo tierno, actuando como cortador (Rodríguez y Marín, 2008).

El maíz, *Zea mays* L. (Poales: Poaceae) es el principal cereal producido a nivel mundial con una superficie sembrada de 7 860 705.49 hectáreas y una producción de 23 301 878.98 toneladas; por encima de otros cereales como el trigo, sorgo,

cebada, arroz y avena principalmente; entre los estados con mayor producción se encuentra Sinaloa con 5 227 872.02 toneladas y Jalisco con 3 395 071.76 toneladas con un rendimiento de 9.96 y 6.0 ton·ha⁻¹ respectivamente (SIAP, 2011) y constituye el principal hospedero de esta plaga, en México es considerada la de mayor importancia económica, localizada prácticamente en todas las regiones donde se cultiva maíz (CIMMYT, 2015), llega a ocasionar pérdidas en etapa de plántula, hasta la pre-madurez (Ortega, 1987), cuyas infestaciones y daño severo pueden reducir el rendimiento en porcentajes superiores al 30% y en casos extremos pérdida total del cultivo (Silva-Aguayo *et. al.*, 2010).

Durante muchos años, el control de esta especie plaga en maíz y otros cultivos, se realiza mediante la aplicación de insecticidas organofosforados, carbamatos y piretroides (Moreira *et. al.*, 1989; Díez-Rodríguez y Omoto, 2001). El uso irracional de estos insecticidas, como única alternativa de control, ha dado como resultado la resistencia de *S. frugiperda*, eliminación de enemigos naturales, contaminación del suelo, agua, aire y aparición de nuevas plagas, así como intoxicación de consumidores y acumulación de residuos en alimentos (Roel *et. al.*, 2000).

2.1.1. Daño por *Spodoptera frugiperda*

Se le conoce vulgarmente a *S frugiperda* como "gusano cogollero" por su acción en el cogollo de la planta, también como "oruga militar tardía" ya que, si el alimento se hace escaso, las larvas se trasladan a otros cultivos desplazándose en masa como un "regimiento", así causan distintos daños. En regiones tropicales y subtropicales los daños regularmente son superiores a 60% (Andrews, 1988; Willink *et. al.*, 1993).

Durante las etapas de crecimiento vegetativo del maíz, las larvas consumen principalmente las hojas que indirectamente afectan el rendimiento del cultivo, y reducen el área fotosintética de éstas; el ataque a plantas pequeñas, daña o destruye el tejido meristemático y ocasiona reducción de la población de plantas o modificación de su arquitectura (Silva-Aguayo *et. al.*, 2010).

En referencia al cultivo de maíz los ataques más severos se presentan durante la fase vegetativa inicial del desarrollo de las plantas, 30 días después de la siembra, pueden llegar a ocasionar pérdidas en el rendimiento de un 30 a un 64 % (Cisneros, 1995)

El gusano cogollero hace raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translúcidas; una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje perfectamente en el cogollo que, al desplegarse, las hojas muestran una hilera regular de perforaciones a través de la lámina o bien áreas alargadas. En esta fase es característico observar los excrementos de la larva en forma de aserrín (Figura 1) (Ángulo, 2000).



Figura 1. Daños ocasionados por larvas del 3er estadio de *Spodoptera frugiperda* en plantas de maíz.

2.1.2. Clasificación taxonómica del gusano cogollero

El gusano cogollero tiene la clasificación taxonómica siguiente (Ángulo, 2000):

Reino: Animal

Phylum: Artrópoda

Subphylum: Mandibulata

Clase: Insecta

Subclase: Endopterigota

División: Pterigota

Orden: Lepidoptera

Suborden: Frenatae

Súperfamilia: Noctuidae

Familia: Noctuidae

Subfamilia: Amphiryrinae

Tribu: Prodeniu

Género: *Spodoptera*

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

2.2. Descripción biológica del gusano cogollero

2.2.1. Ciclo de vida de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith)

El cogollero o *S. frugiperda* durante su vida pasa por diferentes etapas (Figura 2), las cuales se describen de la siguiente manera (Ángulo, 2000):

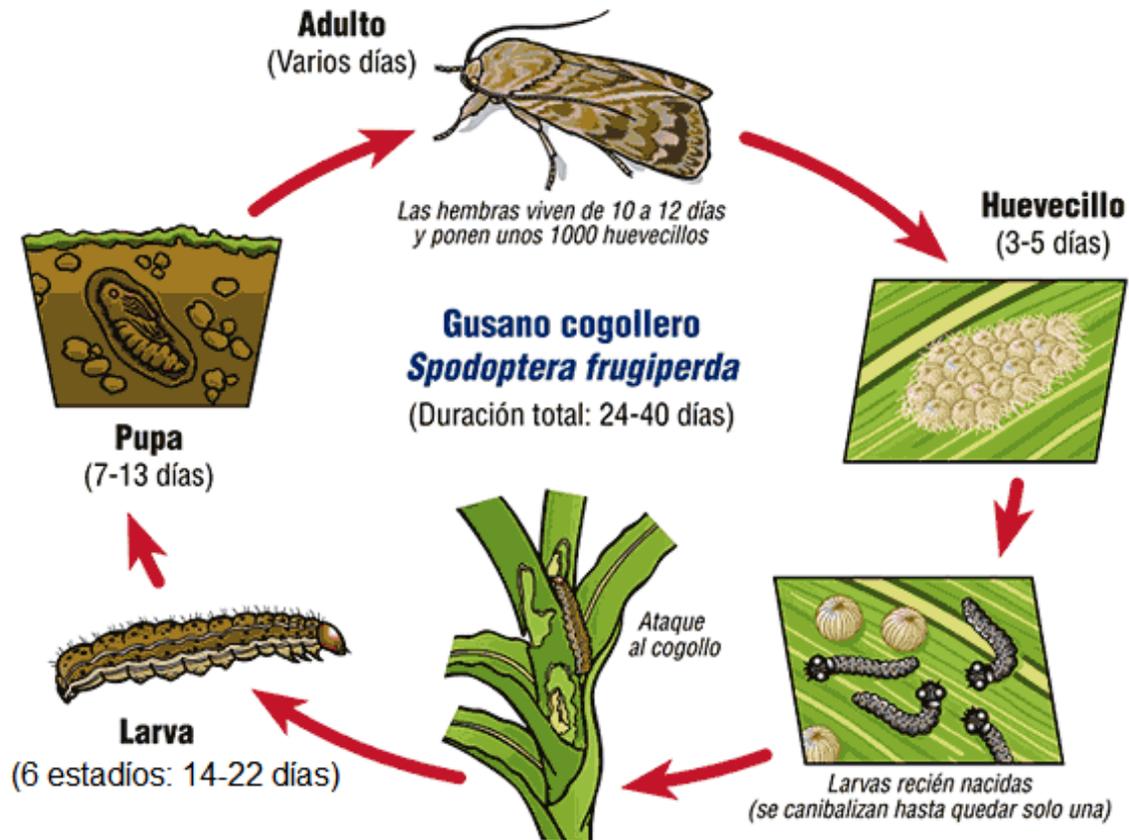


Figura 2. Ciclo biológico del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith).

- Huevo o postura: Individualmente son de forma globosa, con estrías radiales, de color rosado pálido que se torna gris a medida que se aproxima

la eclosión. Las hembras depositan los huevos durante las primeras horas de la noche, tanto en el haz como en el envés de las hojas, estos son puestos en varios grupos o masas cubiertas por segregaciones del aparato bucal y escamas de su cuerpo que sirven como protección contra algunos enemigos naturales o factores ambientales adversos (Figura 3).



Figura 3. Masa de huevecillos de *S. frugiperda*, cubiertos con escamas del adulto.

- Larva o gusano: Las larvas al nacer se alimentan del coreón, más tarde se trasladan a diferentes partes de la planta o a plantas vecinas, para evitar de esta forma la competencia por el alimento y el canibalismo característico en esta especie. Su color varía según el alimento, pero en general son oscuras con tres rayas pálidas estrechas y longitudinales; en el dorso se distingue una banda negruzca más ancha hacia el costado y otra parecida pero amarillenta más abajo, en la frente de la cabeza se distingue una "Y" blanca invertida. Las larvas pasan por 6 ó 7 estadíos o mudas, los dos primeros estadíos larvarios son de mayor importancia para tomar precaución en las medidas de control; en el primero las larvas neonatas miden hasta 2-3 mm y la cabeza es negra completamente, el segundo mide de 4-10 mm y la cabeza es carmelita claro; las larvas pueden alcanzar hasta 35 mm en su último instar. A partir del tercer estadío se introducen en el cogollo, y hacen

perforaciones que son visibles cuando la hoja se abre o desenvuelve (Figura 4).



Figura 4. Larva del último instar de *S. frugiperda*.

- Pupa: Son de color caoba y miden 14 a 17 mm de longitud, con su extremo abdominal (cremaster) terminando en 2 espinas o ganchos en forma de "U" invertida. Esta fase se desarrolla en el suelo y el insecto está en reposo hasta los 8 a 10 días en que emerge el adulto o mariposa (Figura 5).



Figura 5. Pupa de *S. frugiperda*.

- Adulto o mariposa: La mariposa (palomilla) vuela con facilidad durante la noche, presentan atracción por la luz; es de coloración gris oscura, las hembras tienen alas traseras de color blancuzco, mientras que los machos tienen arabescos o figuras irregulares llamativas en las alas delanteras, y las traseras son blancas. En reposo doblan sus alas sobre el cuerpo, formando un ángulo agudo que permite la observación de una prominencia ubicada en el tórax. Permanecen escondidas dentro de las hojarascas, entre las malezas, o en otros sitios sombreados durante el día y son activas al atardecer o durante la noche cuando son capaces de desplazarse a

varios kilómetros de distancia, especialmente cuando soplan vientos fuertes (Figura 6).



Figura 6. Adulto de *S. frugiperda*.

2.3. Tipos de Control para Gusano Cogollero

Control de plagas es la regulación y el manejo de algunas especies referidas como plagas, normalmente por tratarse de cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (FAO, 1995), de importancia a los intereses del hombre.

2.3.1. Control preventivo

Se refiere a todas aquellas estrategias que sirvan para prevenir el ingreso de la plaga al cultivo, para el caso de gusano cogollero se debe elegir una variedad de maíz resistente y con cobertura apretada en la punta (ya que así dificulta el acceso al insecto). Ajustar la fecha de siembra de manera adecuada para evitar que la plaga ejerza presión sobre el plantío (la siembra temprana puede hacer que la plaga no llegue en la etapa óptima para su alimentación, pero también una siembra muy tardía podría ayudar ya que las noches podrían ser muy frías y así reduce la actividad de la palomilla (Dively, 2001).

2.3.2. Control mecánico o físico

Actividades como el riego especialmente por aspersion por la noche ya que interfiere en la ovoposición de la plaga. Se recomienda realizar las siembras de maíz cuando comienza la etapa de lluvias (Ángulo, 2000).

2.3.3. Control cultural

Dos aspectos del manejo de *S. frugiperda* tienen una contribución importante a la reducción de las poblaciones de esta plaga, por una parte, las pupas que permanecen en el suelo pueden ser combatidas por sistemas de preparación del suelo que tiene el objetivo de elevar éstas a la superficie y que mueran por efecto de la temperatura y las condiciones adversas, al exponer a las pupas entre 15-20 días. Normalmente para las siembras se requiere de la preparación de suelo, con un lapso mínimo de dos o tres labores, esto resulta ser ventajoso (Ángulo, 2000). (Figura 7).

También se requiere de la eliminación de malezas tanto en la preparación de suelos como en el cultivo y sus alrededores para evitar las posibilidades de que la plaga encuentre hospedantes alternativos que hagan más difícil el combate (Ángulo, 2000).



Figura 7. Manejo del cultivo del maíz para minimizar la presencia de pupas de cogollero.

2.3.4. Control biológico

El gusano cogollero *S. frugiperda* es regulada biológicamente por diversas especies de depredadores, parasitoides y entomopatógenos, estos se encuentran en el medio ambiente y pueden reducir la población de la plaga hasta un 50%. Entre los organismos que lo atacan se encuentran, *Telenomus sp.*, *Trichogramma fasciatun*, *Trichogramma sp.*, *Meteoruslaphygmae*, *Chelonusinsularis*, *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* entre otros. Estos

organismos y microorganismo se utilizan en la técnica conocida como “control biológico inducido”, donde se han observado resultados muy favorables para su control (Ortega, 1987).

La aplicación de estos entomopatógeno para el control de gusano cogollero, se deben realizar teniendo en cuenta el índice de masas de huevo existentes en las plantaciones y deben iniciarse cuando el cultivo está en la fase de 2 a 3 hojas.

Se pueden realizar liberaciones inoculativas hasta alcanzar las dosis recomendadas por unidad de área, este criterio se considera cuando existen índices de infestación que se encuentran por debajo de los umbrales económicos (Ortega, 1987).

Los bioplaguicidas microbianos, son productos cuyo objetivo es que controlen plagas, pero al mismo tiempo que no afecten a los organismos benéficos. El grupo de microorganismos entomopatogenos es variado y diverso, dentro de estos se encuentran los hongos; los cuales están asociados con insectos que viven en diversos hábitats y cuya forma característica de infección, los convierte en los microorganismos más importantes que infectan insectos (Alatorre, 2007).

El hongo invade la hemolinfa, por lo que la muerte del insecto se debe a una combinación de daños mecánicos producidos por el crecimiento del hongo, desnutrición y por la acción de los metabolitos secundarios o toxinas que el hongo produce (Chul *et. al.*, 1999).

Durante el proceso de invasión, se producen cuerpos hifales y protoplastos que carecen de una pared celular, por lo que no son detectados por los hemocitos del insecto, lo que provoca que el hongo se disperse en el insecto para adquirir nutrientes, ocasionándole la muerte (Pell *et. al.*, 2001).

Dos ejemplos de éxito como entomopatógenos para el control de *S. frugiperda* son *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*.

Beauveria bassiana es un hongo que se produce comercialmente para ser utilizado en el control de plagas que afectan a los cultivos de interés de los productores, posee la ventaja de ser un plaguicida biológico que no afecta a los organismos benéficos y no causa contaminación al ambiente (Carballo *et al.*, 2004).

Comprende dos fases, la primera ocurre cuando el hongo entra en contacto con el tejido de los insectos y la segunda es cuando el hongo penetra al interior del cuerpo del insecto y libera una sustancia conocida como beauvericina, causándole la muerte al insecto huésped en un periodo de 2 a 7 días, después de los cuales el hongo esporula.

Metarhizium anisopliae este hongo entomopatógeno ataca naturalmente más de 300 especies de insectos de diversos órdenes. Los insectos muertos por este hongo son cubiertos completamente por micelio, el cual inicialmente es de color blanco, pero se torna verde cuando el hongo esporula (Monzón, 2001).

Las esporas de este hongo cuando entran en contacto con la cutícula (piel) de insectos susceptibles, germinan y crecen directamente a través de la cutícula hacia el interior del cuerpo de su huésped. El hongo prolifera en todo el cuerpo del insecto y drena el insecto de nutrientes, hasta matarlo.

2.3.5. Control químico

La estrategia de manejo más utilizada durante muchos años para el gusano cogollero, ha sido mediante el uso de productos químicos (Bahena, 1998) con la finalidad de reducir los efectos nocivos del cogollero, se ha dependido del uso de insecticidas químicos y en muchas ocasiones las efectividades han sido bajas, debido a que estas se han realizado después que ha pasado el estado ideal para

controlar la plaga y la edad más apropiada del cultivo. El uso indiscriminado de insecticidas químicos ocasiona altos costos, contaminación ambiental y la resistencia de la plaga a estos productos (Ángulo, 2000).

En la lucha química contra *S. frugiperda*, existen algunos formulados que han jugado un rol importante para su control como: el dimetoato, metamidophos, cypermethrina + parathion metylico, deltametrina y lambda-cyhalotrina, estos insecticidas están registrados aún en la actualidad y son utilizados en los programas de manejo de la plaga. Sin embargo, el uso excesivo de estos ingredientes ha generado en la plaga tolerancia y/o resistencia a diferentes grupos toxicológicos con la consecuencia de una disminución de la capacidad para mantener a niveles tolerables la presencia de la plaga en los cultivos (Georghiou y Lagunés, 1991; Pacheco-Covarrubias, 1993).

Los insecticidas se aplican generalmente al maíz para proteger contra el daño por el gusano cogollero, las larvas se alimentan muy profundamente del cogollo de las plantas jóvenes, por tanto, un alto volumen de insecticida líquido es necesario para obtener una penetración adecuada, cuando este es de contacto. Los insecticidas pueden ser aplicados en el agua de riego o por medio de sistemas aéreos. Por otro lado, los insecticidas granulados también se aplican sobre las plantas jóvenes, en forma de salero, pues es fácil que las partículas caigan al fondo del cogollo en el punto de crecimiento (SENASA, 2005).

El mantenimiento de las plantas libres de larvas durante el período vegetativo reduce el número de aplicaciones necesarias durante el período de floración femenina (Foster, 1989).

2.3.6. Manejo integrado de plagas

El manejo integrado de plagas, conocido también como MIP, es un enfoque que busca conjugar las ventajas de los diferentes métodos de control antes señalados, de acuerdo a las condiciones específicas de cada caso o cultivo. De igual forma,

supera el viejo concepto de erradicar o exterminar todos los animales o insectos del campo de cultivo, el objetivo es diferente a que busca mantener en nivel bajo la población plaga de tal forma que no ocasione daños (Ortega, 1987).

El umbral económico indica el grado de infestación por una plaga en el cual los costos de una medida de control son equivalentes al valor monetario de la pérdida de cosecha que esa medida evita.

III. MATERIALES Y METODOS

El experimento se realizó en dos fases: la primera consistió en una prueba en laboratorio de compatibilidad entre control químico y uso de hongos entomopatógenos y la segunda una verificación en campo de insecticidas químicos sobre larvas de *S. frugiperda*.

3.1. Primera Fase: Prueba de Compatibilidad

3.1.1. Localización del experimento

La investigación se llevó a cabo en el área de Laboratorio de toxicología del Departamento de Parasitología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, unidad Saltillo, se realizaron también recorridos de campo para colectar larvas de *S. frugiperda* en el Municipio de Matamoros, Coahuila.

3.1.2. Material biológico

Las larvas de *S. frugiperda* que se utilizaron en el estudio de compatibilidad entre el control químico y el uso de entomopatógenos se recolectaron en un lote de maíz híbrido Pionner 3966. Los individuos inmaduros colectados se establecieron en el laboratorio, para la realización del estudio de compatibilidad.

3.1.3 Establecimiento de colonias

De los individuos inmaduros colectados, se eliminaron las larvas enfermas o con parasitoides; posteriormente se realizó la cría e incremento en el laboratorio, con hojas tiernas de maíz utilizadas como dieta alimenticia, las hojas fueron cambiadas cada tres días hasta que llegaran al tercer instar larval.

3.1.4 Establecimiento del experimento

Una vez estabilizada la colonia se estableció en laboratorio el bioensayo con un diseño completamente al azar en el cual se definieron nueve tratamientos en total (Cuadro 1) con tres repeticiones cada uno; por lo que se arrojaron 27 unidades experimentales, las cuales consistieron de una caja Petri, con 30 larvas del tercer

instar, a las que se aplicaron los tratamientos junto con su alimento (trozos tiernos de hojas de maíz).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos que se establecieron para determinar el efecto de compatibilidad química y entomopatógeno en el control de *S. frugiperda*, en laboratorio.

No.	Tratamiento	Concentración
1	Testigo	Agua
2	Lambda-cyhalotrina (LC)	100 mL·ha ⁻¹
3	Benzoato de emamectina (BE)	100 mL·ha ⁻¹
4	<i>Metarhizium anisopliae</i> (MA)	1x10 ⁸ esporas·mL ⁻¹
5	<i>Beauveria bassiana</i> (BB)	1x10 ⁸ esporas·mL ⁻¹
6	Combinación LC+MA	100 ml·ha ⁻¹ +1x10 ⁸ esporas·mL ⁻¹
7	Combinación LC+BB	100 ml·ha ⁻¹ +1x10 ⁸ esporas·mL ⁻¹
8	Combinación BE+MA	100 ml·ha ⁻¹ +1x10 ⁸ esporas·mL ⁻¹
9	Combinación BE+BB	100 ml·ha ⁻¹ +1x10 ⁸ esporas·mL ⁻¹

3.1.5. Descripción de los tratamientos

Los insecticidas que se utilizaron para los tratamientos fueron: Lambda-cyhalotrina (Karate® ZEON™ 5 CS= 500 mL·ha⁻¹) y el Benzoato de emamectina (Denim® 19 CE= 200 ml·ha⁻¹), y la dosis que se empleó, correspondió en cada caso a la recomendada, según indicaciones de la etiqueta del producto para el cultivo y/o la plaga (Cuadro1).

Lambda-cyhalotrina es un insecticida perteneciente al grupo de los piretroides, moderadamente toxico, el cual actúa sobre el sistema nervioso de los insectos, produce una modificación de la membrana en las fibras nerviosas, lo que causa el bloqueo de la transmisión del flujo nervioso, como consecuencia el insecto queda paralizado y muere, tiene efecto sobre el insecto por contacto, ingestión y repelencia en adultos.

El Benzoato de emamectina, es una avamectina, este insecticida actúa por ingestión es ligeramente toxico, tiene efecto sobre el ácido aminogammabutírico al interrumpir los impulsos nerviosos de las larvas. Poco tiempo después de la ingestión del producto, las larvas dejan de alimentarse y quedan paralizadas irreversiblemente. La mortandad máxima se obtiene de 3 a 4 días después de la aplicación

Para el caso de los hongos entomopatógenos se utilizaron cepas de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* (Figura 8).



Figura 8. Desarrollo de hongos entomopatógenos en cajas Petri, *Metarhizium anisopliae* (izquierda) y *Beauveria bassiana* (derecha).

Las cepas de los hongos entomopatógenos, fueron proporcionadas por el área de Fitopatología de postgrado del Departamento de Parasitología; con procedencia del CIQA (Centro de Investigación en Química Aplicada) de Saltillo, Coahuila.

En el caso de los tratamientos para los hongos entomopatógenos, se realizó una suspensión de esporas por medio de un raspado al medio de cultivo, el cual se licuó; posteriormente se hizo el conteo de las esporas para ajustar la concentración [1×10^8 esporas mL^{-1}], se utilizó una cámara de Neubauer para la cuantificación de esporas por mL.

Se asperjo 1.0 mL a cada unidad experimental conforme lo establecido en los diferentes tratamientos (Cuadro 1).

3.1.6. Evaluación de tratamientos y análisis estadístico

Después de 24 h de la aplicación de insecticidas se registró la mortalidad individual, donde una larva muerta fue aquella que presento movimientos nulos o pocas reacciones como desplazarse, o cambiar de posición, en el momento en que se tocaba la larva con las cerdas de un fino pincel; por tanto, se consideró como variables, el porcentaje de mortalidad diaria por siete días, el máximo nivel de mortalidad aceptable para el testigo absoluto fue $\leq 10\%$.

Para el análisis estadístico se realizó un análisis de varianza y comparación de medias entre tratamientos con una prueba de rango múltiple de Tukey ($P < 0.05$) (SAS Institute, 2002), para determinar cuál de los extractos u hongos entomopatógenos y la combinación de estos presentó mayor compatibilidad en el control de *S. frugiperda*.

3.2. Segunda Fase: Verificación del Efecto de Insecticidas en Campo

3.2.1. Localización del experimento y manejo del cultivo

El experimento se llevó a cabo en una hectárea de maíz híbrido D-K 357 a una densidad de $50,000 \text{ plantas} \cdot \text{ha}^{-1}$, en el rancho El Pañuelo en Xalostoc, Morelos, la siembra se llevó a cabo el día 24 de junio de 2017. El manejo agronómico del cultivo durante el desarrollo del experimento se realizó con base a las prácticas típicas de la región y que normalmente dan en el rancho; de igual forma se consideró la guía técnica para el cultivo de maíz desarrolladas por el INIFAP.

3.2.2 Establecimiento del experimento

El estudio se realizó bajo un diseño de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones, cada bloque con dos tratamientos y un testigo (solo agua); la unidad experimental consistió de seis surcos de 5.0 m lineales y un espacio entre surcos

de 0.80 m, cada surco se ajustó a 100 plantas para evitar diferencias entre tratamientos. Se establecieron dos tratamientos en los cuales se aplicaron los insecticidas Lambda-cyhalotrina (Karate[®] ZEON[™] 5 CS= 500 mL·ha⁻¹) y Benzoato de emamectina (Denim[®] 19 CE= 200 ml·ha⁻¹), bajo la dosis recomendada para el cultivo y plaga, según las especificaciones técnicas de cada producto. Se aplicaron tres veces cada tercer día sobre las larvas de *S. frugiperda* en campo. El Karate[®] ZEON[™] a una dosis de 250 mL·ha⁻¹ y el Denim[®] a una dosis de 100 mL·ha⁻¹. Se consideró un testigo absoluto con aplicación de solo agua, como un tercer tratamiento.

3.2.3 Variables de estudio

En cada tratamiento se evaluó el daño foliar bajo infestación natural por gusano cogollero *S. frugiperda* en la etapa vegetativa (V4-V10), se utilizó la escala de Davis (Davis *et. al.*, 1992); donde 1= sin daño al follaje (altamente resistente) hasta 9= daño severo (totalmente susceptible) (Figura 9).

Escala de daño en folíolos de Maíz -DAVIS et al. 1992-



0-1: Sin daño, o con lesiones como las que hace un alfiler ("pin-hole"). Estas lesiones son causadas por larvas de primer estadio (L1).



2-3: Con lesiones "pin-hole" y lesiones circulares pequeñas (de 1 mm a 1,5 mm de diámetro aprox.) y/o pocas lesiones alargadas pequeñas (1,3 cm), sin membrana epidérmica consumida. Estas lesiones son causadas por larvas de segundo estadio (L2).



4-9: Con muchas lesiones circulares, alargadas y/o irregulares, de mayor tamaño a las mencionadas arriba y con membrana epidérmica completamente consumida. Estas lesiones son causadas por larvas de tercer a sexto estadios (L3 a L6).

Figura 9. Visualización de los daños de *S. frugiperda* en folíolos de maíz descrita por Davis et. al. (1992).

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Primera Fase: Prueba de Compatibilidad

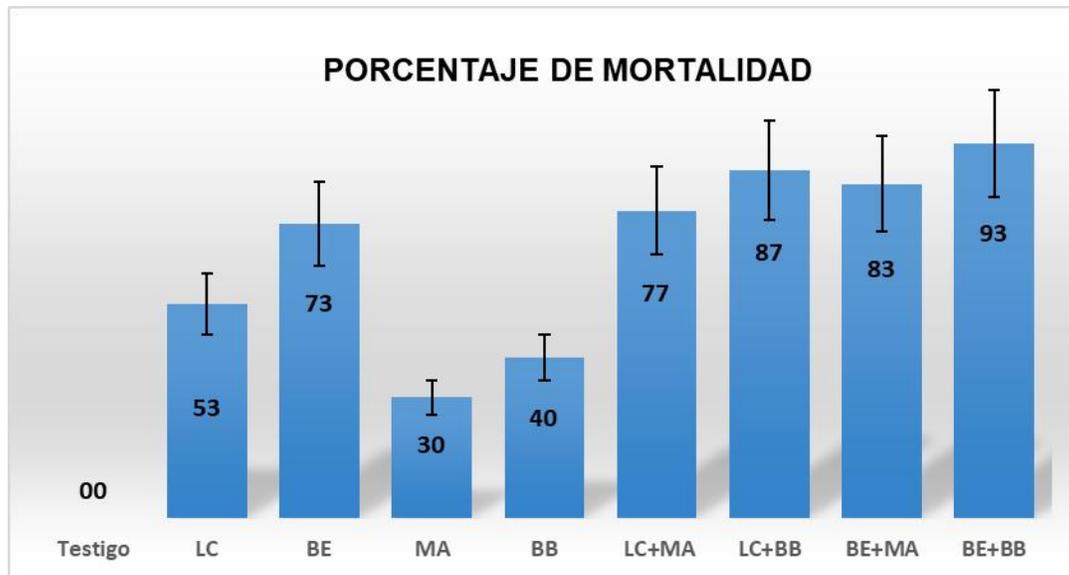
En la primera fase de esta investigación se probó la compatibilidad de insecticidas químicos con entomopatógenos. En el caso de los tratamientos que se aplicaron en forma independiente, se encontró mayor porcentaje de mortalidad en los tratamientos dos (LC) y tres (BE), que corresponden a la aplicación química de cada uno de los insecticidas con respecto al testigo, en el cual no hubo mortalidad y a los tratamientos cuatro (MA) y cinco (BB), éstos dos últimos corresponden a la aplicación de los entomopatógenos por si solos (Cuadro 2, Figura 10).

En forma combinada se encontró mejor compatibilidad y respuesta en las cuatro combinaciones (LC+MA, LC+BB, BE+MA y BE+BB); sin embargo, el tratamiento que mayor control presentó en larvas de tercer instar de *S. frugiperda* fue el tratamiento nueve el cual correspondió a la combinación del BE (Benzoato de emamectina)+BB (*Beauveria bassiana*) con respecto al resto de los tratamientos, con un 93.3% de mortalidad (Cuadro 2, Figura 10).

Estos hallazgos ayudarán en la selección de plaguicidas para el control efectivo de *S. frugiperda*, siempre y cuando se aplique en forma combinada con algún agente de control biológico como los entomopatógenos, de esta forma desarrollar estrategias de manejo, que ayuden a preservar y posiblemente restaurar la eficacia y reducción de los plaguicidas aplicados actualmente. Según Cisneros (1995), la demanda de las aplicaciones químicas en maíz para controlar a gusano cogollero se encuentra entre tres a siete según la infestación.

Cuadro 2. Mortalidad de larvas de *Spodoptera frugiperda* expuestas a diferentes tratamientos insecticidas y entomopatógenos, así como sus respectivas combinaciones

	Tratamiento	Número de Individuos			Porcentaje Mortalidad (%)
		Expuestos	Vivos	Muertos	
1	Testigo	30	30	0	0
2	Lambda-cyhalotrina (LC)	30	14	16	53.3
3	Benzoato de emamectina (BE)	30	8	22	73.3
4	<i>Metarhizium anisopliae</i> (MA)	30	21	9	30.0
5	<i>Beauveria bassiana</i> (BB)	30	18	12	40.0
6	Combinación LC + MA	30	7	23	76.6
7	Combinación LC + BB	30	4	26	86.6
8	Combinación BE + MA	30	5	25	83.3
9	Combinación BE + BB	30	2	28	93.3



LC: Lambda-cyhalotrina; BE: Benzoato de emamectina; MA: *Metarhizium anisopliae*; BB: *Beauveria bassiana*.
La barra representa la desviación estándar que corresponde al 14.33%

Figura 10. Representación gráfica del porcentaje de mortalidad, entre aplicaciones de insecticidas químicos, entomopatógenos y su compatibilidad

Al realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias altamente significativas (Cuadro 3) en la variable en estudio que corresponde al porcentaje de mortalidad entre tratamientos y repeticiones; por lo que estos resultados, expresan confiabilidad en un 99%, con respecto a la mortalidad de larvas de *S. frugiperda* con el uso de insecticidas químicos y entomopatógenos al aplicarlos solos o en combinación para el control de esta plaga.

Cuadro 3. Cuadrados medios del análisis de varianza en la mortalidad de larvas del tercer instar con aplicación de insecticidas químicos, entomopatógenos y su compatibilidad.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrados medios de la mortalidad
Tratamiento	8	28.66**
Repetición	2	97.00**
Error	16	42.33
Total	26	3.66
Coeficiente de variación (%)		31.91
Media		6.00
R ²		0.87

En estudios cuantitativos sobre la selectividad de la plaga contra la planta de maíz, Silva-Aguayo *et. al.* (2010) han demostrado que el daño en etapa de crecimiento a las 5, 8 y 13 hojas, las pérdidas son del 20 al 26%; cuando el ataque se produce en etapas más tempranas el daño puede ser mayor, ya que las plantas no pueden recuperarse. Al respecto los resultados encontrados de la combinación de productos químicos con entomopatógenos puede ser una buena alternativa para reducir dichos porcentajes de pérdidas, cuando la plaga ya está presente en el cultivo y hacer eficiente el MIP.

Para diferenciar los tratamientos que presentaron diferencias altamente significativas se procedió a realizar una comparación de medias con una prueba

de rango múltiple de Tukey y un alpha de 0.05 (95% de confiabilidad), por lo que se encontró que el testigo tuvo un comportamiento diferente al resto de los tratamientos, pues en él no se presentó mortalidad, el efecto de las aplicaciones de los entomopatógenos en forma independiente no son estadísticamente diferentes con respecto al testigo. Sin embargo, las combinaciones del BE (Benzoato de emamectina) con BB (*Beauveria bassiana*), y con MA (*Metarhizium anisopliae*), presentan diferencias altamente significativas con respecto a testigo (Cuadro 4). Por tanto, al combinarlos, en base a los resultados obtenidos se observa que tanto el producto químico como el entomopatógeno aumentan su efectividad del control de la plaga en los primeros instar larvales, lo que se entiende que hay sinergismo en los productos al aplicarse en combinación.

Cuadro 4. Comparación de medias entre insecticidas, entomopatógenos y su combinación, expresado en la mortandad de larvas el tercer instar de *Spodoptera frugiperda*.

	Tratamiento	Porcentaje de mortalidad
1	Testigo	0.0 c
2	Lambda-cyhalotrina (LC)	53.33abc
3	Benzoato de emamectina (BE)	73.33 ab
4	<i>Metarhizium anisopliae</i> (MA)	30.0 bc
5	<i>Beauveria bassiana</i> (BB)	43.3 abc
6	Combinación LC + MA	76.67 ab
7	Combinación LC + BB	83.33 ab
8	Combinación BE + MA	86.67 a
9	Combinación BE + BB	93.33 a

£: Medias de tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales ($\alpha=0.05$).

Estos resultados concuerdan con los de Pardey (2009) quien encontró en un estudio con *M. anisopliae* aplicado a una dosis de 1×10^{12} ; en comparación con el

insecticida Danex (triclorfón) a una dosis de 800 g de i.a. \cdot ha⁻¹; y en forma combinada, para el control de gusano cogollero, que la mezcla presente el mayor índice de control y recomienda realizar las aplicaciones antes de la etapa de floración y cuando la plaga se encuentra en las primeras etapas de desarrollo que son más susceptibles.

Por tanto, una alternativa para retrasar el desarrollo de la resistencia del gusano cogollero a los insecticidas químicos puede ser la rotación de los plaguicidas e incluir el uso de bioplaguicidas con el uso de entomopatógenos (*B. bassiana* o *M. anisopliae*).

La resistencia a insecticidas es un proceso dinámico (Yu, 1992), indica la necesidad de implementar un esquema de manejo de la resistencia a insecticidas. Es necesario un seguimiento sistemático para determinar la susceptibilidad o resistencia a otros grupos de insecticidas, y los principales mecanismos de resistencia que se han generado en *S. frugiperda*; además, de establecer medidas idóneas de control. Se debe insistir en una guía de productos alternativos a los insecticidas tradicionales usados, como los organofosforados, piretroides y carbamatos; otra gama de productos, por ejemplo, reguladores de crecimiento o el uso de entomopatógenos para manejar *S. frugiperda*, en los diferentes cultivos afectados. De esta manera se podría exponer a las poblaciones de esta plaga a diferente presión de selección, y disminuir el riesgo de dicha resistencia.

Los hongos son los principales organismos causantes de enfermedades en los insectos. Algunos de estos hongos son considerados patógenos. El ataque de los hongos entomopatógenos se asocia a una gran cantidad de insectos, los cuales son infectados preferentemente en los estadios inmaduros (ninfa o larva). La especificidad con la que atacan a los insectos plaga es bastante variable, ya que algunos tienen un amplio rango de hospederos, mientras que otros están restringidos a una especie de insecto. El éxito de estos entomopatógenos está en función de la biología de los insectos plaga y del medio ambiente en que se

encuentren para poder decidir cuál es la especie más adecuada y el momento oportuno para aplicarlo (Olayo, 2003).

Por otra parte, los hongos presentan sensibilidad a la variación de las condiciones climáticas como temperaturas extremas, desecación y luz ultravioleta (Alean, 2003; Cañedo y Ames, 2004). Estas limitantes pueden ser contrarrestadas, por lo tanto, requieren de condiciones de almacenamiento más exigentes, para evitar que pierdan su patogenicidad. En general, los insecticidas biológicos no matan instantáneamente, pero alcanzan buenos niveles de control entre una y tres semanas después de la aplicación, dependiendo de la plaga y del ambiente, a esto, el insecto deja de ser plaga al ser parasitado por el hongo, ya que deja de alimentarse mucho antes de morir, disminuyendo el daño al cultivo (Cañedo y Ames, 2004).

4.2. Segunda Fase: Verificación del Efecto de Insecticidas en Campo

Para la verificación de los insecticidas químicos en campo se realizó una aplicación a los 20 días después de la emergencia del maíz, el Lambda-cyhalotrina y el Benzoato de emamectina a la dosis recomendada por el comerciante.

Previo a la aplicación se realizó un recorrido en campo para determinar el daño por *S. frugiperda* de esta forma se encontró que el testigo y los tratamientos 1 y 2 que corresponden a las aplicaciones de los productos químicos presentaron daños en la escala 2-3 y 4-9, de Davis (Figura 9), generalizada en las cuatro repeticiones.

Se realizó una segunda evaluación de daños después de la aplicación, para lo cual se consideró el intervalo de reentrada de cada uno de los productos comerciales, en cual correspondió en el caso de Lambda-cyhalotrina a los 15 días y para el Benzoato de emamectina a los 20 días después de la aplicación. De las observaciones se obtuvo que el testigo mantuvo daños constantes 2-3 y 4-9,

mientras que Lambda cyhalotrina presento daños en todas las observaciones en la escala 2-3 y para Benzoato de emamectina se encontró de 0-1 y 2-3 (Figura 9).

Los resultados obtenidos en estas observaciones indican que hubo mayor control con benzoato de emamectina debido a que el daño ya no se expresó tan severo y fue posible apreciarlo en las hojas nuevas de las plantas de maíz que presentaron casi nulo daño foliar por *S. frugiperda* con respecto a los otros dos tratamientos.

Paucarchuco *et. al.* (2004) señalan que se debe aplicar insecticidas solo cuando excedan el 10 o 15% de plantas infestadas en la etapa de crecimiento lento y pudiendo usarse fosforados o carbamatos de mediana acción residual. En la etapa de crecimiento rápido aplicar insecticidas cuando exceda el 30% de plantas infestadas dando preferencia al uso de inhibidores de quitina, o *Bacillus thuringiensis* y granulados dirigidos al cogollo.

Dively (2001), realizó estudios con maíz genéticamente modificado y empleo la escala de Davis para ver el daño foliar del maíz, la cual le resultó de mucha aplicabilidad para el estudio del comportamiento de *S. frugiperda*, y de la susceptibilidad a la plaga en el cultivo.

Se pudo constatar que esta plaga inicia su ataque y presencia en el cultivo, justo después de la emergencia de las plantas de maíz y después de que ha brotado la planta. Se pudo observar que las larvas de esta plaga aún son susceptibles a los insecticidas empleados en el estudio, al grado de disminuir los efectos de daño en el cultivo. Al respecto, Pardey (2009), recomienda que si se aplica un insecticida químico a la mitad de la dosis, junto con el uso de un entomopatógeno, se pone de manifiesto que las aplicaciones son capaces de mantener a la planta con índice de daño bajo.

V. CONCLUSIONES

El control químico y biológico son eficientes para el control del gusano cogollero.

Los métodos de control químico y biológico presentan buena eficacia de compatibilidad y favorecen en el control sobre el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, en los primeros instares de esta especie.

La aplicación de benzoato de emamectina en dosis 100 mL controló mejor la incidencia y severidad del ataque de gusano cogollero en campo, por lo que las plantas expresaron mayor crecimiento y desarrollo.

VI. LITERATURA CITADA

- Abbas, A; R. G. Luttrell; H. N. Pitre; F. M. Davis. 1989. Distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses on cotton. *Environmental Entomology*.18: 881-885.
- Alatorre, J. 2007. Curso de post grado en toxicología. Universidad Nacional Agraria la Molina. 11 p. 53.
- Alean, C. I. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Homóptera: Aleyrodidae) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura en Microbiología Agrícola y Veterinaria. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas. Microbiología Agrícola y Veterinaria. Bogotá, D. C. Colombia. 116p.
- Alfonso, G. 2002. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica, Ed. Limusa. Tercera Edición. México. 356 p.
- Andrews, K. L. 1988. Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida Entomologist*. 71(4):630-53.
- Ángulo, J. M. 2000. Manejo del Gusano cogollero del maíz utilizando extractos de plantas, en: <http://www.turipana.org>.
- Bahena, J. F. 1998. Enemigos Naturales de Huevecillos y Larvas del Gusano Cogollero del Maíz, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) y Observaciones de Laboratorio en Morelos México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila; México.

- Butt, H. D. 2001. Control of insects by bacteria. *Parasitology: Their Habits and Control*. Nueva York: 84: 79-117 p.
- Carballo, M. H. E; A. Rodríguez. 2004. Control Biológico de Insectos Mediante Hongos Entomopatógenos. CATIE. Nicaragua. 232 p.
- Cañedo, V; T. Ames. 2004. Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. pp 62.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 2015. <http://libcatalog.cimmyt.org/download/cim/4941.pdf>
- Cisneros, V. 1995. Control de Plagas Agrícolas. Auspiciado por: AGCS ELECTRONICS, segunda edición Lima-Perú. 313 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2006. Boletín de prensa: El maíz, sus razas y parientes silvestres.
- Chul, B; H. N. Pitre; D. B. Hogg. 1999. Development of the fall armyworm on cotton, soybean and corn. *Journal of the Georgia Entomological Society* 18: 187-194p.
- Davis, F. M; W.P. Williams. 1992. Visual rating scales for screening whorlstage corn for resistance to fall armyworm. *Missouri Agricultural For Experiment Station Technique Buletin*. 186p.
- Diez-Rodríguez, G; C. Omoto. 2001. Inheritance of Lambda-Cyhalothrin Resistance in *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Neotropical Entomology* 30(2): 311-316.

- Dively, H. 2001. Tipos de Control de las plagas de insectos y malas hierbas. Chapman and may LTD. Traduc. C. M. Castaños. México, D. F. 949 p.
- Foster, R. E. 1989. Strategies for protecting sweet corn ears from damage by fall armyworms (Lepidoptera: Noctuidae) in southern Florida. Florida Entomologist 72: 146-151.
- Georghiou, G. P; A. Lagunes-Tejeda. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Moreira, M; A. Bejarano; V. Segovia. 1989. Control del cogollero del maíz (Spodoptera frugiperda Smith) utilizando insectisidas sistémicos y granulados bajo diferentes formas de aplicación. Agronomía Tropical, 39.
- Monzón, A. 2001. Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 63: 95 - 103.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 1995. Manual on the Evaluation and Prevention of Losses by Pests, Diseases, and Weeds. Ed. L. Chiarappa. Slough, Inglaterra:
- Ortega, C. A. 1987. Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT. México, D.F. 106 p.
- Olayo, H. 2003. Guía para Investigadores Agrícolas. Red de Acción en Alternativas al Uso de Agroquímicos. 152p

- Pacheco-Covarrubias, 1993. IX Seminario de manejo de enfermedades y plagas del maíz, utilizando insecticidas. Prociandino, 195 p.
- Pardey, A. E. B. 2009. Evaluation of chemical and biological insecticides to control *Spodoptera frugiperda*. Revista Colombiana de Entomología. 35: 12-17.
- Paucarchuco, T. E. L; A. Valverde. 2004. Manual de plagas del cultivo de maíz, evaluación y control. UNCP. 112 p.
- Pell, M. T; H. K. Kaya. 2001. Insect pathology. Academic Press, Inc. New York. 666 p.
- Roel, F. C. S; J. L. Smith; C. M. 2000. Plant resistance to insects: a fundamental approach. Wiley, New York.
- Rodríguez G. E.; S. Marín M. 2008. Manejo del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz. 213-342 p.
- Statistical Analysis Systems (SAS), 2002. Versión 9.1. SAS Institute Inc., Cary.
- Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). 2005. Manejo Integrado de Plagas con Fundamento Ecológico. Lima, Perú.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. <http://www.siap.gob.mx/index>
- Silva-Aguayo, G; J. C. Rodríguez-Maciél; A. Lagunes-Tejeda; C. Landeral-Cázares; R. Alatorre-Rosas; A. M. Shelton; C. A. Blanco. 2010. Bioactivity of Boldo (*Peumus boldus* Molina) (Laurales: Monimiaceae) on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) and *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae).

Willink, E; V. M. Osos; M. A. Costilla. 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.

Yu, S. J. 1992. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 85: 675-691.