



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE PARASITOLOGÍA AGRÍCOLA

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN PROTECCIÓN VEGETAL**

**EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y
CULTURALES EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO
(*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ
(*Zea mays* L.)**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

PRESENTA:

JOSÉ TERRONES SALGADO

CHAPINGO, ESTADO DE MÉXICO, ENERO DEL 2015.



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES Y REGISTROS



La presente tesis titulada **EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CULTURALES EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO. (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)**, fue realizada por José Terrones Salgado, bajo la dirección y asesoría del consejo particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PROTECCIÓN VEGETAL

CONSEJO PARTICULAR

Director: _____

Dr. Aurelio Pedroza Sandoval

Asesor: _____

Dr. Fabián García González

Asesor: _____

Dr. Nahúm Marbán Mendoza

Asesor: _____

Dr. Alejandro C. Michel Aceves

**CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) EN EL
CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)
EVALUATION OF CHEMICAL, BIOLOGICAL AND CULTURAL PRACTICES IN THE
CONTROL OF ARMYWORM (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith.) IN CORN CROP (*Zea
mays* L.)**

José Terrones Salgado¹., Aurelio Pedroza Sandoval²., Fabián García Gonzales³., Nahúm Marbán
Mendoza³ y Alejandro C. Michel Aceves³

RESUMEN

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es una de las principales plagas que afectan negativamente la producción de maíz. El estudio tuvo como objetivo evaluar prácticas culturales, químicas y biológicas en la infestación de la plaga, daños, crecimiento y desarrollo y su impacto en el rendimiento del maíz. Se usó un diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas con tres repeticiones. No hubo diferencia estadística por fechas de siembra en la mayoría de las variables ($P \leq 0.05$). El Benzoato de emamectina aplicado sólo o en combinación con los biológicos *B. thuringiensis* y *B. bassiana*, fueron los tratamientos más consistentes de mejor efecto, en general con una significativa ($P \leq 0.05$) menor incidencia y severidad de daños, repercutiendo en una mayor altura y vigor de planta. Producto de este efecto se obtuvo una mayor producción de maíz, con un promedio de 7.45 t ha⁻¹. La longitud y diámetro de la mazorca y el peso de grano por planta, fueron los componentes más directamente relacionados al efecto de rendimiento.

Palabras clave: Producción agrícola, Fitosanidad, Epidemiología, Plagas.

¹Tesista

²Director

³Asesor

ABSTRACT

The budworm (*Spodoptera frugiperda*) is one of the main pests affecting negatively maize production. The aim of this study was to evaluate cultural, chemical and biological practices and their impact on the incidence of pest damage and the growth and development and its impact on maize yield. Random block design was used in a split-split plot arrangement with three replications. There was no statistical difference between two planting dates ($P \leq 0.05$). The emamectin benzoate applied alone or mixture with the biological products *B. thuringiensis* or *B. bassiana*, were the most consistent treatments with the best effect, in general with a significant ($P \leq 0.05$) lower incidence and severity of damage, which is related to increase of plant height and vigor. Based in the before results, higher maize production was obtained, with an average of 7.45 t ha⁻¹. The length and diameter of the ear and the grain weight per plant were the most directly related to the effect of the yield.

Key words: Agricultural production, Crop Protection, Epidemiology, Pest.



José Terrones Salgado (2015)

DATOS BIOGRÁFICOS



José Terrones Salgado, es originario del municipio de Huitzucó, ubicado en la región norte del estado de Guerrero, nació el 24 de Mayo de 1989. Realizó sus estudios de nivel primaria en la escuela “Estado de Guerrero” (1995-2001); los estudios de secundaria los efectuó en la Escuela Secundaria Técnica No. 46 “Rubén Uriza Castro” (2001-2004), el nivel medio superior lo llevó a cabo en el Centro de Estudios Técnicos del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CET-CSAEGRO) (2004-2007), los tres ubicados en Huitzucó, Gro., su licenciatura la cursó en el Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGRO) (2008-2012) en Cocula, Gro. Los estudios de posgrado los realizó en la Maestría en Ciencias en Protección Vegetal, en el departamento de Parasitología Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo (2013-2014).



EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CULTURALES
EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO
(*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)



José Terrones Salgado (2015)

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el apoyo económico brindado durante mis estudios de maestría.

A la **Universidad Autónoma Chapingo**, especialmente al **Departamento de Parasitología Agrícola** y al programa de posgrado de **Protección Vegetal**, por brindarme la oportunidad de continuar con mi preparación académica.

Al **Dr. Aurelio Pedroza Sandoval** por su invaluable dirección en el desarrollo de esta tesis. Por su tiempo dedicado al análisis de datos y trabajo de gabinete. Con respeto y admiración; gracias.

Al **Dr. Nahúm Marbán Mendoza** por su participación en la revisión del documento y la transmisión de sus amplios conocimientos.

Al **Dr. Alejandro C. Michel Aceves** por su colaboración, sugerencias y aportaciones para la realización del presente trabajo, por su amistad y apoyo brindado durante mi formación profesional.

Al **Dr. Fabián García González** por las correcciones al presente trabajo.

Al **IAZ. Adilene Amaro Yépez** por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo y por ser mi compañera de toda la vida.

A todos los **Profesores** de posgrado que contribuyeron en mi formación académica, por su confianza y amistad. Gracias.



EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CULTURALES
EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO
(Spodoptera frugiperda J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)



José Terrones Salgado (2015)

DEDICATORIAS

A Dios por darme la vida

Al motor de mi vida, el motivo para esforzarme día con día a mi Esposa e Hija:
Adilene Amaro Yépez y Karol Guadalupe Terrones Amaro, las amo con todo mi corazón.

A mis padres **Domingo Terrones Rodríguez y María Salgado Vela** gracias por darme la vida y brindarme su apoyo incondicional, estoy muy agradecido con ustedes.



José Terrones Salgado (2015)

ÍNDICE GENERAL

	Página
RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	i
DATOS BIOGRÁFICOS.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
2. OBJETIVOS.....	5
3. HIPÓTESIS.....	5
4. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
4.1. Generalidades del cultivo.....	6
4.2. Generalidades del Gusano cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i> J.E. Smith).....	8
4.3. Control biológico.....	11
4.3.1. Bacterias entomopatógenas.....	14
4.3.2. Hongos entomopatógenos.....	17



EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CULTURALES
EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO
(*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)



José Terrones Salgado (2015)

4.4. Control químico.....	21
4.5. Control cultural.....	24
5. LITERATURA CITADA.....	26
CAPITULO II. MANEJO INTEGRADO EN LA INCIDENCIA Y DAÑO DEL GUSANO COGOLLERO (<i>Spodoptera frugiperda</i>) Y SU IMPACTO EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL MAÍZ.....	38
Resumen.....	38
Abstract.....	39
1. INTRODUCCIÓN.....	40
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	44
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	44
2.2 Diseño y unidad experimental y de tratamientos.....	44
2.3 Establecimiento del experimento y prácticas culturales.....	45
2.4 Variables medidas.....	47
2.5 Procesamiento de datos.....	48
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
3.1 Siembra temprana (15 Junio de 2013).....	49
3.2 Siembra tardía (15 Julio de 2013).....	51
3.3 Efectos de interacción de los productos químicos y biológicos..	53
3.4 Análisis temporal.....	56



EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CULTURALES
EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO
(*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)



José Terrones Salgado (2015)

4. CONCLUSIONES.....	59
5. LITERATURA CITADA.....	61
CAPITULO III. MANEJO INTEGRADO EN EL CONTRO DEL GUSANO COGOLLERO (<i>Spodoptera frugiperda</i>) Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ.....	67
Resumen.....	67
Abstract.....	68
1. INTRODUCCIÓN.....	69
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	71
2.1 Ubicación geográfica del área de estudio.....	71
2.2 Diseño y unidad experimental y de tratamientos.....	72
2.3 Establecimiento del experimento y prácticas culturales.....	73
2.4 Variables medidas.....	75
2.5 Procesamiento de datos.....	75
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	75
3.1 Siembra temprana (15 Junio de 2013).....	76
3.2 Siembra tardía (15 Julio de 2013).....	78
3.3 Rendimiento de grano y componentes del mismo.....	80
3.4 Efectos de interacción de productos químicos y biológicos.....	84
4. CONCLUSIONES.....	87



EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CULTURALES
EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO
(*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)



José Terrones Salgado (2015)

5. LITERATURA CITADA..... 88



ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO II

Cuadro		Página
1	Efecto de productos químicos en la infestación de plaga, incidencia de daño, severidad de daño y vigor de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>), en la fecha de siembra temprana (15/06/13).....	50
2	Efecto de productos biológicos en la severidad de daños y vigor de planta en el control del gusano cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>), en la fecha de siembra temprana (15/06/13).....	51
3	Efecto de productos químicos en la incidencia de daños y vigor de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>), en la fecha de siembra tardía (15/07/13).....	52
4	Efecto de productos biológicos en la severidad de daños, vigor y altura de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>), en la fecha de siembra tardía (15/07/13).....	53



José Terrones Salgado (2015)

5	Efectos de interacción de productos químicos y biológicos en la incidencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> y la incidencia y severidad de años y su impacto en la altura y vigor de la planta de maíz, en la fecha de siembra temprana (15/06/13).....	55
6	Efectos de interacción de productos químicos y biológicos en la incidencia de <i>Spodoptera frugiperda</i> y la incidencia y severidad de años y su impacto en la altura y vigor de la planta de maíz, en la fecha de siembra tardía (15/07/13).....	55

CAPÍTULO III

Cuadro		Página
1	Efecto de productos químicos en la incidencia de plaga, incidencia de daño, severidad de daño y vigor de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>), en la fecha de siembra temprana (15/06/13).....	77
2	Efecto de productos biológicos en la severidad de daños y vigor de planta en el control del gusano cogollero del maíz	



EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CULTURALES
EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO
(*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)



José Terrones Salgado (2015)

	(<i>Spodoptera frugiperda</i>), en la fecha de siembra temprana (15/06/13).....	78
3	Efecto de productos químicos en la incidencia de daños y vigor de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	79
4	Efecto de productos biológicos en la severidad de daños, vigor y altura de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (<i>Spodoptera frugiperda</i>).....	80
5	Efecto de productos químicos en el control del gusano cogollero y su impacto en el rendimiento de grano y componentes del mismo en el cultivo del maíz, en la fecha de siembra tardía (15/07/14).....	82
6	Efecto de productos biológicos en el control del gusano cogollero y su impacto en el rendimiento de grano y componentes del en el cultivo del maíz, en la fecha de siembra tardía (15/07/13).....	84
7	Efectos de interacción de productos químicos y biológicos en el control de <i>Spodoptera frugiperda</i> y su impacto en el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz. Fecha de siembra temprana (15 de junio, 2013).....	85



EVALUACIÓN DE PRÁCTICAS QUÍMICAS, BIOLÓGICAS Y CULTURALES
EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO
(Spodoptera frugiperda J. E. Smith.) EN EL CULTIVO DEL MAÍZ (*Zea mays* L.)



José Terrones Salgado (2015)

8 Efectos de interacción de productos químicos y biológicos en el control de *Spodoptera frugiperda* y su impacto en el rendimiento y componentes del mismo en el cultivo del maíz. Fecha de siembra tardía (15 de julio, 2013).....

87



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura		Página
1	Localización del área de estudio.....	45
2	Análisis temporal de la incidencia de daños del gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> , en diferentes fechas de muestreo.....	57
3	Análisis temporal de la severidad de daños del gusano cogollero <i>Spodoptera frugiperda</i> , en diferentes fechas de muestreo.....	57
4	Análisis temporal del vigor de la planta en diferentes fechas de muestreo.....	58
5	Análisis temporal de la altura de planta en diferentes fechas de muestreo.....	59

CAPÍTULO III

Figura		Página
1	Localización del área de estudio	72



José Terrones Salgado (2015)

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN GENERAL

El maíz se cultiva en diferentes partes del mundo, puesto que su consumo es de carácter nacional e internacional. Suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales, además de ser una materia prima básica en la agroindustria. En el 2012 la superficie mundial cultivada fue 177, 379,506 ha con una producción de 872, 066,769 t ha⁻¹. El principal productor a nivel mundial es Estados Unidos con una producción de 273, 832,130 toneladas en una superficie cosechada de 35, 359,790 ha (FAO, 2014). De acuerdo a datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, la producción obtenida en México en el 2012 fue de 22, 069,254 toneladas con un rendimiento de 3.19 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 6, 923,900 ha, donde el principal productor es el estado de Sinaloa con una producción de 3, 646, 875 toneladas, con un rendimiento de 9.39 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 388,198 ha. En tanto que, el estado de Guerrero produce 1, 304, 132 toneladas con un rendimiento promedio de 2.8 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 466,062 ha (SIAP, 2014).

El maíz como los demás cultivos, están sujetos a diversos factores adversos, tanto de tipo biótico, como abiótico. Dentro de los primeros destaca el daño por plagas y enfermedades; en tanto que en el segundo, es importante el daño por sequía, heladas y algunas veces el granizo, entre otros. El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.) (Lepidóptera: Noctuidae) es



José Terrones Salgado (2015)

considerada la plaga más importante en muchas regiones de América y particularmente de México, causando pérdidas desde un 20 hasta un 100 %, con los daños más serios reportados en las zonas temporales de regiones tropicales y subtropicales (Polanczyk *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 2001). Efectivamente, los daños de esta plaga son frecuentes e importantes (Alatorre *et al.*, 2000), presentándose generalmente en poblaciones elevadas y con mayor incidencia en siembras tardías, fuera de la época de siembra recomendada (Mendoza *et al.*, 2003).

El principal daño de esta plaga, es producido mediante raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas en desarrollo, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translúcidas. Una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje en las hojas del cogollo, las cuales al desplegarse, muestran una hilera regular de perforaciones a través de la lámina o bien áreas alargadas carcomidas. En esta fase, es característico observar los excrementos de la larva en forma de aserrín (Ortiz, 2010). Producto de los daños directos e indirectos producidos al cogollo de la planta, se producen pérdidas económicas por la reducción del rendimiento, pero también daña el tallo, espiga y elote (Pacheco, 1985; Cortez y Macías, 2006). Causa severos daños desde la etapa de plántula hasta la premadurez, sobre todo en áreas con clima cálido seco, cuando se presenta periodo de sequías o con el cambio climático esto favorece a la proliferación de la plaga (Hernández, 1999).

Se han utilizado estrategias de control químico convencional las cuales son inconsistentes y a menudo insatisfactorias para el control de *S. frugiperda*, ya



José Terrones Salgado (2015)

que casi inmediatamente después de la eclosión, las larvas de los primeros instares se mueven al cogollo de las plantas de maíz, donde están protegidos de los insecticidas foliares, lo cual hace que el control se torne cada vez más difícil (Siebert *et al.*, 2008). Su control con base de insecticidas químicos ha ocasionado que esta especie adquiera resistencia, se eliminen a sus enemigos naturales y afecte el medio ambiente (Yu, 1991; Pimentel, 1995). Las poblaciones de gusano cogollero han desarrollado resistencia a varias clases de insecticidas, incluidos los carbamatos, organofosforados y piretroides (Adamczyk *et al.*, 1997), lo cuales fueron exitosos en el control de plagas al inicio de ser usados, minimizando las pérdidas de las cosechas. Sin embargo, como consecuencia de su uso inadecuado e indiscriminado, pronto aparecieron problemas de resistencia de los insectos hacia estos productos, así como un rápido crecimiento de las poblaciones de plagas secundarias y alteraciones ecológicas, causando efectos indeseables en el medio ambiente y en la salud (Morales *et al.*, 2009). Para el control de gusano cogollero se recurre exclusivamente a insecticidas químicos sintéticos de amplio espectro, con más de veinticinco años en el mercado (Cortez *et al.*, 2006), con lo que se provoca elevada contaminación ambiental con múltiples efectos negativos y en ocasiones sin obtener el control deseado sobre la plaga.

La situación anteriormente expuesta, ha sido base para que, en la actualidad, se promueva un manejo integrado de la plaga, donde la combinación de prácticas químicas, culturales y biológicas, ejerzan un control eficiente y un menor impacto ambiental; además de producir menos presión de selección en



José Terrones Salgado (2015)

el insecto para que éste no promueva la generación de resistencia genética a los plaguicidas. Particularmente el control biológico, ha adquirido auge, como medio más racional y respetuoso con el medio ambiente (Badii y Abreu, 2006). Dentro de los entomopatógenos, el grupo de las bacterias y de los hongos posee el mayor potencial como agentes bioinsecticidas y, por tal motivo, los productos a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis* y de *Beauveria bassiana* constituyen los bioinsecticidas más utilizados a nivel mundial (Powell y Jutsum, 1993).

Por otro lado, también se puede utilizar el método de control cultural para controlar dicha plaga alterando deliberadamente el sistema de producción, bien sea el sistema de producción en sí mismo o prácticas específicas de producción de cultivos, para reducir significativamente la incidencia de la plaga y disminuir el impacto de daño de la misma (Ferro, 1996). Dentro de las prácticas culturales de mayor importancia están las fechas de siembra, las cuales tratan de identificar condiciones climáticas desfavorables para el desarrollo de las plagas, así como eludir las estaciones del año que resultan favorables para los insectos y de esta manera interrumpir sus ciclos de desarrollo y con esto disminuir la incidencia de las plagas (Garzón *et al.*, 2007).

Actualmente existen insecticidas registrados para el combate del gusano cogollero en México, con diferente modo de acción a los tradicionalmente utilizados: reguladores de crecimiento, inhibidores de la síntesis de la quitina, aceleradores de la muda, entre otros, que mayormente tienen que ser consumidos por el insecto para ejercer el efecto tóxico, lo que representa



José Terrones Salgado (2015)

ventajas sobre los insecticidas convencionales, los cuales generalmente son de amplio espectro y de contacto, lo cual es el origen del mayor impacto ambiental (Cloyd, 2007; Dripps *et al.*, 2008; García y Tarango, 2009). Los nuevos insecticidas son menos tóxicos, de acción más específica y por tanto de menor presión de selección sobre el insecto.

En base a lo anterior, este estudio pretende explorar diferentes técnicas químicas, biológicas y culturales que permitan un mejor manejo integrado para un control adecuado de esta plaga en la región de estudio.

2. OBJETIVOS

- Evaluar el efecto de diferentes prácticas culturales, dosis de productos químicos y fuentes biológicas en el control del gusano cogollero del maíz.
- Identificar la mejor interacción cultural-químico-biológica, que de manera integrada ejerza un mejor control de la plaga y se refleje en una mayor producción de maíz.

3. HIPÓTESIS

- Los métodos de control evaluados presentan diferencias significativas en el control del gusano cogollero del maíz, lo cual permitirá identificar el tratamiento más eficaz.



José Terrones Salgado (2015)

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Generalidades del cultivo

El centro de origen del maíz comprende desde el centro-sur de México hasta la mitad del territorio de Centroamérica por eso se dice que tuvo su origen en América Central, pero especialmente en México (Serratos, 2012). Se cree que el maíz se domestica hace aproximadamente 8000 años. Su evolución es producto de la interacción de los procesos biológicos y factores ecológicos con la dinámica cultural y los intereses del hombre (Carpenter *et al.*, 2005).

Actualmente se cultiva en diferentes partes del mundo y tiene gran importancia a nivel nacional e internacional; sirve como alimento, forraje y materia prima para la industria.

La planta de maíz pertenece al Reino Plantae, División Magnoliophyta, Clase Liliopsida, Subclase Commelinidae, Orden Poales, Familia Poaceae, Subfamilia Panicoideae, Género *Zea*, Especie *mays*, nombre binomial *Zea mays* L. El número cromosómico es $n=10$, tiene raíces seminales, definitivas, de soporte y aéreas, las seminales son cuatro que se originan en el embrión y suministran nutrimentos en las primeras dos semanas. Las definitivas fijan la planta al suelo y absorben agua y nutrimentos. Las de soporte sirven para dar estabilidad a la planta y las aéreas no llegan al suelo (Lesur, 2005). El tallo es cilíndrico formado por nudos y de 8 a 21 entrenudos. El grosor y la altura son variables según las variedades; la altura varía de 80 cm hasta 4 m. Las hojas son largas,



José Terrones Salgado (2015)

lanceoladas, alternas, paralelinerves. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades.

La reproducción del maíz es sexual ya que la planta forma inflorescencias masculina y femenina separadas. Las primeras presentan una panícula que posee millones de granos de polen (Serratos, 2012). En cada florecilla panicular se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. Las flores femeninas se encuentran en una inflorescencia con un soporte central llamado olote. Esta inflorescencia antes de la fecundación se llama jilote; que al madurar se convierte en mazorca. La polinización de las plantas se realiza a través del viento, que transporta el polen de una planta a otra (polinización cruzada). El polen de la panícula masculina, arrastrado por el viento (polinización anemófila), cae sobre los estilos, donde germina y avanza hasta llegar al ovario; cada ovario fecundado crece hasta transformarse en un grano de maíz (Ruíz, 2001). El fruto botánicamente es un cariósipide conocido comúnmente como semilla o grano; es de formas triangulares, ovaladas y aplastadas; presenta tamaños y coloración variables (Robles, 1990).

El cultivo se adapta desde el nivel del mar, hasta alrededor de 2,500 m y 50 ° de latitud norte, hasta alrededor de 40° de latitud sur. Es de clima cálido, con una temperatura promedio entre 20 y 30 °C. La cantidad óptima de agua que necesita el cultivo es de 550 mm y la máxima de 1,000 mm. Prefiere suelos de textura franca y con alto contenido de materia orgánica con un pH óptimo entre 6 y 7. Se adapta a regiones de fotoperiodos corto, neutro o largos (Lesur, 2005).



José Terrones Salgado (2015)

El crecimiento y producción del maíz depende del potencial genético de la planta para responder a las condiciones ambientales en las que crece. Generalmente las plantas de maíz siguen el mismo patrón de crecimiento, pero la duración entre etapas puede variar dependiendo del híbrido, lugar, temporada y fecha de siembra. El crecimiento del maíz se divide en etapa vegetativa (V) y reproductiva (R). Además, se subdivide la etapa vegetativa asignándoles números V1, V2, V3 y Vn; n representa la etapa de la última hoja (Salas, 2008).

4.2. Generalidades del Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith.).

El gusano cogollero del maíz tiene su origen en América y el Caribe. Esta plaga se encuentra distribuida en América tropical desde el sur de los Estados Unidos, Centro América y Sudamérica. Es de los pocos insectos que se dispersan y reproducen a través de todo el continente americano (Capinera, 2001). Ataca alrededor de 60 especies de plantas (Andrews, 1988). Es una de las principales plagas que atacan a los cultivos del maíz, puede ocasionar una reducción en la producción que va desde un 20 % hasta la pérdida total del cultivo desde las primeras etapas de desarrollo de la planta e incluso cuando ésta se encuentra en épocas de floración (Del Rincón *et al.*, 2006). En México también se ha reportado la presencia de esta plaga en las distintas regiones del país donde se siembra maíz (López *et al.*, 1999).

El adulto del gusano cogollero son palomillas de hábitos nocturnos, que poseen gran capacidad de dispersión y viajan hasta grandes kilómetros y prefieren los



José Terrones Salgado (2015)

climas templados con un alto porcentaje de humedad relativa en el ambiente presenta dimorfismo sexual, el macho presenta expansión alar de 32 a 35 mm; longitud corporal de 20 a 30 mm. Las alas anteriores pardo-grisáceas con pequeñas manchas violáceas, las alas posteriores no presentan tintes ni venación coloreada. Las hembras tienen una expansión alar de 25 a 40 mm, longitud corporal de 25 a 40 mm. Las alas anteriores son agudas, grisáceas, no presentan contrastes al igual que las posteriores (Ortiz, 2010), la palomilla, vuela con facilidad durante la noche, siendo atraída por la luz; permanecen escondidas en sitios sombreados durante el día y son activas al atardecer o durante la noche (Capinera, 2001).

Individualmente los huevos son de forma globosa, con estrías radiales, de color rosado pálido. Las hembras depositan los huevos los cuales son blanco perla, en el haz y en el envés de las hojas en varios grupos cubiertos por segregaciones del aparato bucal y escamas de su cuerpo que sirven como protección (Capinera, 1999), miden aproximadamente 0.4 mm de diámetro y 0.3 mm de altura una hembra puede poner de 100 a 200 huevos por ovipostura y hasta 1500 en su vida fértil (Nava y Ramírez, 2002). Las larvas al eclosionar tienen su cuerpo blanquecino vidrioso y se alimentan del corion, más tarde se trasladan a diferentes partes de la planta, evitando la competencia por el alimento y el canibalismo. Su color varía según el alimento aunque en general son pardas oscuras, en el dorso se distingue una banda negruzca más ancha hacia el costado y otra parecida pero amarillenta más abajo, sobre el dorso y la parte superior de los costados tienen tres líneas blancas cada una con una



José Terrones Salgado (2015)

hilera de pelos blancos amarillentos que se disponen longitudinalmente, sobre cada segmento del cuerpo aparecen cuatro manchas negras vistas desde arriba ofrecen la forma de un trapecio isósceles (Ángulo, 2000), en la frente de la cabeza se distingue una "Y" blanca invertida (Negrete y Morales 2003). Pasan por 6 ó 7 estadios, diferenciándose uno de otro principalmente por el color y el tamaño. Durante el desarrollo se pueden diferenciar perfectamente los estadios a los que pertenece, esto puede estar estrechamente marcado por el ancho y longitud de la cabeza, también por la coloración del cuerpo y longitud. (Villa y Catalán, 2004). De los estadios de la larva es de mayor importancia para tomar las medidas de control los dos primeros; las larvas pueden alcanzar hasta 35 milímetros en su último estadio. A partir del tercer estadio se introducen en el cogollo para alimentarse de este. La pupa generalmente se desarrolla en el suelo, el hábito de este lepidóptero es de enterrarse cuando ocurre este cambio (Vivas, 2003), es de color café rojizo y mide entre 14 y 18 mm de longitud los extremos abdominal terminan en 2 espinas en forma de "U" invertida (Negrete y Morales, 2003).

El daño que ocasiona son 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 comidas. En esta fase es característico observar los excrementos de la larva en forma de aserrín. El daño económico de esta plaga generalmente es importante una infestación



José Terrones Salgado (2015)

no controlada puede una reducción del rendimiento del 13 al 60 % (Del Rincón *et al.*, 2006). Los daños más serios corresponden a las zonas temporaleras de regiones tropicales y subtropicales y su distribución es muy amplia, ocurre en todas las zonas productoras de maíz (Yáñez, 2007).

4.3. Control biológico

En la época actual se ha incrementado la tendencia del control de plagas en los agrosistemas sin utilizar productos químicos, debido a que el uso excesivo de éstos ha provocado contaminación ambiental. Además, se vuelven menos eficaces por la evolución de plagas a descendientes resistentes y también pueden matar insectos y microorganismos benéficos (Bartlett *et al.*, 2002; Madriz, 2002).

En los últimos 30 años, en la agricultura se han implementado, métodos de control alternativos, como el uso de microorganismos de control biológico o "biocontrol", términos utilizados en diferentes campos de la biología, se aplica al uso de antagonistas microbianos para suprimir las enfermedades (Pliego, *et al.*, 2011); es decir, implica la utilización de organismos (o de sus metabolitos o subproductos) supresores de plagas, con el fin de reducir o eliminar sus efectos dañinos en las plantas o sus productos. Esta estrategia se ha empleado de manera empírica desde los inicios de la agricultura. La razón principal por la cual muchos cultivos no son destruidos completamente por las plagas y enfermedades, es la presencia natural de agentes de control biológico capaces



José Terrones Salgado (2015)

de antagonizar y reducir la severidad de plagas o patógenos, reduciendo sus efectos nocivos (Lim y Kim, 2010; Yang *et al.*, 2012).

El estudio y aplicación del control biológico tiene una larga historia. Diferentes autores han tratado de documentar en diversas épocas el desarrollo de las actividades del control biológico como disciplina científica y estrategia fundamental en el manejo de plagas (Rodríguez y Arredondo, 2007). Los insecticidas biológicos se usan en México desde hace 56 años, pero su aplicación se incrementó significativamente desde 1990 (Morales *et al.*, 2009). El Control Biológico es muy importante, ya que además de cuidar y reforzar la acción de los agentes que normalmente están presentes en el ecosistema (Alatorre *et al.*, 2000) se desarrolla la manipulación deliberada de parasitoides, depredadores y patógenos de las especies plaga dentro del agrosistema, diseñada o proyectada para reducir la población plaga a un nivel que no produzca daños económicamente importantes (Badii *et al.*, 2006). A partir del uso de insectos entomófagos para el control de insectos plaga, el control biológico se ha extendido al uso de una amplia gama de organismos para el control de insectos, los cuales tienen como efecto la muerte directa de la especie de insecto que atacan o actúan como antagonistas inhibiendo el desarrollo de otros microorganismos mediante sustancias que excretan (Rodríguez y Arredondo, 2007).

El control biológico es una forma de manejar poblaciones de insectos plaga o fitopatógenos, consiste en el uso de uno o más organismos para reducir la densidad de dichos organismos que causan daño al hombre. Así, el control



José Terrones Salgado (2015)

biológico puede definirse como el uso de organismos benéficos (enemigos naturales) contra aquellos que causan daño (plagas) (Nicolls, 2008). Es la acción de los parasitoides, depredadores o patógenos para mantener la densidad de la población de un organismo plaga a un promedio más bajo del que ocurriría en su ausencia. Busca reducir las poblaciones de la plaga a una proporción que no cause daño económico, y permite una cantidad poblacional de la plaga que garantiza la supervivencia del agente controlador. Este agente mantiene su propia población y previene que la plaga retorne a grados poblacionales que causan daño. El control biológico tiene varias ventajas ya que la estrategia se dirige a una especie de plaga particular, mientras se mantiene la población de la plaga por muchos años sin causar daño económico. En el largo plazo, el control biológico es uno de los métodos más baratos, seguros, selectivos y eficientes para controlar plagas. Para la mayoría, la ventaja más sobresaliente de dicho control es que no contamina el ambiente y no destruye la vida silvestre (Nicholls, 2008).

Como la mayoría de los organismos, los insectos son susceptibles a una variedad inmensa de enfermedades agudas y fatales causadas por patógenos, los cuales pueden ser importantes en el corto plazo como reguladores de las poblaciones de Insectos. Los patógenos son microorganismos parasíticos y causan enfermedad a sus huéspedes. Los grupos más importantes son: virus, bacterias, hongos, nematodos y protozoos. En las enfermedades infecciosas se encuentran involucrados microorganismos patógenos. Éstos generalmente invaden y se multiplican en el insecto y se dispersan infectando otros insectos.



José Terrones Salgado (2015)

Además se transmiten por medio de: contacto, ingestión, vectores y a veces de padres a la nueva generación (Villacide y Corley, 2012).

Los principales patógenos más comunes que se utilizan en el control de insectos plaga son las bacterias y hongos.

4.3.1 Bacterias entomopatógenas

Más de 90 especies de bacterias entomopatógenas se han aislado de insectos, plantas y suelos pero unas pocas se han estudiado intensivamente. La bacteria entomopatógena más conocida y desarrollada hasta ahora es *Bacillus thuringiensis*. (Nicolls, 2008).

Las bacterias son microorganismos unicelulares relativamente simples que carecen de organelos internos como núcleo y mitocondrias, y se reproducen asexualmente. Con algunas excepciones, la mayoría de las bacterias que se usan como insecticidas microbianos crecen en gran variedad de sustratos baratos, característica que facilita su producción masiva. La mayoría de las bacterias que se usan y que están en desarrollo para emplearse como agentes de control microbial son formadoras de esporas, pertenecen a la familia *Bacillaceae* y al género *Bacillus*. Estos bacilos patogénicos se presentan en insectos sanos y enfermos, pero también en otros hábitats como suelo, plantas, graneros y ambientes acuáticos; pueden aislarse fácilmente (Barbosa, 1998).

Las bacterias, en especial las diferentes subespecies de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), han sido los patógenos de insectos más usados en programas de control de insectos. Las razones para esto son: producción masiva fácil, sencillas de



José Terrones Salgado (2015)

formular y usar en grandes programas de control, matan la plaga con facilidad (alrededor de 48 horas), tienen un espectro de actividad que incluye muchas plagas de interés económico y brindan una seguridad muy superior para los organismos benéficos y el ambiente que cualquier insecticida sintético .

Existen dos tipos de bacterias que se usan en los programas de control de insectos, las que causan una infección fatal, y las que matan los insectos principalmente por medio de la acción insecticida de la toxina un ejemplo de estas últimas es la especie *B. t.*, ya que es una bacteria Gram positiva que habita en el suelo y produce toxinas muy activas contra una amplia variedad de plagas dentro de los órdenes lepidóptera, coleóptera y díptera (Höfte y Whitely 1989), es una especie que produce una toxina (compuesta por una proteína: delta-endotoxina y un nucleótido: exotoxina) capaz de matar insectos que estén o no directamente asociados con la bacteria.

Estudios sobre el modo de acción de las toxinas *Bt* han sido de gran interés para el diseño y producción de nuevas toxinas, así como para determinar los patrones de resistencia cruzada. Aunque el modo de acción de las toxinas *Bt* no se han elucidado completamente de acuerdo con Maagd *et al.* (2001), existen un consenso general de que el proceso de intoxicación del insecto ocurren las siguientes fases: 1) ingestión y solubilización del cristal proteico formado por protoxinas, 2) activación de la protoxina, 3) difusión de la toxina activada a través de la membrana peritrofica, 4) unión de la toxina a receptores específicos en la membrana del intestino medio, 5) inserción en la membrana y formación de poros, y 6) lisis celular y disrupción del epitelio del intestino medio.



José Terrones Salgado (2015)

Actualmente el uso comercial de productos hechos a base de *B. t.* representan una estrategia viable para controlar plagas resistentes a insecticidas convencionales y una opción amigable y a la salud humana.

En los últimos años se han realizado investigaciones estudiando a esta bacteria las cuales se mencionan a continuación:

Del Rincón *et al.* en el 2006 en una investigación donde se analizaron tres cepas nativas de *B. t.*, las se caracterizaron mediante la estimación de su concentración letal media o CL₅₀, el patrón de plásmidos, su perfil de proteínas y la más importantes la morfología del cristal. Las tres cepas presentaron una morfología de cristal bipiramidal típico, más la presencia de una inclusión cuadrada aplanada. Las cuales muestran ser potenciales para desarrollarse como bioinsecticidas contra *Spodoptera frugiperda* en México.

Ruíz y colaboradores en el 2004 realizaron estudios sobre la eficiencia de *Bt* variedad Kurstaki Línea HD-1 en larvas de *Spodoptera frugiperda*. En laboratorio, los resultados demostraron la eficiencia de la formulación, en larvas del tercer y cuarto instar se observó un porcentaje de eficiencia del 90% y 80 % respectivamente al final del periodo de observación, en condiciones de campo solo se evaluaron larvas del tercer instar donde hubo un control de 57.25 % esto explica que la cepa evaluada es eficiente para el control del gusano cogollero.

Carmona en el 2002 aisló y caracterizó parcialmente una cepa de *Bt* denominada UCLA-10, la bacteria fue reconocida básicamente por la presencia



José Terrones Salgado (2015)

de un cristal parasporal y por la típica forma bacilar de la misma. Los bioensayos cualitativos contra larvas de primer instar de *Spodoptera frugiperda* utilizando el complejo espora-cristal, revelaron niveles de toxicidad. Los resultados encontrados sugieren la existencia de cepas con alta toxicidad hacia el gusano cogollero del maíz.

4.3.2 Hongos entomopatógenos

Representan los principales microorganismos descritos como causantes de enfermedades en insectos, los hongos se encuentran asociados a insectos pertenecientes a diferentes órdenes. El estado inmaduro (larva) es en general el más atacado. Su especificidad a un huésped varía, algunos tienen un amplio rango de hospederos, mientras que otros están restringidos a una especie de insecto.

Poseen características muy especiales que les permiten sobrevivir en forma parasítica sobre los insectos y en forma saprofita sobre material vegetal en descomposición. El crecimiento saprofita puede dar como resultado la producción de conidióforos, conidios y desarrollo micelial, lo cual permite que el hongo pueda ser cultivado en el laboratorio utilizando técnicas de producción en masa de bajo costo (Carreño, 2003). Prácticamente, todos los insectos son susceptibles a algunas de las enfermedades causadas por estos hongos. Atacan para el caso de cutículas suaves, penetrando la hifa o tubo germinativo directamente sin la formación de apresorios. El tubo germinativo produce un apresorio y con frecuencia placas de penetración y cuerpos hifales, en el caso



José Terrones Salgado (2015)

de cutículas gruesas. El ciclo de vida típico inicia con una espora, que puede ser una espora móvil o un conidio, la cual llega a la cutícula del insecto. Posteriormente y bajo condiciones óptimas, la espora germina, produce un tubo germinativo que crece y penetra al interior de la cutícula dentro del hemocele. Una vez en la hemolinfa, el hongo coloniza el insecto. Al inicio de la infección se observan pocos o ningún signo o síntoma, excepto por algunos puntos necróticos. El insecto pierde motilidad y apetito. Internamente existen cambios en el contenido proteico de la hemolinfa. Los insectos en general retienen su forma. La colonización completa del cuerpo del insecto requiere siete a diez días, después de los cuales el insecto muere (Lacey, 2001).

Algunos hongos producen toxinas pépticas durante el crecimiento vegetativo, con estas razas la muerte de los insectos ocurre en 48 horas. En consecuencia, si las condiciones son favorables, lo que significa un ambiente con humedad relativa alta (90% o más) en la época cercana a la muerte del insecto, el micelio formará estructuras reproductivas y esporas, así completa el ciclo de vida.

Según el tipo y especies de hongos, éstos se reproducen interna o externamente y pueden ser esporas móviles, esporas resistentes, esporangio o conidio. A las esporas las lleva el viento, la lluvia u otros insectos que pueden expandir la infección. Los cuerpos de los insectos muertos pueden encontrarse sobre el follaje, en algunas ocasiones se encuentran cubiertos por el micelio del hongo, en otras se observa el hongo que emerge de las articulaciones y segmentos del cuerpo. Los hongos entomopatógenos requieren de una humedad alta para poder infectar a su huésped, por eso, las epizootias



José Terrones Salgado (2015)

naturales son más comunes durante condiciones de alta humedad (Lacey, 2002).

A diferencia de otros patógenos, los hongos usualmente infectan los insectos mediante una penetración activa a través de la cutícula esta característica los vuelve más atractivos como controladores de insectos chupadores. Existen reportes de invasión oral, por medio de espiráculos u otras aberturas, externas en el caso de hongos *Metarhizium anisopliae* (*Ma*) y *Beauveria bassiana*, (*Bb*) penetración por medio de acción enzimática y física como es el caso de *B. b.*, el cual producen proteasa y quitinasa (Nicolls, 2008).

Particularmente, los hongos han sido una de las mejores alternativas para el control de plagas en los últimos años. Más de 750 especies de hongos se han documentado infectando insectos, se conocen aproximadamente 100 géneros y 700 especies de hongos entomopatógenos. Entre los géneros más importantes se encuentran: *Metarhizium* y *Beauveria*, principalmente, siendo las especies más utilizadas como insecticidas biológicos *Bb* y *Ma* (Monzón, 2001; Rodríguez y Arredondo, 2007). Aproximadamente el 80% de las enfermedades que se producen en los insectos tienen como agente causal un hongo (Badii *et al.*, 2006).

Bb es un hongo entomopatógeno que se encuentra naturalmente en algunas plantas y en el suelo. Las epizootias son favorecidas por climas templados y húmedos. Las larvas infectadas se tornan de color blanco o gris, este hongo se utiliza como insecticida microbiano en algunos países Tiene una lista extensa



José Terrones Salgado (2015)

de hospederos que incluye a moscas blancas, áfidos, saltamontes y larvas de gusano cogollero. Existen diferentes cepas que exhiben una considerable variación en cuanto a su virulencia, patogenicidad y rango de hospederos.

En contraste con lo que ocurre con la mayoría de los compuestos utilizados como antimicrobianos químicos (cuyo mecanismo de acción se conoce), no se comprenden por completo los complejos modos de acción de los microorganismos que directa o indirectamente afectan a las plantas, incluyendo a la mayoría de los agentes de control biológico (Harman *et al.*, 2004; Harman, 2006), que son más difíciles de manejar y aplicar que los antimicrobianos químicos comunes, especialmente cuando es necesaria la conjunción de varios factores para que sean eficaces o ecológicamente competentes. Sin embargo, la complejidad de los modos de acción de muchos microorganismos benéficos hace difícil que la plaga desarrolle resistencia contra ellos (Sharon *et al.*, 2001); es raro que sólo un mecanismo antagonista sea responsable del control o supresión de la plaga (Harman *et al.*, 2010; Zembek *et al.*, 2011).

Al respecto, Soto (2008) aisló e identificó 34 aislamientos de *Bb* y *Ma* de los cuales por sus características morfológicas 20 resultaron de *Bb* y 14 *Ma* se determinaron los de mayor toxicidad, los BbA1 y MaA3 tuvieron la mayor toxicidad a una concentración 1.2×10^5 conidios/ ml. causando una mortalidad de larvas del 51.3 % y 68 % respectivamente, posteriormente se aislaron 22 para llevar a cabo su caracterización molecular mediante PCR, de estos se tomaron diez, seis correspondieron a *Bb* y cuatro a *Ma* los cuales tuvieron mortalidades del 90 % y 100 % y sus CL_{50} fueron de 2.3×10^7 y 1.2×10^7



José Terrones Salgado (2015)

conidios/ml. respectivamente, de esta manera se obtuvieron cepas de hongos entomatógenos con alta toxicidad contra las larvas de *Sf* las cuales pueden ser utilizadas para su propagación masiva y uso posible en el control de esta plaga.

García *et al.* en 2014, con aislamientos nativos de hongos entomopatógenos con patogenicidad contra *Spodoptera frugiperda* (*Sf*) valuó 97 de los cuales se seleccionaron a Bb42 y Bb18. La cepa Bb42 obtenido de larvas de *Sf* fue evaluado contra larvas del segundo estadio ocasionando una mortalidad de 96.6 % a una concentración de 1.0×10^9 esporas mL^{-1} y tuvo una CL_{50} de $5,92 \times 10^3$ esporas mL^{-1} con un tiempo letal de 3,6 días, siendo la más virulenta de las seleccionadas.

4.4. Control químico

El control químico de insectos se refiere al uso de insecticidas, con capacidad para reprimir o prevenir el desarrollo de los insectos plagas. El valor de los insecticidas, como medida de represión de plagas agrícolas, depende de su buen uso o manejo, es decir, mediante su empleo racional y su modo de aplicación que puede ser en la semilla, al suelo y al follaje.

Para el control de los insectos plaga se utilizan insecticidas que es cualquier sustancia o mezclas de sustancias, de carácter orgánico o inorgánico, que está destinada a combatir insectos, indeseables de plantas que son perjudiciales para el hombre o que interfieren de cualquier otra forma en la producción (Ferro, 1996).



José Terrones Salgado (2015)

El control químico es el método más utilizado por que los plaguicidas bien utilizados, son extremadamente eficaces, actúan rápidamente, son insumos agrícolas adaptables a diversas situaciones, son flexibles para ajustar su uso a las cambiantes condiciones agronómicas y ecológicas y son relativamente económicos.

Durante los últimos 40 a 50 años el combate de los insectos que son plagas en la agricultura, se ha hecho principalmente por medio de insecticidas químicos. Algo similar se ha hecho en contra de otros grupos de organismos perjudiciales. Esta práctica ha sido muy útil en la protección de las cosechas a través de esos daños, pero también ha ocasionado perjuicios relativos a la salud y a la vida del hombre, al medio ambiente, a organismos benéficos para la agricultura y ha provocado que muchos insectos se hayan convertido en plagas mucho más difíciles de controlar que lo que eran antes del uso de los insecticidas químicos. Muchas de las plagas se han hecho resistentes a los insecticidas químicos y además la peligrosidad de estos productos para la salud del hombre es cada vez más evidente, lo que ha ocasionado la prohibición o la restricción del uso de un buen número de ellos (SAGARPA, 2011).

Actualmente es el método más usado debido al 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. Además es



José Terrones Salgado (2015)

sumamente importante hacer una rotación de grupos toxicológicos adecuada (INIFAP, 2009).

Chango en el 2012 evaluó el control de *Sf* con el insecticida Lavín (Thiodicarb), encontró que la aplicación de Lavín en dosis de 15 mL 0.45 kg⁻¹ de arena, produjo los mejores resultados, al controlar mejor la incidencia (32.85 %) y severidad (10.68 %), por lo que es la dosis apropiada en mezcla con arena. También se obtuvieron buenos resultados con la aplicación de la dosis de 10 mL 0.45 kg⁻¹ de arena. Con respecto al factor épocas, la aplicación de Lavín impregnado en arena a los 60 días después de la siembra (dds), produjo los mejores resultados, con una incidencia (32.59 %) y severidad (4.49 %) del ataque del gusano cogollero.

Cortez y Valenzuela en el 2010, evaluaron siete insecticidas relativamente nuevos y comerciales y el testigo absoluto, al 50 y 100 % de la dosis recomendada, para las dos dosis los productos Benzoato de Emamectina (Denim[®] 100 y 50 g ha⁻¹), el Spinoteram (Exalt[®] 500 y 250 ml ha⁻¹) y el Spinosad (Spintor[®] 300 y 150 g ha⁻¹), fueron los insecticidas más efectivos y la efectividad biológica fue semejante con ambas dosis evaluadas, pero el periodo de residualidad fue menor al 50% de la dosis, los cuales por su diferentes modos de acción son efectivos contra poblaciones de gusano cogollero resistentes a insecticidas convencionales.



José Terrones Salgado (2015)

4.5. Control cultural

Las prácticas culturales se refieren al amplio grupo de técnicas u opciones de manejo que pueden ser manipuladas por los productores agrícolas para lograr sus objetivos de producción, son manipulaciones del medio ambiente para mejorar la producción de cultivos. Es la alteración deliberada del sistema de producción, bien sea el sistema de producción en sí mismo o prácticas específicas de producción de cultivos, para reducir la población de plagas o evitar el daño de las plagas a los cultivos (Ferro, 1996).

También podemos decir que es el control realizado a través de prácticas agronómicas que generan un agroecosistema menos favorable para el desarrollo y sobrevivencia de las plagas. El control cultural es un control preventivo que se realiza aún antes que las plagas se presenten. Con estas técnicas se crea las bases para impedir un desarrollo de los insectos (Ferro, 1996).

El control cultural consiste en la utilización de las prácticas agrícolas ordinarias, o algunas modificaciones de ellas, con el propósito de contribuir a prevenir los ataques de los insectos, hacer el ambiente menos favorable para su desarrollo, destruirlos, o disminuir sus daños (Garzón *et al.*, 2007). En general no se trata de medidas tomadas de improviso, ante la presencia de la plaga, sino que, por el contrario, normalmente responden a una planificación previa dentro del proceso normal de la producción agrícola e incluye medidas como: labores de preparación de tierras, métodos de siembra, fechas de siembra, selección de



José Terrones Salgado (2015)

variedades, ejecución de cultivos y aporques, manejo del agua, y de los fertilizantes, oportunidades de cosecha, períodos de campo limpio, etc. La adecuada aplicación de las prácticas agrícolas con estos fines, requiere de conocimientos apropiados sobre la fisiología y fenología de las plantas cultivadas y de sus características agronómicas; de las modalidades de las prácticas agrícolas propiamente dichas; y naturalmente, un buen conocimiento de la biología de las plagas locales, su comportamiento y su ocurrencia estacional (Cisneros, 1990).

El control cultural se refiere a la manipulación del ambiente donde se desarrolla un cultivo para reducir las tasas de incremento de una plaga y el daño que esta ocasiona (Pedigo, 1991; Bajwa y Kogan, 2004).

La fecha de siembra del cultivo del maíz debe de estar en función del periodo donde *Sf* sea menor, para evitar su presencia en función de las condiciones ambientales adecuadas para el desarrollo del cultivo (Garzón *et al.*, 2007).

Por tal motivo uno de los principales métodos de control cultural es planear las fechas de siembra antes de esta para así formar condiciones climáticas desfavorables para el desarrollo de las plagas, así como eludir las estaciones del año que resultan favorables para los insectos y de esta manera interrumpir sus ciclos de desarrollo y con esto disminuir la incidencia de las plagas.



José Terrones Salgado (2015)

5. LITERATURA CITADA

- Adamczyk, J. R., Holloway, J. J., Leonard, J. W., and Graves, J. B. 1997. Susceptibility of fall armyworm collected from different plant hosts to selected insecticides and transgenic *Bt* cotton. *J. Cotton Sci.* 1: 21-28.
- Alatorre, R., Bravo H., Leyva J., Huerta A. 2000. Manejo Integrado de Plagas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. pp 12.
- Andrews, K. L. 1988. Latin American research on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Florida entomologist* 71: 630: 653.
- Ángulo, J. M. 2000. Manejo del gusano cogollero del maíz utilizando extractos de plantas. Internet. <http://www.turipana.org>. Fecha de consulta 12/11/13.
- Badii, M. H., Abreu. J. L. 2006. Biological control a sustainable way of pest control. *International Journal of Good Conscience* 1(1): 82-89.
- Bajwa, W. I., and Kogan, M. 2004. Cultural Practices. In *Integrated Pest Management: Potencial, Constraints and Challenges*. Edit. CABI. 329 p.
- Barbosa, P. 1998. *Conservation biological control*, San Diego, Academic Press, 396 p.



José Terrones Salgado (2015)

- Bartlett, D. W., Clough, J. M., Godwin, J. R., Hall, A. A., Hamer, M., and Parr-Dobrzanski, B. 2002. The strobilurin fungicides. *Pest Manage. Sci.* 58:649-662.
- Carmona, A. 2002. Aislamiento y caracterización parcial de una cepa de *Bacillus thuringiensis* toxica a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuide). *Bioagro* 14 (1): 3-10.
- Carreño, I. A. 2003. Evaluación de la patogenicidad de diferentes hongos entomopatógenos para el control de la mosca blanca de la yuca *Aleurotrachelus Socialis* Bondar (Homoptera: 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. pp 116.
- Capinera, L. J. 1999. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). University of florida. Publication No. EENY-98.
- Capinera, L. J. 2001. Handbook of vegetable pests. Academic Press, Orlando, FI.
- Carpenter, J., Sánchez, G., and Villalpando, E. 2005. The Late Archaic/Early Agricultural Period in Sonora, México. *New Perspective on the Late Archaic Across the Borderlands*. University of Texas Press, Austin. pp. 3-40.



José Terrones Salgado (2015)

- Chango, A. L. I. 2012. Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de licenciatura. Universidad técnica de Ambato facultad de ingeniería agronómica. Ambato, Ecuador. 81 p.
- Cisneros, F. H. 1990. Control integrado de plagas en sistemas de producción de cultivos para pequeños agricultores. Universidad nacional agraria la molina Lima, Perú. Internet. http://books.google.com.mx/books?id=NeIOAQAIAAJ&pg=PA156&lpq=PA156&dq=control+cultural+cisneros&source=bl&ots=PU3U-Jj-sh&sig=GKwOw49xzG6ce6fJnfgjGdx_Ozc&hl=es&sa=X&ei=eu0fU4XBE9GY2gWxtYDgBQ&ved=0CCcQ6AEwAA#v=onepage&q=control%20cultural%20cisneros&f=false. Fecha de consulta: 05/03/14.
- Cloyd, R. 2007. Compatibility Conflict: The use of Pesticides with Biological Control Agents. 2007AERGC Annual Meeting. University of Connecticut. Storrs, CT. 13 pp.
- Cortez, M. E., y Macías, C. J. 2006. Recomendaciones para el manejo de las plagas insectiles del Maíz en Sinaloa. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 26. Los Mochis, Sinaloa, México. 30 p.



José Terrones Salgado (2015)

Cortez, M. E., y Valenzuela E.F.A. 2010. Efectividad de insecticidas novedosos al 100% y 50% de la dosis sobre gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Juan José Ríos, Sinaloa. 11 p.

Del Rincón, M.C., Méndez, J., e Ibarra, J. 2006. Caracterización de cepas nativas de *Bacillus thuringiensis* con actividad insecticida hacia el gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). Folia Entomológica Mexicana 45 (2): 157-164.

Dripps, J., Olson, J. B., Sparsks, T., and Crouse, G. 2008. Spinetoram: artificial intelligence combined natural fermentation with synthetic chemistry to produce a new spinosyn insecticide. Internet. www.planthealthprogress. Fecha de consulta 10/05/14

FAO. 2014. Producción mundial del maíz. Internet. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>. Fecha de consulta: 10/01/14.

Ferro, D. N. 1996. El texto mundial del MIP. Control Cultural. Departamento de entomología. Universidad de Massachusetss. Internet. <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/ferroSp.htm>. Fecha de consulta: 10/03/14.



José Terrones Salgado (2015)

- García, N. G., y Tarango, R. S. H. 2009. Manejo biorracional del gusano cogollero en maíz. INIFAP. Folleto técnico No. 30. Delicias, Chihuahua, México. 34 p.
- García, G. C., Gonzáles, M. M. B., y Bautista M. N. 2014. Patogenicidad de aislamientos de hongos entomopatógenos contra *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) y *Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae). Revista Colombiana de Entomología 37 (2): 217-222.
- Garzón, T., Bujanos, M. J. A., y Marín, J. A. 2007. Manejo Integrado. INIFAP. Culiacán, Sin. México. Folleto para productores No. 54. 24 p.
- Harman, G. E., Petzoldt, R., Comis, A., and Chen, J. 2004. Interactions between *Trichoderma harzianum* strain T22 and maize inbred line Mo17 and effects of these interactions on diseases caused by *Pythium ultimum* and *Colletotrichum graminicola*. Phytopathology 94:147-153.
- Harman, G. E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96:190-194.
- Harman, G. E., Obregón, M. A., Samuels, G. J., and Lorrito, M. 2010. Changing models for commercialization and implementation of biocontrol in the developing and the developed world. Plant Disease 94(8):928-939.



José Terrones Salgado (2015)

- Hernández, M. J. L. 1999. Ecopathologie et degats de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) sur mais au Mexique (Etat de Colima): possibilité de lutte a l'aide de la bacterie entomopathogene *Bacillus thuringiensis*. Tesis (Doctor en ciencias). Univ. Des Sciences et techniques de Montpellier, Francia, 160 p.
- Höfte, H., y Whitely, H. R. 1989. Insecticidal cristal proteins of *Bacillus thuringiensis*. Microbioli. Rev. 53: 242-255.
- INIFAP. 2009. Manejo biorracional del gusano cogollero del maíz. Folleto técnico No. 30. Centro de investigación regio norte-centro campo experimental delicias. 37 p.
- Lacey, L. A. 2001, Manual of techniques in insect pathology, Harcourt Brace, Chatham, Kent, UK, 409 p.
- Lacey, L. A. 2002, Manual of Techniques in Insect Pathology, Academic Press (Elsevier), Nueva York, 409 p.
- Lesur, L. 2005. Manual del cultivo del maíz: una guía paso a paso. Ed. Trillas. 1ª Edición. México. D.F. 80 p.
- Lim, J. H., and Kim, S. D. 2010. Biocontrol of *Phytophthora Blight* of Red Pepper Caused by *Phytophthora capsici* Using *Bacillus subtilis* AH18 and *B. licheniformis* K11 Formulations. J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem. 53(6):766-773.



José Terrones Salgado (2015)

- López, E. M., Hernández, M. J. L., Pescador, R. A., Molina, O. J., Lezama, G. R., Hamm, J. J., and Wiseman, B. R. 1999. Biological differences between five populations of fall armyworm (lepidoptera: noctuidae) collected from corn in México. *Florida entomologist* 82 (2): 254-262.
- Madriz, K. O. A. 2002. Mecanismos de defensa en las interacciones planta-patógeno. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)* 63:22-32.
- Maagd, R. A., Bravo, A., y Crickmore, N. 2001. How *Bacillus thuriensis* has evolved specific toxins to colonize the insect world. *Trends in Genetics* 17: 193-199.
- Mendoza, R. J. L., Macías, C. J., y Cortez, M. E. 2003. Tecnología para mejorar la productividad del maíz en el norte de Sinaloa y su impacto económico. Folleto técnico No. 21. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Los Mochis, Sinaloa, México. 37 p.
- 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.
- Morales, V., Garay, B., Romero, A., Sánchez, J. 2009. Insecticidas biológicos en el control de insectos plaga: agrícolas, forestales, de almacén y urbanas en México. Artículo científico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp 1-5.



José Terrones Salgado (2015)

- Nava, C. U., y Ramírez, D. M. 2002. Descripción y combate de plagas de maíz y sorgo forrajero. En: Producción y utilización del maíz forrajero en la región lagunera. México. CELAYA-INIFAP.
- Negrete, B. F., y Morales, A. J. G. 2003. El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith). Corpoica. 26 p.
- Nicholls, E. C. I. 2008. Control Biológico de Insectos: un enfoque agroecológico. Ed. Universal de Antioquia. 1ª Edición. Medellín. Colombia. 282 p.
- Ortiz, F. 2010. Diccionario de especialidades agroquímicas. Thomson PLM del Ecuador S.A. Quito, Ecuador. p. 310.
- Pacheco, M. F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARHINIFAP- CIANO-CAEVY. Libro Técnico No. 1. Cd. Obregón, Sonora, México. 414 p.
- Pedigo, L. P. 1991. Entomology and Pest Management. MacMillan Publishing Company. New York, USA. 646 p.
- Pimentel, D. 1995. Amount of pesticide reaching target pests: Environmental impacts and ethics. Journal of Agricultural and Environmental Ethics 8: 17-29.
- Pliego, C., Ramos, C., Vicente, A., and Cazorla, F. M. 2011. Screening for candidate bacterial biocontrol agents against soilborne fungal plant pathogens. Plant Soil 340:505-520.



José Terrones Salgado (2015)

- Polanczyk, R. A., Da Silva, P. R. F., and Fiuza, L. M. 2000. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* strains against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Brazilian Journal of Microbiology 31(3): 165-167.
- Powell, K. A., and Jutsum. A. R. 1993. Technical and commercial aspects of biocontrol products. Pesticide Science 37:315-321.
- Robles, S. 1990. Producción de granos y forrajes. Ed. UTEHA. 5^a Edición. México. D. F. p. 132.
- Rodríguez, L. A., Arredondo H. C. 2007. Libro: Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. pp. 303.
- Ruíz, G. J. I. 2001. Agrupación de poblaciones locales de maíz (*Zea mays* L.) mediante caracteres morfológicos y parámetros ambientales. Servei de Publicacions. Universitat de Lleida. España. 161 p.
- Ruíz, A. E. M., Cabral, A. C. C., Pino, Q. C. 2004. Eficiencia de *Bacillus thuringiensis* Linea HD-1 en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith), *Lepidoptera Noctuideae* en condiciones de campo y de laboratorio en el cultivo de maíz dulce *Zea mays* Saccharata. Revista: Investigación Agraria. Vol. 6 No. 1. 14 p.



José Terrones Salgado (2015)

- SAGARPA. 2011. Manejo integrado de plagas. Ficha técnica. 12 p. Internet.
<http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Manejo%20integrado%20de%20plagas.pdf>. Fecha de consulta:
10/03/14.
- Salas, I. 2008. Agrobiodiversidad en México: el caso del Maíz. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO. México, D.F. 64 p.
- Serratos, H. J. A. 2012. El origen y la diversidad del maíz en el continente americano. Segunda edición. Universidad Autónoma de la ciudad de México. 40 p.
- Sharon, E., Bar-Eyal, M., Chet, I., Herrera-Estrella, A., Kleifeld, O., and Spiegel, Y. 2001. Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology* 91:687-693.
- SIAP. 2014. Producción nacional, estatal y municipal de maíz. Internet.
<http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Fecha de consulta: 10/01/14.
- Siebert, M., Babock, J. M., Nolting, S., Santos, A. C., Adamczyk, J. J., Neese, P. A., King, J. E., Jenkins, J. N., McCarty, J., Lorenz, G. M., Fromme, D. D., and Lassiter, R. B., 2008. Efficacy of Cry1F insecticidal protein in maize and cotton for control of fall armyworm (Lepidóptera: Noctuidae). *Fla. Entomol.* 91: 555-565.



José Terrones Salgado (2015)

- Soto, A. J. 2008. Caracterización molecular de aislamientos de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* y Evaluación de s toxicidad sobre gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Tesis de maestría en ciencias. Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional unidad Sinaloa. Guasave, Sinaloa, México 69 p.
- Vergara, O., Pitre, H., and Parvin. D. 2001. Economic evaluation of lepidopterous pests in intercropped sorghum and maize in southern Honduras. *Tropical Agriculture* 78(3): 190-199.
- Villa, M., Catalán E.A. 2004. Determinación de estadios larvales de *Spodoptera frugiperda* (J. E Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) para la construcción de un modelo de predicción. *Folia Entomologica Mexicana* 43: 307.312.
- Villacide, J., y Corley J. 2012. Introducción a la teoría del control biológico de plagas. INTA EEA Bariloche. Río Negro. Argentina. Cuadernillo n° 15. 21 p.
- Vivas, L. 2003. Plagas agrícolas de Venezuela: Artrópodos y vertebrados: Gusano ejercito *Spodoptera frugiperda* (J. E Smith).Entomología venezolana. Venezuela. 50 p.
- Yáñez, G. 2007. Manual de producción de maíz para pequeños agricultores. FAO, INAMHI, MAG. Quito, Ecuador. 23 p.



José Terrones Salgado (2015)

- Yang, M. M., Xu, L. P., Xue, Q. Y., Yang, J. H., Xu, Q., Liu, H. X., and Guo, J. H. 2012. Screening potential bacterial biocontrol agents towards *Phytophthora capsici* in pepper. *Eur J Plant Pathol* 134:811-820.
- Yu, S. J. 1991. Insecticide resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 39: 84-91.
- Zembek, P., Perlińska, L. U., Kurt, B., Reithner, B., Palamarczyk, G., Mach, R. L., and Kruszewska, J. S. 2011. Elevated Activity of Dolichyl Phosphate Mannose Synthase Enhances Biocontrol Abilities of *Trichoderma atroviride*. *MPMI. The American Phytopathological Society* 24(12):1522-1529.



José Terrones Salgado (2015)

CAPÍTULO II

MANEJO INTEGRADO EN LA INCIDENCIA Y DAÑO DEL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*) Y SU IMPACTO EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL MAÍZ

RESUMEN

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) es una de las principales plagas que afectan la producción de maíz en México. El estudio tuvo como objetivo evaluar prácticas culturales, químicas y biológicas y su impacto en la incidencia de la plaga, daños y el crecimiento y desarrollo del maíz. Se usó un diseño de bloques al azar en parcelas subdivididas con tres repeticiones. No hubo diferencia estadística entre tratamientos por fechas de siembra en la mayoría de las variables ($P \leq 0.05$). El Benzoato de emamectina aplicado sólo en combinación con los biológicos *B. thuringiensis* y *B. bassiana*, fueron los tratamientos más consistentes de mejor efecto, en general con una significativa ($P \leq 0.05$) menor incidencia y severidad de daños producidos por *Spodoptera frugiperda*, repercutiendo en una mayor altura y vigor de planta. Lo anterior fue coincidente con el análisis temporal, donde se identificó que a partir de los 75 días después de la siembra (dds) la incidencia y severidad de daños fue significativamente menor; en tanto que a partir de los 75 y 90 DDS fueron las fechas de mayor incremento de vigor y altura de planta, respectivamente, para luego decaer o estabilizarse al llegar al estado fenológico de madurez. La infestación de la plaga fue la menos sensible, aunque con la misma tendencia de efecto, principalmente en la fecha temprana de siembra.

Palabras clave: Fitosanidad, *Zea mays*, Epidemiología, Plagas.



José Terrones Salgado (2015)

ABSTRACT

The budworm (*Spodoptera frugiperda*) is one of the main pests affecting maize production in Mexico. The aim of this study was to evaluate cultural, chemical and biological practices and their impact on the incidence of pest damage and the growth and development of maize. Random block design was used in a split-split plot arrangement with three replications. There was no statistical difference between planting date treatments ($P \leq 0.05$). The emamectin benzoate applied alone or in combination with the biological products *B. thuringiensis* or *B. bassiana*, were the most consistent treatments with the best effect, in general with a significant ($P \leq 0.05$) lower incidence and severity of damage produced for *Spodoptera frugiperda*, which is related to increase of plant height and vigor. This was coincident with the temporal analysis, which identified that from 75 days after sowing (DAS), the incidence and severity of damage was significantly lower; while from 75 to 90 DAS were the dates of greater height increase vigor and plant height, respectively, to stabilize or decline to reach the growth stage of maturity. The pest infestation was the less sensitive, although the same trend effect, especially in the early planting date.

Key words: Crop Protection, *Zea mays*, Epidemiology, Pest.



José Terrones Salgado (2015)

1. INTRODUCCIÓN

El maíz es un cultivo de importancia internacional puesto que se produce y se consume en todas las regiones del mundo. El grano de maíz provee elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales, además de ser una materia prima básica en la agroindustria. En el 2012 la superficie mundial cultivada fue 177, 379,506 ha con una producción de 872, 066,769 t ha⁻¹. El principal productor a nivel mundial es Estados Unidos con una producción de 273, 832,130 toneladas en una superficie cosechada de 35, 359,790 ha (FAO, 2014). De acuerdo a datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, la producción obtenida en México en el 2012 fue de 22, 069,254 toneladas con un rendimiento de 3.19 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 6, 923,900 ha, donde el principal productor es el estado de Sinaloa con una producción de 3, 646, 875 toneladas, con un rendimiento de 9.39 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 388,198 ha. En tanto que, el estado de Guerrero produce 1, 304, 132 toneladas con un rendimiento promedio de 2.8 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 466,062 ha (SIAP, 2014).

El maíz como los demás cultivos, están sujetos a diversos factores adversos, tanto de tipo biótico, como abiótico. Dentro de los primeros destaca el daño por plagas y enfermedades; en tanto que en el segundo, es importante el daño por sequía, heladas y algunas veces el granizo, entre otros. El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidóptera: Noctuidae) es considerada la plaga más importante en muchas regiones de América y particularmente de México, causando pérdidas desde un 20 hasta un 100 %, con los daños más serios



José Terrones Salgado (2015)

reportados en las zonas temporales de regiones tropicales y subtropicales (Polanczyk *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 2001). Efectivamente, los daños de esta plaga son frecuentes e importantes (Alatorre *et al.*, 2000), presentándose generalmente en poblaciones elevadas y con mayor incidencia en siembras tardías, fuera de la época de siembra recomendada (Mendoza *et al.*, 2003).

El principal daño de esta plaga, es producido mediante raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas en desarrollo, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translúcidas. Una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje en las hojas del cogollo, las cuales al desplegarse, muestran una hilera regular de perforaciones a través de la lámina o bien áreas alargadas carcomidas. En esta fase, es característico observar los excrementos de la larva en forma de aserrín (Ortiz, 2010). Producto de los daños directos e indirectos producidos al cogollo de la planta, se producen pérdidas económicas por la reducción del rendimiento, pero también daña el tallo, espiga y elote (Pacheco, 1985; Cortez y Valenzuela, 2010). Causa severos daños desde la etapa de plántula hasta la premadurez, sobre todo en áreas con clima cálido seco, cuando se presenta periodo de sequias o con el cambio climático esto favorece a la proliferación de la plaga (Hernández, 1997).

Se han utilizado estrategias de control químico convencional las cuales son inconsistentes y a menudo insatisfactorias para el control de *S. frugiperda*, ya que casi inmediatamente después de la eclosión, las larvas de los primeros instares se mueven al cogollo de las plantas de maíz, donde están protegidos de los insecticidas foliares, lo cual hace que el control se torne cada vez más



José Terrones Salgado (2015)

difícil (Siebert *et al.*, 2008). Su control con base de insecticidas químicos ha ocasionado que esta especie adquiera resistencia, se eliminan a sus enemigos naturales y afecte el medio ambiente (Yu, 1991; Pimentel, 1995). Las poblaciones de gusano cogollero han desarrollado resistencia a varias clases de insecticidas, incluidos los carbamatos, organofosforados y piretroides (Adamczyk *et al.*, 1999), lo cuales fueron exitosos en el control de plagas al inicio de ser usados, minimizando las pérdidas de las cosechas. Sin embargo, como consecuencia de su uso inadecuado e indiscriminado, pronto aparecieron problemas de resistencia de los insectos hacia estos productos, así como un rápido crecimiento de las poblaciones de plagas secundarias y alteraciones ecológicas, causando efectos indeseables en el medio ambiente y en la salud (Morales *et al.*, 2009). Para el control de gusano cogollero se recurre exclusivamente a insecticidas químicos sintéticos de amplio espectro, con más de veinticinco años en el mercado (Cortez y Macías, 2006), con lo que se provoca elevada contaminación ambiental con múltiples efectos negativos y en ocasiones sin obtener el control deseado sobre la plaga.

La situación anteriormente expuesta, ha sido base para que, en la actualidad, se promueva un manejo integrado de la plaga, donde la combinación de prácticas químicas, culturales y biológicas, ejerzan un control eficiente y un menor impacto ambiental; además de producir menos presión de selección en el insecto para que éste no promueva la generación de resistencia genética a los plaguicidas. Particularmente el control biológico, ha adquirido auge, como medio más racional y respetuoso con el medio ambiente (Badii *et al.*, 2006).



José Terrones Salgado (2015)

Dentro de los entomopatógenos, el grupo de las bacterias y de los hongos posee el mayor potencial como agentes bioinsecticidas y, por tal motivo, los productos a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis* y de *Beauveria bassiana* constituyen los bioinsecticidas más utilizados a nivel mundial (Powell y Jutsum, 1993).

Por otro lado, también se puede utilizar el método de control cultural para controlar dicha plaga alterando deliberadamente el sistema de producción, bien sea el sistema de producción en sí mismo o prácticas específicas de producción de cultivos, para reducir significativamente la incidencia de la plaga y disminuir el impacto de daño de la misma (Ferro, 1996). Dentro de las prácticas culturales de mayor importancia están las fechas de siembra, las cuales tratan de identificar condiciones climáticas desfavorables para el desarrollo de las plagas, así como eludir las estaciones del año que resultan favorables para los insectos y de esta manera interrumpir sus ciclos de desarrollo y con esto disminuir la incidencia de las plagas (Garzón *et al.*, 2007).

Actualmente existen insecticidas registrados para el combate del gusano cogollero en México, con diferente modo de acción a los tradicionalmente utilizados: reguladores de crecimiento, inhibidores de la síntesis de la quitina, aceleradores de la muda, entre otros, que mayormente tienen que ser consumidos por el insecto para ejercer el efecto tóxico, lo que representa ventajas sobre los insecticidas convencionales, los cuales generalmente son de amplio espectro y de contacto, lo cual es el origen del mayor impacto ambiental (Cloyd, 2007; Dripps *et al.*, 2008; Garcia y Tarango, 2009). Los nuevos



José Terrones Salgado (2015)

insecticidas son menos tóxicos, de acción más específica y por tanto de menor presión de selección sobre el insecto.

En base a lo anteriormente expuesto, el objetivo de este estudio fue evaluar dos fechas de siembra (temprana y tardía) en combinación con diferentes productos modernos de tipo químico y biológico, que puedan resultar eficaces en el manejo y control del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo del maíz.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Huitzuc del Estado de Guerrero, México, durante el ciclo primavera-verano 2013. El cual se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas 18°29' y 17°37' de latitud norte y 99°05' de longitud oeste, con una altitud de 940 msnm. El clima predominante de la región es el cálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 25 °C. El régimen de lluvias se presenta en los meses de junio a septiembre, con una precipitación media anual de 800 a 1100 mm (Figura 1; García, 2005).

2.2 Diseño y unidad experimental y de tratamientos

Se usó un diseño de bloques completamente al azar en un arreglo de parcelas subdivididas, con tres repeticiones donde: las parcelas grandes fueron las fechas de siembra [temprana (15/06/13) y tardía (15/07/13)]; las parcelas medianas las tres fuentes de plaguicidas [testigo, Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos) y Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina)] y; las parcelas chicas las tres



José Terrones Salgado (2015)

fuentes biológicas [Testigo, Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) y Bea B[®] (*Beauveria bassiana*)], con un total de 18 tratamientos producto del factorial 2X3X3 con tres repeticiones generándose 54 unidades experimentales, las cuales constaron de 4 surcos de 0.8 m de ancho y 10 m de longitud, por lo que correspondió a 32 m² por unidad experimental y 2268 m² en toda el área experimental. La parcela útil correspondió a los 2 surcos medios de cada unidad experimental, a partir de los cuales se obtuvo la información de las variables medidas. El tamaño de muestra fue de 5 plantas dentro de cada parcela útil, tomadas aleatoriamente en cada tratamiento.

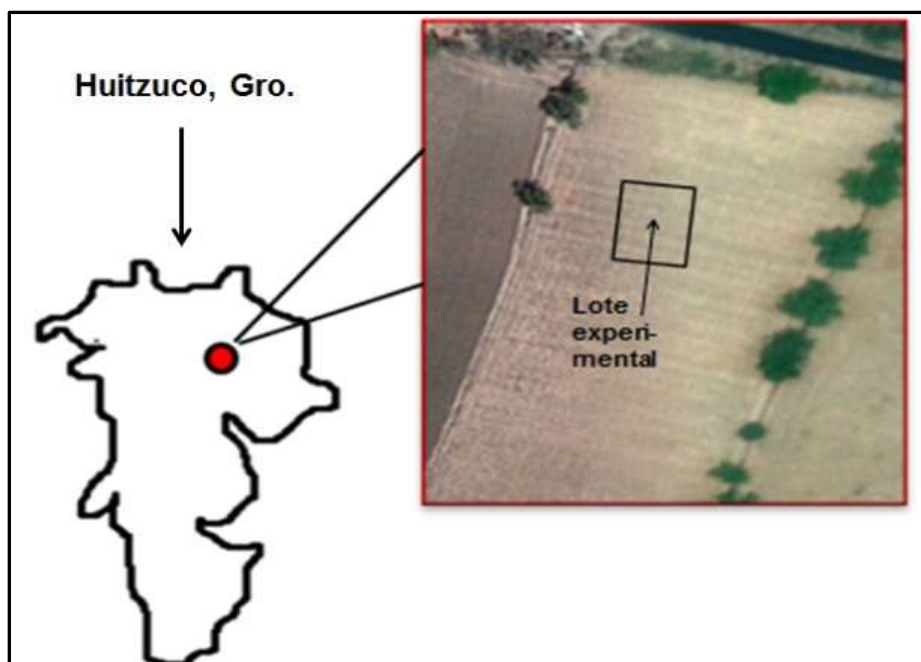


Figura 1. Localización del área de estudio

2.3 Establecimiento del experimento y prácticas culturales

La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada, mediante un barbecho, un paso de rastra y el surcado a 0.80 m de separación. En la siembra se utilizó el híbrido de maíz AS-1503 de la empresa ASPROS que tiene las



José Terrones Salgado (2015)

siguientes características: es para grano, de riego y de temporal, ciclo intermedio, presenta una altura de 2.55 a 2.65 m, altura a la mazorca de 1.20 a 1.40 m, 75 a 80 días a floración y 130 a 140 días a la cosecha. Su grano es blanco de alta calidad para la industria de la masa y la tortilla, tiene un rendimiento aproximado de 10 a 12 t ha⁻¹ (Aspros, 2014).

Respecto a la naturaleza de los productos químicos y biológicos utilizados se tiene que: **Lorsban[®] 480 EM** es un insecticida organofosforado de amplio espectro, que actúa por contacto, ingestión e inhalación, viene formulado como concentrado emulsionable (Dow AgroSciences, 2014); **Denim[®] 19 CE** es un insecticida que actúa por ingestión, tiene efecto sobre el ácido aminogammabutírico interrumpiendo los impulsos nerviosos de las larvas poco tiempo después de la ingestión del producto, las larvas dejan de alimentarse y quedan paralizadas irreversiblemente (Syngenta, 2014a); **Crymax[®] GDA** es un insecticida biológico de tipo microbial con base en la bacteria *Bacillus thuringiensis* subespecie *kurstaki*, que tiene acción estomacal y debe ser ingerida por las larvas, lo que provoca la enfermedad lechosa de las larvas del orden lepidóptera (Syngenta, 2014b); **Bea B[®]** es un insecticida biológico de acción sistemática que está hecho a base de *Beauveria bassiana* Cepa Abn Bb102 que al germinar, el hongo penetra al interior del insecto hospedante colonizándolo con el micelio, la cavidad hemolinfática y sus sistemas vitales (PTI, 2014).

La siembra temprana se realizó el 15 de Junio del 2013 y la siembra tardía el 15 de Julio del 2013, con una densidad de siembra de 41, 250 plantas ha⁻¹. Se



José Terrones Salgado (2015)

fertilizó con la fórmula 190-90-30 (N-P-K) además se complementó con fertilizaciones foliares como el paquete maizotes y el zacaris estos después de cada fertilización edáfica.

Los productos químicos y biológicos se aplicaron a la dosis media recomendada por el fabricante, Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos) se aplicó a una dosis de 0.625 L ha⁻¹ y Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) a una dosis de 0.150 L ha⁻¹; los productos biológicos Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) se aplicó a una dosis de 0.512 kg ha⁻¹ y Bea B[®] (*Beauveria bassiana*) a una dosis de 0.750 L ha⁻¹. Para la aplicación de los productos tanto químicos como biológicos, se usó una aspersora de mochila manual de 15 L de capacidad. La primera aplicación a la siembra temprana se realizó el 15 de Julio del 2013 cuando la plaga registró una incidencia y severidad de la plaga del 50 y 2.5 %, respectivamente; en la siembra tardía la primera aplicación se realizó el 10 de Agosto del 2013 tomando en cuenta la misma incidencia y severidad de la plaga de la siembra temprana. Una segunda aplicación se realizó 20 días después de la primera en cada fecha de siembra.

2.4 Variables medidas

- **Infestación:** medida por conteo del número de larvas por planta.
- **Incidencia de daños:** medida en porcentaje de plantas con daño por la plaga, respecto del total de plantas evaluadas.
- **Severidad de daños:** referida al porcentaje de tejido dañado respecto del total de la planta, mediante una escala de 0 a 6, donde 0= significa



José Terrones Salgado (2015)

sin daños, 1=10, 2=20, 3=30, 4=40, 5=50 y 6= 60 o más de tejido dañado.

- **Vigor de la planta:** medido con una escala de 0 a 5, 0 sin vigor y 5 las más vigorosas, 2 a 4 estados intermedios de vigor.
- **Altura de planta:** medida con estadal expresada en centímetros.

2.5 Procesamiento de datos

A la base de datos generada se le realizó el análisis de varianza, prueba de rangos múltiples de medias utilizando el método de Tukey con un nivel de significancia al 5 %, así como un análisis de regresión. El proceso estadístico se hizo con el software Statistical Analysis System (SAS, 2009).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se identificó efecto significativo ($P \leq 0.05$) entre las fechas de siembra para la mayoría de las variables medidas en este estudio, posiblemente relacionado a la cercanía de tiempos entre una fecha y otra. Lo anterior es contrario a lo identificado por Mendoza *et al.*, (2003), quienes reportaron poblaciones elevadas y con mayor incidencia de *Spodoptera frugiperda* en siembras tardías, fuera de la época de siembra recomendada (Mendoza). Sin embargo, en este estudio no se encontró diferencia entre una y otra fecha de siembra, en la infestación, incidencia y severidad de daños de la plaga, ni en su impacto en el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz. Con base en lo anterior, se procedió a hacer un análisis por cada fecha de siembra.



José Terrones Salgado (2015)

3.1 Siembra temprana (15 Junio de 2013)

En general, la infestación de la plaga, incidencia de daños y severidad de daños fue baja, donde al aplicar el producto químico Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) fue el mejor tratamiento con valores de 0.12, 27.6% y 4% de infestación de la plaga, incidencia y severidad de daños, respectivamente, con un consecuente mejor efecto de vigor en la planta (4.4 de una escala de 0 a 5), el cual fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) que al aplicar el Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos) y el testigo; en tanto la altura de la planta no fue afectada por ningún tratamiento (Cuadro 1). Lo anterior significa que con aplicar la dosis media recomendada (0.150 L ha^{-1}) de Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) fue suficiente y efectivo para controlar al gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), ya que se logró tener una infestación de la plaga casi nula, por lo que la incidencia y severidad de daños, consecuentemente también disminuyeron, obteniéndose al final plantas de maíz con mejor desarrollo y vigor. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por Cortez y Valenzuela (2010), quienes evaluaron la efectividad de insecticidas novedosos al 100 y al 50 % de la dosis recomendada para el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) reportando al Denim[®] (Benzoato de emamectina) como el mejor insecticida al controlar al 100 % la plaga; en tanto que Lorsban[®] (Clorpirifos) controló en un 70 y 80 % a la plaga.



José Terrones Salgado (2015)

Cuadro 1. Efecto de productos químicos en la infestación de plaga, incidencia de daño, severidad de daño y vigor de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), en la fecha de siembra temprana (15/06/13).

Productos Químicos	Infestación de plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Testigo	0.26 a	69.5 a	13 a	196 a	3.8 b
Lorsban® 480 EM (Clorpirifos)	0.24 a	63.7 a	11 a	195 a	4.0 b
Denim® 19 CE (Benzoato de emamectina)	0.12 b	27.6 b	4 b	200 a	4.4 a

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. nlpp= Número de larvas por planta.

Respecto a los productos biológicos, sólo se encontraron efectos significativos ($P \leq 0.05$) en la severidad de daños y vigor de la planta cuando se aplicó Crymax® GDA (*Bacillus thuringiensis*), con valores de 8% y 4.2, respectivamente; en tanto que Bea B® (*Beauveria bassiana*) desarrolló una severidad y vigor de la planta similar al testigo; la infestación de la plaga e incidencia de daños, así como la altura de la planta no fueron variados por efecto de tratamiento (Cuadro 2). Lo anterior significa que aplicando 0.512 kg ha⁻¹ Crymax® GDA es suficiente para tener bajo control el gusano cogollero del maíz, con una disminución significativa de la severidad de daño y por lo tanto la planta presenta un mejor desarrollo y vigor. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por Carmona (2002), quien aisló y caracterizó una cepa de *Bacillus thuringiensis* toxica a *Spodoptera frugiperda* y encontró diferencias significativas en los ensayos cualitativos contra larvas del primer instar del gusano cogollero del maíz, con efectos de alta toxicidad (90 %).



José Terrones Salgado (2015)

Cuadro 2. Efecto de productos biológicos en la severidad de daños y vigor de planta en el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), en la fecha de siembra temprana (15/06/13).

Productos Biológicos	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Sin Aplicar	0.22 a	56.6 a	10 ab	199 a	4.1 ab
Crymax[®] GDA (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	0.17 a	48.9 a	8 b	200 a	4.2 a
Bea B[®] (<i>Beauveria bassiana</i>)	0.23 a	54.8 a	10 ab	194 a	4.0 b

Prueba de Tukey ($P < 0.05$). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. nlpp= número de larvas por planta.

3.2 Siembra tardía (15 Julio de 2013)

Al igual que la fecha de siembra temprana, pero de manera más leve, el Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) fue el que mostró una ligera pero significativa menor incidencia de daños y por ende una mejor altura y vigor de la planta, con valores de 24.6% y 199 cm y 4.5, respectivamente. El Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos) no tuvo diferencias con respecto al testigo en incidencia de daño y vigor de la planta, aunque también sin diferencia estadística en estas variables con respecto al Denim[®] 19 CE, lo cual indica que tiene un efecto intermedio; en tanto que la infestación de la plaga y la altura de la planta no variaron por efecto de tratamiento (Cuadro 3). Lo anterior significa que al aplicar la dosis media recomendada (0.150 L ha^{-1}) de Denim[®] 19 CE que aunque no se identificó un efecto significativo en la infestación de la plaga, pero sí respecto a la incidencia de daño y ello repercute en una planta con mejor desarrollo y vigor. Los anteriores resultados se relacionan con lo reportado por Chango (2012), quien aplicó Larvin 37,5 SC (Thiodicarb) a una dosis de $5 \text{ mL } 0.45 \text{ kg}^{-1}$ de arena, la



José Terrones Salgado (2015)

plaga se controló 32.5% la incidencia y 4.5% la severidad de la plaga. Estos resultados se encuentran por arriba de lo identificado en la presente investigación, asociado a que es un producto químico diferente y aplicado en un lugar y fechas también diferentes.

Cuadro 3. Efecto de productos químicos en la incidencia de daños y vigor de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), en la fecha de siembra tardía (15/07/13).

Productos Químicos	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Sin Aplicar	0.20 a	43.7 a	7.5 a	199 a	4.1 b
Lorsban [®] 480 EM (Clorpirifos)	0.18 a	35.1 ab	6.0 a	196 a	4.3 ab
Denim [®] 19 CE (Benzoato de emamectina)	0.16 a	24.6 b	4.3 a	199 a	4.5 a

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. nlpp= número de larvas por planta.

Respecto al efecto de los productos biológicos, se tiene que Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*), al igual que en la fecha temprana, tuvo el mejor efecto en cuanto a menor severidad de daños y una relativamente mayor altura y vigor de la planta, con valores de 5.1% 196 cm y 4.3, respectivamente, pero sin diferencia estadística con el testigo, aunque sí al aplicar Bea B[®] (*Beauveria bassiana*), la cual fue la de mayor severidad y menor altura y vigor de la planta. La infestación de la plaga e incidencia de daños no variaron por efecto de tratamiento (Cuadro 4). Lo anterior significa que aplicando la dosis media recomendada de Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) (0.512 kg ha⁻¹), fue suficiente para controlar al gusano cogollero del maíz, con una relativamente menor severidad de daños y una mejora altura y vigor de la planta, aunque sin



José Terrones Salgado (2015)

diferencia con el testigo, pero si, de relativamente mejor efecto que al aplicar Bea B[®] (*Beauveria bassiana*). Estos resultados coinciden de alguna manera con lo reportado por Ruíz *et al.* (2004), quienes realizaron estudios sobre la eficiencia de *Bacillus thuringiensis* Línea HD-1 en larvas de *Spodoptera frugiperda*, y observaron un 57.2% en el control de la plaga.

Cuadro 4. Efecto de productos biológicos en la severidad de daños, vigor y altura de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), en la fecha de siembra tardía (15/07/13).

Productos Biológicos	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Testigo	0.18 a	32.2 a	5.2 b	203 a	4.4 a
Crymax[®] GDA (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	0.17 a	31.3 a	5.1 b	196 ab	4.3 ab
Bea B[®] (<i>Beauveria bassiana</i>)	0.19 a	40.1 a	7.5 a	195 b	4.2 b

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. nlpp= número de larvas por planta.

3.3 Efectos de interacción de los productos químicos y biológicos

Una vez identificado el efecto por separado de los productos químicos y biológicos, se procedió a hacer un análisis de efectos de interacción de los productos químicos y los biológicos, por cada fecha de siembra.

En la fecha temprana, se identificó que la mejor interacción al aplicar el Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) solo, con valores similares y sin diferencia estadística entre ellos cuando fue aplicado junto con Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) o con Bea B[®] (*Beauveria bassiana*), con valores de 0.1, 0.12 y 0.14 de infestación de la plaga, respectivamente, con un consecuente mejor efecto en el vigor de la planta en los mismos tres tratamientos con valores de



José Terrones Salgado (2015)

4.5, 4.4 y 4.3 respectivamente. Los demás tratamientos no se diferencian entre ellos y el testigo, aunque el peor tratamiento fue al aplicar el Lorsban[®] 480 EM sólo con un 0.31 de infestación y un vigor de 3.9. Algo muy similar en efecto de tratamiento ocurrió con la incidencia y severidad de daños, es decir, el mejor tratamiento fue al aplicar Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina), solo o en combinación con los productos Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) o Bea B[®] (*Beauveria bassiana*) con valores para la incidencia de daños de 24.5, 24.6 y 34.0 respectivamente y para la severidad de daños de 3.13, 3.26 y 4.73 respectivamente. No hubo diferencia estadística en la altura de planta (Cuadro 5). Respecto a la fecha tardía, no hubo efecto significativo entre los tratamientos para la infestación de la plaga, pero sí en la incidencia de daños al aplicar Denim[®] (Benzoato de emamectina) solo, con 12.6% de incidencia, significativamente menor al resto de los tratamientos, los cuales no se diferenciaron estadísticamente del testigo. Lo anterior con un consecuente mejor efecto en el vigor de la planta, principalmente al aplicar el Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) solo, con 4.81 de vigor, siguiéndole en importancia al aplicar el Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) con Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) o con Bea B[®] (*Beauveria bassiana*), con valores de 4.33 y 4.44, respectivamente, pero a la vez sin diferencia estadística de estos dos últimos con el resto de los tratamientos y el propio testigo. La severidad de daños fue de menor efecto que la incidencia de daños, con una ligera misma tendencia que ésta última. La altura de planta no varió significativamente entre tratamientos (Cuadro 6).



José Terrones Salgado (2015)

Cuadro 5. Efectos de interacción de productos químicos y biológicos en la incidencia de *Spodoptera frugiperda* y la incidencia y severidad de años y su impacto en la altura y vigor de la planta de maíz, en la fecha de siembra temprana (15/06/13).

Tratamiento	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Testigo	0.24 abcd	66.0 a	1.19 a	196 a	3.8 e
Crymax [®] GDA	0.23 abcd	72.6 a	1.33 a	200 a	3.9 cde
Bea B [®]	0.30 ab	70.0 a	1.33 a	193 a	3.8 de
Lorsban [®] 480 EM	0.31 a	79.3 a	1.55 a	193 a	3.9 de
L + C	0.15 bcd	51.3 abc	6.75 bc	203 a	4.1 bcd
L + B	0.26 abc	60.6 ab	1.08 ab	191 a	3.9 cde
Denim [®] 19 CE	0.10 d	24.6 c	3.13 c	207 a	4.5 a
D + C	0.12 cd	24.5 c	3.26 c	198 a	4.4 ab
D + B	0.14 cd	34.0 bc	4.73 c	198 a	4.3 abc

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. Donde L + C corresponde a Lorsban[®] 480 EM y Crymax[®] GDA; D + C a Denim[®] 19 CE y Crymax[®] GDA y D + B a Denim[®] 19 CE y Bea B[®] nlpp= número de larvas por planta.

Cuadro 6. Efectos de interacción de productos químicos y biológicos en la incidencia de *Spodoptera frugiperda* y la incidencia y severidad de años y su impacto en la altura y vigor de la planta de maíz, en la fecha de siembra tardía (15/07/13).

Tratamiento	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Testigo	0.20 a	46.0 a	6.47 ab	209 a	4.2 b
Crymax [®] GDA	0.19 a	30.0 ab	6.27 ab	198 ab	4.2 b
Bea B [®]	0.22 a	55.3 a	9.90 a	191 ab	3.9 c
Lorsban [®] 480 EM	0.18 a	38.0 ab	7.00 ab	195 ab	4.3 b
L + C	0.19 a	36.6 ab	4.78 b	196 ab	4.3 b
L + B	0.18 a	30.5 ab	6.46 ab	197 ab	4.3 b
Denim [®] 19 CE	0.15 a	12.6 b	2.33 b	204 ab	4.8 a
D + C	0.14 a	27.3 ab	4.46 b	195 ab	4.3 b
D + B	0.19 a	34.0 ab	6.33 ab	197 ab	4.4 b

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. Donde L + C corresponde a Lorsban[®] 480 EM y Crymax[®] GDA; D + C a Denim[®] 19 CE y Crymax[®] GDA y D + B a Denim[®] 19 CE y Bea B[®] nlpp= número de larvas por planta.



José Terrones Salgado (2015)

3. 4 Análisis temporal

El análisis temporal de la incidencia y severidad de daños por la plaga y la altura y el vigor, se efectuó con los datos promedios obtenidos entre las dos fechas de siembra (temprana y tardía), con el propósito de conocer en forma general la tendencia de comportamiento de estas variables a través del tiempo.

La incidencia de daño por la plaga decreció significativamente a una tasa exponencial de -0.58 a través del tiempo, estabilizándose en las tres últimas fechas de muestreo al no haber un decremento estadísticamente significativo. Lo anterior indica que a partir de los 75 días después de la siembra (dds) el número de plantas con daño de la plaga fue significativamente menor (Fig. 2). Cabe mencionar que en la primera evaluación se encontró la más alta incidencia (69.7%), esto se debió a que esta evaluación se realizó 15 días después de la primera aplicación; sin embargo, como la incidencia fue alta, se realizó una segunda aplicación y a partir de ésta se pudo observar el decremento en cada fecha de muestreo hasta llegar a la última evaluación.

De igual forma, la severidad de daños identificó un decremento exponencial a una tasa de 0.7 para luego decaer de manera lineal a una tasa negativa de -6.9 a través del tiempo, para estabilizarse también a partir de los 75 dds (Fig. 3).



José Terrones Salgado (2015)

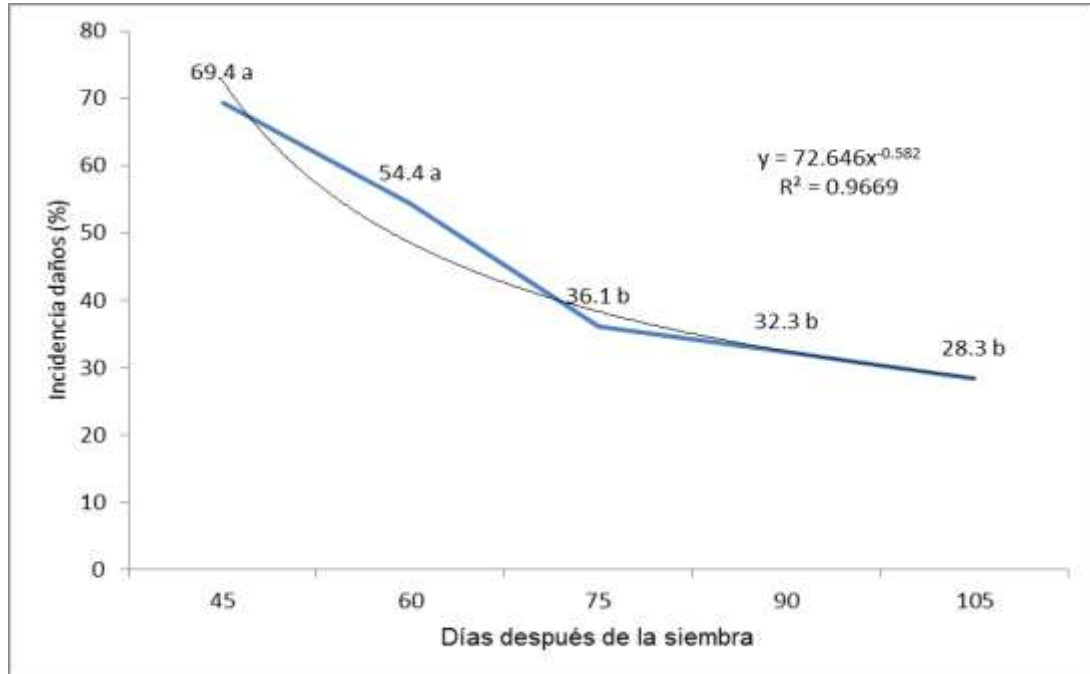


Figura 2. Análisis temporal de la incidencia de daños del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, en diferentes fechas de muestreo. Cifras con la misma letra sobre la línea, no son estadísticamente diferentes.

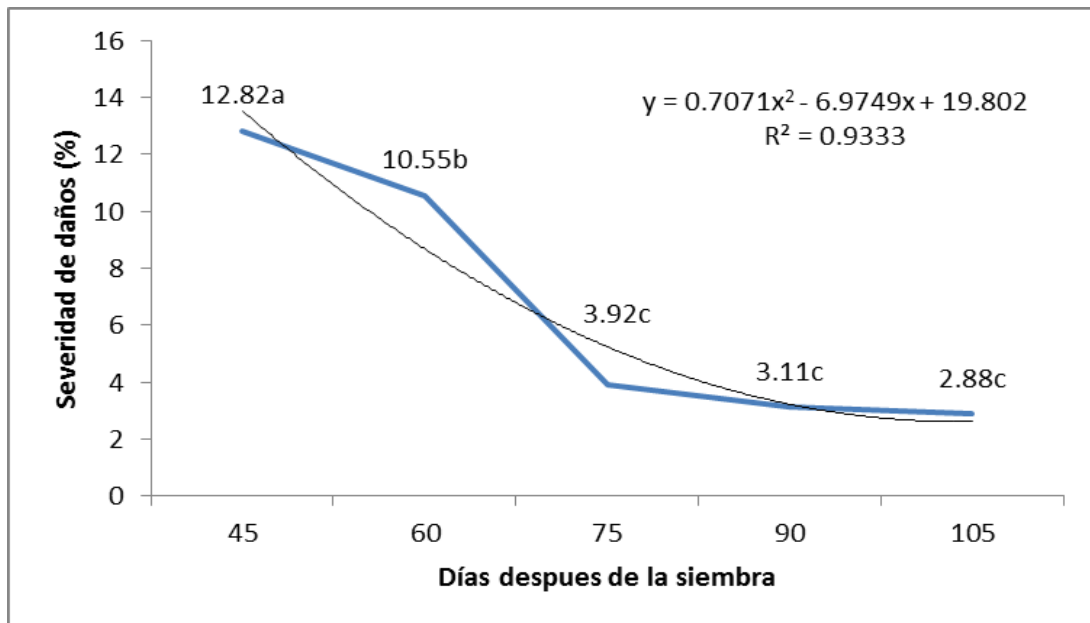


Figura 3. Análisis temporal de la severidad de daños del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*, en diferentes fechas de muestreo. Cifras con la misma letra sobre la línea, no son estadísticamente diferentes.



José Terrones Salgado (2015)

En consecuencia al efecto de decremento en la incidencia y severidad de daños por la plaga, se obtuvo un incremento significativo en el vigor de la planta, principalmente a partir de los 75 dds con valores de 4.4 y alcanzar el máximo de 4.5 a los 90 dds, para posteriormente decaer significativamente a un valor de 4.2, producto de haber llegado a la madurez fisiológica (Fig. 4). Un comportamiento similar fue para la altura de planta, con un incremento más sostenido y llegando a su mayor altura a los 90 dds y ahí estabilizarse, producto también de su llegada a la madurez (Fig. 5).

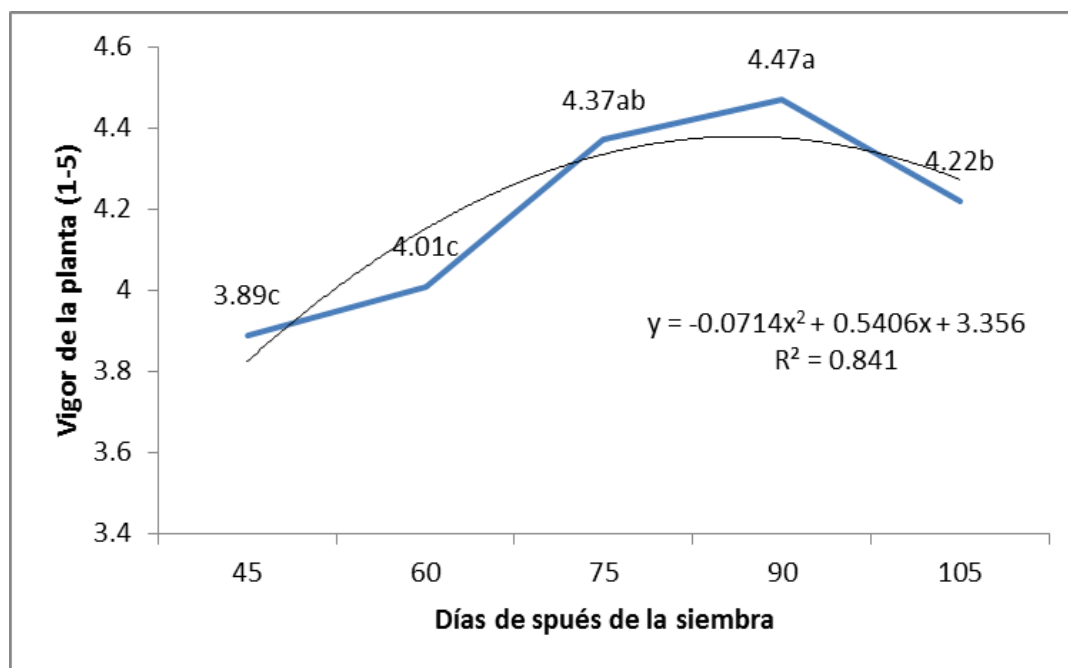


Figura 4. Análisis temporal del vigor de la planta en diferentes fechas de muestreo. Cifras con la misma letra sobre la línea, no son estadísticamente diferentes.

El comportamiento temporal observado en las anteriores variables, es coincidente con el efecto favorable del mejor tratamiento observado en los dos primeros análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Tukey, tanto por productos separados (químicos y biológicos), como por la interacción de ambos,



José Terrones Salgado (2015)

donde destaca el efecto del Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) sólo o aplicándose junto con los productos biológicos Crymax GDA[®] (*Bacillus thuringiensis*) o con Bea B[®] (*Beauveria bassiana*).

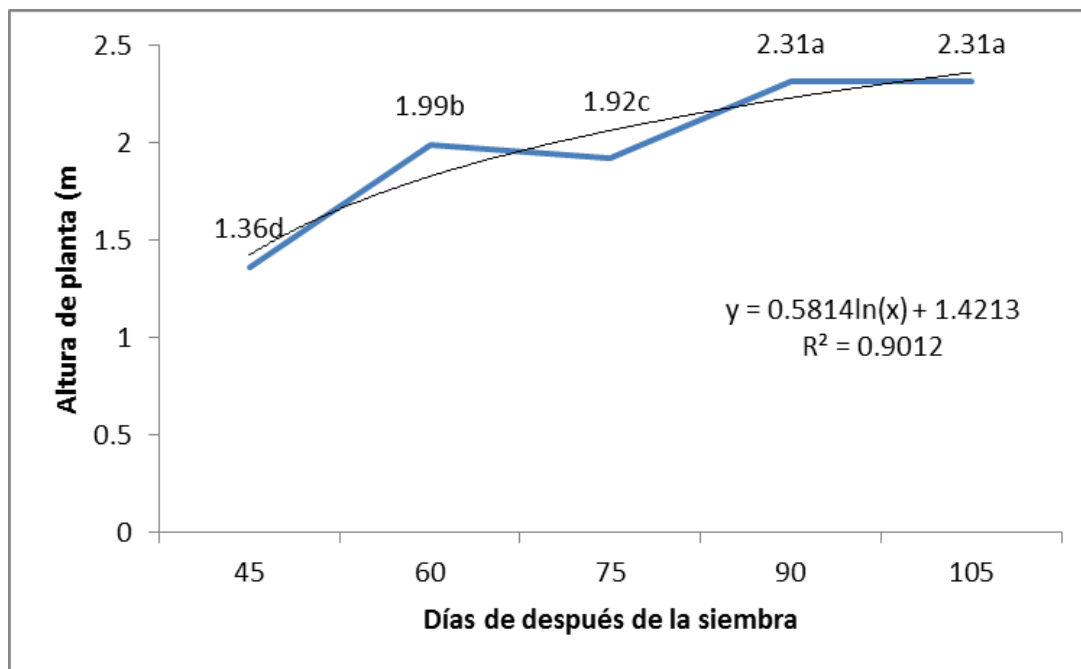


Figura 5. Análisis temporal de la altura de planta en diferentes fechas de muestreo. Cifras con la misma letra sobre la línea, no son estadísticamente diferentes.

4. CONCLUSIONES

- No hubo diferencia estadística entre tratamientos por fechas de siembra temprana y tardía, para la mayoría de las variables.
- El Benzoato de emamectina fue el tratamiento químico de mejor efecto cuando se analizaron por productos separados, en la infestación de la plaga, incidencia y severidad de daños en ambas fechas de siembra.
- *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana* tuvieron los mejores efectos cuando se analizaron por separado, en la infestación de la plaga,



José Terrones Salgado (2015)

incidencia y severidad de daño en consecuencia en el vigor y altura de la planta en ambas fechas de siembra.

- El Benzoato de emamectina aplicado sólo o en combinación con los productos biológicos *B. thuringiensis* y *B. bassiana*, fueron los tratamientos de mejor efecto, en general con una significativa menor incidencia y severidad de daños producidos por *Spodoptera frugiperda*.
- En respuesta al mejor efecto en el control de la infestación de la plaga y de la incidencia y severidad de daños, se obtuvo mayor altura y vigor de planta.
- El análisis temporal fue coincidente con lo identificado en el efecto de tratamientos anteriormente citados, identificándose que a partir de los 75 días después de la siembra (dds) la incidencia y severidad de daños fue significativamente menor; en tanto que a partir de los 75 y 90 dds fueron las fechas de mayor incremento de vigor y altura de planta, respectivamente.
- La infestación de la plaga fue la menos sensible, aunque con la misma tendencia de efecto de tratamiento, principalmente en la fecha temprana de siembra.



José Terrones Salgado (2015)

5. LITERATURA CITADA

- Adamczyk, J. R., Holloway, J. J., Leonard, J. W., and Graves, J. B. 1997. Susceptibility of fall armyworm collected from different plant hosts to selected insecticides and transgenic *Bt* cotton. *J. Cotton Sci.* 1: 21-28.
- Alatorre, R., Bravo H., Leyva J., Huerta A. 2000. Manejo Integrado de Plagas. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), Subsecretaría de Desarrollo Rural, Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural. pp 12.
- Aspros. 2014. Características de los genotipos de maíz. Internet. <http://asprosemillas.com/index.php/productos.html>. Fecha de consulta: 20/01/14.
- Badii, M. H., Abreu. J. L. 2006. Biological control a sustainable way of pest control. *International Journal of Good Conscience* 1(1): 82-89.
- Carmona, A. 2002. Aislamiento y caracterización parcial de una cepa de *Bacillus thuringiensis* toxica a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuide). *Bioagro* 14 (1): 3-10.
- Chango, A. L. I. 2012. Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de licenciatura. Universidad técnica de Ambato facultad de ingeniería agronómica. Ambato, Ecuador. 81 p.



José Terrones Salgado (2015)

- Cloyd, R. 2007. Compatibility Conflict: The use of Pesticides with Biological Control Agents. 2007AERGC Annual Meeting. University of Connecticut. Storrs, CT. 13 pp.
- Cortez, M. E., y Macías, C. J. 2006. Recomendaciones para el manejo de las plagas insectiles del Maíz en Sinaloa. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 26. Los Mochis, Sinaloa, México. 30 p.
- Cortez, M. E., y Valenzuela E.F.A. 2010. Efectividad de insecticidas novedosos al 100% y 50% de la dosis sobre gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Juan José Ríos, Sinaloa. 11 p.
- Dow Agrosiences. 2014. Ficha técnica del insecticida Lorsban[®] 480 EM. Internet.<http://www.insagrín.co/FICHAS%20dOW/LORS4EC.pdf>. Fecha de consulta: 20/01/14.
- Dripps, J., Olson, J. B., Sparsks, T., and Crouse, G. 2008. Spinetoram: artificial intelligence combined natural fermentation with synthetic chemistry to produce a new spinosyn insecticide. Internet. www.planthealthprogress. Fecha de consulta 10/05/14
- FAO. 2014. Producción mundial del maíz. Internet. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>. Fecha de consulta: 10/01/14.



José Terrones Salgado (2015)

- Ferro, D. N. 1996. El texto mundial del MIP. Control Cultural. Departamento de entomología. Universidad de Massachusetss. Internet. <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/ferroSp.htm>.
Fecha de consulta: 10/03/14.
- García, E. 2005. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. 4^a Edición. Instituto de Geografía. Universidad autónoma de México. 217. p.
- García, N. G., y Tarango, R. S. H. 2009. Manejo biorracional del gusano cogollero en maíz. INIFAP. Folleto técnico No. 30. Delicias, Chihuahua, México. 34 p.
- Garzón, T., Bujanos, M. J. A., y Marín, J. A. 2007. Manejo Integrado. INIFAP. Culiacán, Sin. México. Folleto para productores No. 54. 24 p.
- Hernández, M. J. L. 1997. Ecopathologie et degats de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) sur mais au Mexique (Etat de Colima): possibilité de lutte a l'aide de la bacterie entomopathogene *Bacillus thuringiensis*. Tesis (Doctor en ciencias). Univ. Des Sciences et techniques de Montpellier, Francia, 160 p.
- Mendoza, R. J. L., Macías, C. J., y Cortez, M. E. 2003. Tecnología para mejorar la productividad del maíz en el norte de Sinaloa y su impacto económico. Folleto técnico No. 21. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Los Mochis, Sinaloa, México. 37 p.



José Terrones Salgado (2015)

- Morales, V., Garay, B., Romero, A., Sánchez, J. 2009. Insecticidas biológicos en el control de insectos plaga: agrícolas, forestales, de almacén y urbanas en México. Artículo científico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp 1-5.
- Ortiz, F. 2010. Diccionario de especialidades agroquímicas. Thomson PLM del Ecuador S.A. Quito, Ecuador. p. 310.
- Pacheco, M. F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARHINIFAP- CIANO-CAEVY. Libro Técnico No. 1. Cd. Obregón, Sonora, México. 414 p.
- PTI. 2014. Ficha técnica del insecticida BeaB[®]. Internet. <http://www.agroquimicos-organicosplm.com/spectrum-bea-b-1994-9#inicio>. Fecha de consulta: 20/10/14.
- Pimentel, D. 1995. Amount of pesticide reaching target pests: Environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 8: 17-29.
- Polanczyk, R. A., Da Silva, P. R. F., and Fiuza, L. M. 2000. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* strains against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) *Brazilian Journal of Microbiology* 31(3): 165-167.
- Powell, K. A., and Jutsum. A. R. 1993. Technical and commercial aspects of biocontrol products. *Pesticide Science* 37:315-321.



José Terrones Salgado (2015)

- Ruíz, A. E. M., Cabral, A. C. C., Pino, Q. C. 2004. Eficiencia de *Bacillus thuringiensis* Linea HD-1 en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith), *Lepidoptera Noctuidae* en condiciones de campo y de laboratorio en el cultivo de maíz dulce *Zea mays* Saccharata. Revista: Investigación Agraria. Vol. 6 No. 1. 14 p.
- SAS Institute Inc. 2009. SASuser's guide: Statistics. Release 6.03. Ed. SAS Institute incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 p.
- SIAP. 2014. Producción nacional, estatal y municipal de maíz. Internet. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Fecha de consulta: 10/01/14.
- Siebert, M., Babock, J. M., Nolting, S., Santos, A. C., Adamczyk, J. J., Neese, P. A., King, J. E., Jenkins, J. N., McCarty, J., Lorenz, G. M., Fromme, D. D., and Lassiter, R. B., 2008. Efficacy of Cry1F insecticidal protein in maize and cotton for control of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). Fla. Entomol. 91: 555-565.
- Syngenta. 2014a. Ficha técnica del insecticida Denim[®] 19 CE. Internet. <http://www.syngenta.com.mx/denim-19-ce.aspx>. Fecha de consulta: 20/01/14.
- Syngenta. 2014b. Ficha técnica del insecticida Crymax[®] GDA. Internet. <http://www.syngenta.com.mx/crymax-gda.aspx>. Fecha de consulta: 20/01/14.



José Terrones Salgado (2015)

Vergara, O., Pitre, H., and Parvin. D. 2001. Economic evaluation of lepidopterous pests in intercropped sorghum and maize in southern Honduras. *Tropical Agriculture* 78(3): 190-199.

Yu, S. J. 1991. Insecticide resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 39: 84-91.



José Terrones Salgado (2015)

CAPÍTULO III

MANEJO INTEGRADO EN EL CONTROL DEL GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*) Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ

RESUMEN

Una de las principales plagas que afectan negativamente el rendimiento de maíz, es el cogollero (*Spodoptera frugiperda*). El estudio tuvo como objetivo evaluar prácticas culturales, químicas y biológicas en la incidencia de la plaga, daños y su impacto en el rendimiento del maíz. Se usó un diseño de bloques al azar en parcelas divididas con tres repeticiones. Las parcelas grandes fueron las fechas de siembra (temprana y tardía); las parcelas medianas las fuentes de productos químicos (testigo, Clorpirifos y Benzoato de emamectina) y las parcelas chicas las fuentes de productos biológicos (testigo, *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana*). No se encontró diferencia significativa entre tratamientos por fecha de siembra ($P \leq 0.05$), por lo que el efecto de los químicos y biológicos se hizo por fechas separadas. El Benzoato de emamectina aplicado en combinación con *B. thuringiensis*, fue el mejor tratamiento, en general con una significativa ($P \leq 0.05$) menor incidencia y severidad de daños producidos por *Spodoptera frugiperda*, lo cual repercutió en una mayor producción de maíz, con un promedio de 7.45 t ha^{-1} . La longitud y diámetro de la mazorca y el peso de grano por planta, fueron los componentes más directamente relacionados al efecto de rendimiento; el peso de mazorca fue menos consistente en su efecto.

Palabras clave: Producción agrícola, control químico, fitosanidad, plagas.



José Terrones Salgado (2015)

ABSTRACT

One of the major pests that negatively affect corn yield is the budworm (*Spodoptera frugiperda*). The objective of the study was to evaluate cultural, chemical and biological practices in the incidence of pest damage and its impact on maize yield. Random block design was used in a split-split plot arrangement with three replications. The main plots were planting dates (early and late); subplots were the sources of chemicals (control, chlorpyrifos and emamectin benzoate) and sub-subplots were the sources of biological products (control, *Bacillus thuringiensis* and *Beauveria bassiana*). No significant difference between treatments for planting date ($P \leq 0.05$) was detected, so the effect of chemical and biological are made by separate dates. The emamectin benzoate applied in combination with *B. thuringiensis*, was the most consistent treatment of the best effect, in general with a significant ($P \leq 0.05$) lower incidence and severity of damage of *Spodoptera frugiperda*, which resulted in more corn production, with an average of 7.45 t ha^{-1} . The length and diameter of the ear and the grain weight per plant were the most directly related to the effect of the yield; the ear weight was less consistent in its effect.

Key words: Agricultural production, chemical control, crop protection, pest.



José Terrones Salgado (2015)

1. INTRODUCCIÓN

El maíz se cultiva en diferentes partes del mundo. En el 2012 la superficie mundial cultivada fue 177, 379,506 ha con una producción de 872, 066,769 t ha⁻¹. El principal productor a nivel mundial es Estados Unidos con una producción de 273, 832,130 toneladas en una superficie cosechada de 35, 359,790 (FAO, 2014). De acuerdo a datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, la producción obtenida en México en el 2012 fue de 22, 069,254 toneladas con un rendimiento de 3.19 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 6, 923,900 ha, donde el principal productor es el Estado de Sinaloa con una producción de 3, 646, 875.26 toneladas, con un rendimiento de 9.39 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 388,198.47 ha. En tanto que, el estado de Guerrero produce 1, 304, 132 toneladas con un rendimiento promedio de 2.80 t ha⁻¹ en una superficie cosechada de 466,062 ha (SIAP, 2014).

El gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidóptera, Noctuidae) es considerada la plaga más importante en muchas regiones de América y particularmente de México (Polanczyk *et al.*, 2000; Vergara *et al.*, 2001). El principal daño de esta plaga, es producido mediante raspaduras sobre las partes tiernas de las hojas en desarrollo, que posteriormente aparecen como pequeñas áreas translúcidas. Una vez que la larva alcanza cierto desarrollo, empieza a comer follaje en las hojas del cogollo, las cuales al desplegarse, muestran una hilera regular de perforaciones a través de la lámina o bien áreas alargadas carcomidas. En esta fase, es característico observar los excrementos de la larva en forma de aserrín (Ortiz, 2010). Producto de los daños directos e



José Terrones Salgado (2015)

indirectos producidos al cogollo de la planta, se producen pérdidas económicas por la reducción del rendimiento, pero también daña el tallo, espiga y elote (Pacheco, 1985; Cortez y Macías, 2006). Causa severos daños desde la etapa de plántula hasta la premadurez, sobre todo en áreas con clima cálido seco, cuando se presenta periodo de sequías o con el cambio climático esto favorece a la proliferación de la plaga (Hernández *et al.*, 1997). Diferentes prácticas de manejo se han instrumentado para el control de esta plaga, las cuales no han sido suficientes y se sigue explorando en un enfoque de manejo integrado, ya que su control con base de insecticidas químicos ha ocasionado que esta especie adquiera resistencia, se eliminen a sus enemigos naturales y afecte el medio ambiente (Yu, 1991; Pimentel, 1995). Las poblaciones de gusano cogollero han desarrollado resistencia a varias clases de insecticidas, incluidos los carbamatos, organofosforados y piretroides (Adamczyk *et al.*, 1999), lo cuales fueron exitosos en el control de plagas al inicio de ser usados, minimizando las pérdidas de las cosechas. Sin embargo, como consecuencia de su uso inadecuado e indiscriminado, pronto aparecieron problemas de resistencia de los insectos hacia estos productos, así como un rápido crecimiento de las poblaciones de plagas secundarias y alteraciones ecológicas, causando efectos indeseables en el medio ambiente y en la salud (Morales *et al.*, 2009).

Dentro de este nuevo enfoque de manejo integral, el control biológico ha adquirido auge, como medio más racional para la salud y el medio ambiente (Badii *et al.*, 2006). Dentro de los entomopatógenos, el grupo de las bacterias y



José Terrones Salgado (2015)

de los hongos posee el mayor potencial como agentes bioinsecticidas y, por tal motivo, los productos a base de la bacteria *Bacillus thuringiensis* y de *Beauveria bassiana* constituyen los bioinsecticidas más utilizados a nivel mundial (Powell y Jutsum, 1993). Adicionalmente, se están utilizando prácticas culturales que permitan reducir significativamente la incidencia de la plaga y disminuir el impacto de daño de la misma (Ferro, 1996). Dentro de las prácticas culturales de mayor importancia están las fechas de siembra, las cuales tratan de identificar condiciones climáticas desfavorables para el desarrollo de las plagas, así como eludir las estaciones del año que resultan favorables para los insectos y de esta manera interrumpir sus ciclos de desarrollo y con esto disminuir la incidencia de las plagas (Garzón *et al.*, 2007).

El objetivo de este estudio fue evaluar diferentes prácticas culturales (fechas de siembra temprana y tardía), que al ser integradas con diferentes productos químicos y/o biológicos ejerzan un efecto de control eficaz del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), permitiendo una mayor y más sana producción de maíz.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación geográfica del área de estudio

La investigación se realizó en el municipio de Huitzuc del Estado de Guerrero, México, durante el ciclo primavera-verano 2013. El cual se encuentra ubicado entre las coordenadas geográficas 18°29' y 17°37' de latitud norte y 99°05' de longitud oeste, con una altitud de 940 msnm. El clima predominante de la región es el cálido subhúmedo, con una temperatura media anual de 25 °C. El régimen



José Terrones Salgado (2015)

de lluvias se presenta en los meses de junio a septiembre, con una precipitación media anual de 800 a 1100 mm (Figura 1; García, 2005).

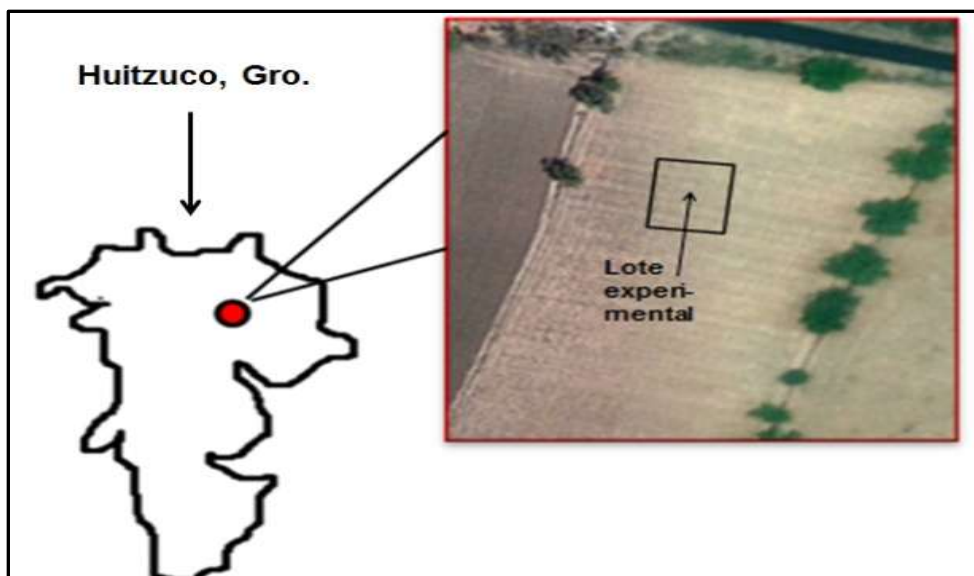


Figura 1. Localización del área de estudio

2.2 Diseño y unidad experimental y de tratamientos

Se usó un diseño de Bloques completamente al azar en un arreglo de parcelas subdivididas, con tres repeticiones donde: las parcelas grandes fueron las fechas de siembra [temprana (15/06/13) y tardía (15/07/13)]; las parcelas medianas las tres fuentes de plaguicidas [testigo, Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos) y DENIM[®] 19 CE (Benzoato de emamectina)] y; las parcelas chicas las tres fuentes biológicas [Testigo, CRYMAX[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) y Bea B[®] (*Beauveria bassiana*)], con un total de 18 tratamientos producto del factorial 2X3X3. La unidad experimental fue de 4 surcos de 0.8 m de ancho y 10 m de longitud, por lo que correspondió a 32 m² por unidad experimental y 2268 m² en toda el área experimental. La parcela útil correspondió a los 2 surcos medios de cada unidad experimental, a partir de los cuales se obtuvo la información de las



José Terrones Salgado (2015)

variables medidas. El tamaño de muestra fue de 5 plantas dentro de cada parcela útil, tomadas aleatoriamente en cada tratamiento.

2.3 Establecimiento del experimento y prácticas culturales

La preparación del terreno se realizó en forma mecanizada, mediante un barbecho, un paso de rastra y el surcado a 0.80 m de separación. En la siembra se utilizó maíz variedad AS-1503 de la empresa ASPROS que tiene las siguientes características: es para grano, es de riego y de temporal, ciclo intermedio, presenta una altura de 2.55 a 2.65 m, altura a la mazorca de 1.20 a 1.40 m, 75 a 80 días a floración y 130 a 140 días a la cosecha. Su grano es blanco de alta calidad para la industria de la masa y la tortilla, tiene un rendimiento aproximado de 10 a 12 t ha⁻¹ (Aspros, 2014).

Respecto a la naturaleza de los productos químicos y biológicos utilizados se tiene que: **Lorsban[®] 480 EM** es un insecticida organofosforado de amplio espectro, que actúa por contacto, ingestión e inhalación, viene formulado como concentrado emulsionable (Dow AgroSciences, 2014); **DENIM[®] 19 CE** es un insecticida que actúa por ingestión, tiene efecto sobre el ácido aminogammabutírico interrumpiendo los impulsos nerviosos de las larvas poco tiempo después de la ingestión del producto, las larvas dejan de alimentarse y quedan paralizadas irreversiblemente (Syngenta, 2014a); **CRYMAX[®] GDA** es un insecticida biológico de tipo microbial con base en la bacteria *Bacillus thuringiensis* subespecie *kurstaki*, que tiene acción estomacal y debe ser ingerida por las larvas, lo que provoca la enfermedad lechosa de las larvas del orden lepidóptera⁻¹ (Syngenta, 2014b) y; **Bea B[®]** es un insecticida biológico de



José Terrones Salgado (2015)

acción sistemática que está hecho a base de *Beauveria bassiana* Cepa Abn Bb102 que al germinar, el hongo penetra al interior del insecto hospedante colonizando de micelio, la cavidad hemolinfática y sus sistemas vitales (PTI, 2014).

La siembra temprana se llevó a cabo el 15 de Junio del 2013 y la siembra tardía el 15 de Julio del 2013, con una densidad de siembra de 41, 250 plantas ha⁻¹. Se fertilizó con la fórmula 190-90-30 (N-P-K), además se complementó con fertilizaciones foliares como el paquete maizotes y el zacaris estos después de cada fertilización edáfica.

Los productos químicos Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos) se aplicó a una dosis de 0.625 L ha⁻¹ y DENIM[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) a una dosis de 0.150 L ha⁻¹; los productos biológicos CRYMAX[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) se aplicó a una dosis de 0.512 kg ha⁻¹ y Bea B[®] (*Beauveria bassiana*) a una dosis de 0.750 L ha⁻¹. Para la aplicación de los productos tanto químicos como biológicos, se usó una aspersora manual de mochila de 15 L de capacidad. La primera aplicación a la siembra temprana se realizó el 15 de Julio del 2013 cuando la plaga registró una incidencia y severidad de la plaga del 50 y 2.5 %, respectivamente; en la siembra tardía la primera aplicación se realizó el 10 de Agosto del 2013 tomando en cuenta la misma incidencia y severidad de la plaga de la siembra temprana. Una segunda aplicación se realizó 20 días después de la primera en cada fecha de siembra.

La cosecha se realizó una vez que la mazorca alcanzó su madurez fisiológica el 30 de noviembre del 2013 en forma manual.



José Terrones Salgado (2015)

2.4 Variables medidas

- **Infestación:** medida por conteo del número de larvas por planta.
- **Incidencia de daños:** medida en porcentaje de plantas con daño por la plaga, respecto del total de plantas evaluadas.
- **Severidad de daños:** referida al porcentaje de tejido dañado respecto del total de la planta, mediante una escala de 0 a 6, donde 0= significa sin daños, 1=10, 2=20, 3=30, 4=40, 5=50 y 6= 60 o más de tejido dañado.
- **Longitud de la mazorca:** medida en cm.
- **Diámetro de la mazorca:** medido en cm.
- **Rendimiento de grano por planta.**
- **Rendimiento de grano (ton ha⁻¹).**

2.5 Procesamiento de datos

A la base de datos generada se le realizó el análisis de varianza, prueba de rangos múltiples de medias utilizando el método de Tukey con un nivel de significancia al 5 %, así como un análisis de regresión. El proceso estadístico se hizo con el software Statistical Analysis System (SAS, 2009).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

No se identificó efecto significativo ($P \leq 0.05$) entre las fechas de siembra para la mayoría de las variables medidas en este estudio, posiblemente relacionado a la cercanía de tiempos entre una fecha y otra. Lo anterior es contrario a lo identificado por Mendoza *et al.* (2003), quienes reportaron poblaciones elevadas



José Terrones Salgado (2015)

y con mayor incidencia de *Spodoptera frugiperda* en siembras tardías, fuera de la época de siembra recomendada. Sin embargo, en este estudio no se encontró diferencia entre una y otra fecha de siembra, ni infestación de la plaga, así como en la incidencia y severidad de daños, ni en su impacto en el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz. Con base en lo anterior, se procedió a hacer un análisis por cada fecha de siembra.

3.1 Siembra temprana (15 Junio de 2013)

En general, la infestación de la plaga, incidencia de daños y severidad de daños fue baja, donde al aplicar el Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) fue el mejor tratamiento con valores de 0.12, 27.6% y 4% de infestación de la plaga, incidencia y severidad de daños, respectivamente, con un consecuente mejor efecto de vigor en la planta (4.4 de una escala de 0 a 5), el cual fue significativamente mayor ($P \leq 0.05$) que al aplicar el Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos) y el testigo; en tanto la altura de la planta no fue afectada por ningún tratamiento (Cuadro 1). Lo anterior significa que con aplicar la dosis media recomendada (0.150 L ha^{-1}) de Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) fue suficiente y efectivo para controlar al gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), ya que se logró tener una infestación de la plaga casi nula, por lo que la incidencia y severidad de daños, consecuentemente también disminuyeron, obteniéndose al final plantas de maíz con mejor desarrollo y vigor. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por Cortez *et al.* (2010), quienes evaluaron la efectividad de insecticidas novedosos al 100 y al 50 % de la dosis recomendada para el control del gusano cogollero



José Terrones Salgado (2015)

del maíz (*Spodoptera frugiperda*) reportando que Denim[®] (Benzoato de emamectina) como el mejor insecticida al controlar al 100 % la plaga; en tanto que Lorsban[®] (Clorpirifos) controló en un 70 y 80 % a la plaga.

Cuadro 1. Efecto de productos químicos en la incidencia de plaga, incidencia de daño, severidad de daño y vigor de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), en la fecha de siembra temprana (15/06/13).

Productos Químicos	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Testigo	0.26 a	69.5 a	13 a	196 a	3.8 b
Lorsban[®] 480 (Clorpirifos) EM	0.24 a	63.7 a	11 a	195 a	4.0 b
Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina)	0.12 b	27.6 b	4 b	200 a	4.4 a

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. nlpp= Número de larvas por planta.

Respecto a los productos biológicos, sólo se encontraron efectos significativos (P ≤ 0.05) en la severidad de daños y vigor de la planta cuando se aplicó Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*), con valores de 8% y 4.2, respectivamente; en tanto que Bea B[®] (*Beauveria bassiana*) desarrolló una severidad y vigor de la planta similar al testigo; la infestación de la plaga e incidencia de daños, así como la altura de la planta no fueron variados por efecto de tratamiento (Cuadro 2). Lo anterior significa que aplicando 0.512 kg ha⁻¹ Crymax[®] GDA es suficiente para tener bajo control el gusano cogollero del maíz, con una disminución significativa de la severidad de daño y por lo tanto la planta presenta un mejor desarrollo y vigor. Estos resultados son coincidentes con lo reportado por Carmona (2002), quien aisló y caracterizó una cepa de *Bacillus thuringiensis* toxica a *Spodoptera frugiperda* y encontró diferencias



José Terrones Salgado (2015)

significativas en los ensayos cualitativos contra larvas del primer instar del gusano cogollero del maíz, con efectos de alta toxicidad (90 %).

Cuadro 2. Efecto de productos biológicos en la severidad de daños y vigor de planta en el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*), en la fecha de siembra temprana (15/06/13).

Productos Biológicos	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Sin Aplicar	0.22 a	56.6 a	10 a	199 a	4.1 ab
Crymax[®] GDA (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	0.17 a	48.9 a	8 b	200 a	4.2 a
Bea B[®] (<i>Beauveria bassiana</i>)	0.23 a	54.8 a	10 ab	194 a	4.0 b

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. nlpp= número de larvas por planta.

3.2 Siembra tardía (15 Julio de 2013)

Al igual que la fecha de siembra temprana, pero de manera más leve, el Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) fue el que mostró una ligera pero significativa menor incidencia de daños y por ende un mejor vigor de la planta, con valores de 24.6% y 199 y 4.5, respectivamente. El Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos) no tuvo diferencias con respecto al testigo en incidencia de daño y vigor de la planta, aunque también sin diferencia estadística en estas variables con respecto al Denim[®] 19 CE, lo cual indica que tiene un efecto intermedio; en tanto que la infestación de la plaga y la altura de la planta no variaron por efecto de tratamiento (Cuadro 3). Lo anterior significa que al aplicar la dosis media recomendada (0.150 L ha⁻¹) de Denim[®] 19 CE que aunque no se identificó un efecto significativo en la incidencia de la plaga, pero sí respecto a la incidencia de daño y ello repercute en una planta con mejor desarrollo y vigor. Los



José Terrones Salgado (2015)

anteriores resultados se relacionan con lo reportado por Chango (2012), quien aplicó Larvin 37,5 SC (Thiodicarb) a una dosis de 5 cc 0.45 kg⁻¹ de arena, la plaga se controló 32.5% la incidencia y 4.5% la severidad de la plaga. Estos resultados se encuentran por arriba de lo identificado en la presente investigación, asociado a que es un producto químico diferente y aplicado en un lugar y fechas también diferentes.

Cuadro 3. Efecto de productos químicos en la incidencia de daños y vigor de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*).

Productos Químicos	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Sin Aplicar	0.20 a	43.7 a	7.5 a	199 a	4.1 b
Lorsban [®] 480 EM (Clorpirifos)	0.18 a	35.1 ab	6.0 a	196 a	4.3 ab
Denim [®] 19 CE (Benzoato de emamectina)	0.16 a	24.6 b	4.3 a	199 a	4.5 a

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. nlpp= número de larvas por planta.

Respecto al efecto de los productos biológicos, se tiene que Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*), al igual que en la fecha temprana, tuvo el mejor efecto en cuanto a menor severidad de daños y un relativamente mayor altura y vigor de la planta, con valores de 5.1% 196 cm y 4.3, respectivamente, pero sin diferencia estadística con el testigo, aunque sí al aplicar Bea B[®] (*Beauveria bassiana*), la cual fue la de mayor severidad y menor altura y vigor de la planta. La infestación de la plaga e incidencia de daños no variaron por efecto de tratamiento (Cuadro 4). Lo anterior significa que aplicando la dosis media recomendada de Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) (0.512 kg ha⁻¹), fue



José Terrones Salgado (2015)

suficiente para controlar al gusano cogollero del maíz, con una relativamente menor severidad de daños y una mejor altura y vigor de la planta, aunque sin diferencia con el testigo, pero si, de relativamente mejor efecto que al aplicar Bea B[®] (*Beauveria bassiana*). Estos resultados coinciden de alguna manera con lo reportado por Ruíz *et al.* (2004), quienes realizaron estudios sobre la eficiencia de *Bacillus thuringiensis* Línea HD-1 en larvas de *Spodoptera frugiperda*, y observaron un 57.2% en el control de la plaga.

Cuadro 4. Efecto de productos biológicos en la severidad de daños, vigor y altura de la planta en el control del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*).

Productos Biológicos	Infestación de la plaga (nlpp)	Inc. daños (%)	Sev. daños (%)	Altura planta (cm)	Vigor planta (1-5)
Testigo	0.18 a	32.2 a	5.2 b	203 a	4.4 a
Crymax [®] GDA (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	0.17 a	31.3 a	5.1 b	196 ab	4.3 ab
Bea B [®] (<i>Beauveria bassiana</i>)	0.19 a	40.1 a	7.5 a	195 b	4.2 b

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. nlpp= número de larvas por planta.

3.3 Rendimiento de grano y componentes del mismo

Los componentes del rendimiento (diámetro, longitud y peso de mazorca), el rendimiento de grano (por planta y por hectárea), mostraron diferencias significativa solo para la fecha de siembra tardía.

La aplicación Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) incrementó significativamente (P ≤ 0.05) el rendimiento de maíz por unidad de superficie, con un valor de 6.8 t ha⁻¹, correspondiente a un 16.1 % más que el testigo y



José Terrones Salgado (2015)

10.3 % más que al aplicar Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos), sin diferencia estadística con éste último. Este mejor rendimiento fue producto de un peso de grano por planta, longitud y diámetro de mazorca estos con valores de 166.6, 23.4 y 6.1 respectivamente. El peso de mazorca no parece haber influido, dado que no varió por efecto de tratamiento de los productos químicos, respecto del testigo (Cuadro 5).

Lo anterior significa que el Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) aplicado a la dosis media recomendada (0.150 L ha^{-1}) fue el que controló más la incidencia del gusano cogollero, así como presentó la menor incidencia y severidad de daños y por lo tanto las plantas se mostraron con mejores características en la mayoría de los componentes del rendimiento y al final resultó en un mayor rendimiento por hectárea.

Los resultados anteriores más o menos coinciden con los reportados por Terrones (2012), quién evaluó la adaptación y rendimiento de 12 genotipos de maíz, incluido el que se utilizó en la presente investigación (AS-1503), resultando un diámetro de mazorca promedio de 5.18 cm, el cual es un poco inferior al reportado en este estudio. Aspros (2014), menciona que el híbrido AS-1503 muestra un diámetro de mazorca promedio de 6.0 cm lo cual coincide con lo que se identificó en el presente estudio.

Estos resultados no coinciden con Terrones (2012) quien evaluó 12 genotipos de maíz encontrando que el híbrido AS-1503 mismo material genético que se utilizó en este estudio y siendo el más rendidor presentó un peso de grano por



José Terrones Salgado (2015)

planta de 99 g el cual se encuentra muy por abajo de lo encontrado en la presente investigación. Adicionalmente, Trujillo (2005) evaluó el rendimiento de 20 genotipos comerciales de maíz bajo condiciones de temporal y encontró diferencias significativas en las cuales identifiqué 10 materiales más rendidores con una media general de 7.85 t ha^{-1} , lo cual es más o menos coincidente con los resultados reportados en este estudio.

Cuadro 5. Efecto de productos químicos en el control del gusano cogollero y su impacto en el rendimiento de grano y componentes del mismo en el cultivo del maíz, en la fecha de siembra tardía (15/07/14).

Productos químicos	Peso de mazorca (g)	Peso de grano planta (g)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Rendimiento de grano (t ha^{-1})
Testigo	153.1 a	138.2 b	22.0 b	5.5 b	5.7 b
Lorsban® 480 EM (Clorpirifos)	160.5 a	148.0 ab	22.9 ab	5.8 b	6.1 a
Denim® 19 CE (Benzoato de emamectina)	173.4 a	166.6 a	23.4 a	6.1 a	6.8 a

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

Respecto al efecto de los productos biológicos, se tiene que la aplicación de Crymax® GDA (*Bacillus thuringiensis*) o Bea B® (*Beauveria bassiana*) se obtuvo el mejor rendimiento por unidad de superficie, con un valor de 6.5 y 6.4 t ha^{-1} , respectivamente, siendo en promedio 11.6% superior al testigo. Este resultado de rendimiento es producto de un mayor peso, longitud y diámetro de mazorca, así como un mayor peso de grano por planta, aunque la longitud y diámetro de mazorca con un valor intermedio entre el mejor tratamiento y el testigo (Cuadro 6). Lo anterior significa que con aplicar la dosis media recomendada (0.750 L



José Terrones Salgado (2015)

ha⁻¹) del producto hecho a base del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* es suficiente para controlar al gusano cogollero del maíz y por ende disminuir la incidencia y severidad de daños teniendo plantas de maíz que desarrollaran las mazorcas más gruesas, es decir con mayor diámetro, así como con mayor longitud. Los resultados no coinciden con los reportados por Gonzales (2013), quién evaluó el rendimiento de maíz en respuesta a las fertilizaciones foliar y al suelo y no encontró diferencias significativas entre tratamientos en el diámetro de la mazorca, el cual fue en promedio de 4.16 cm, un tanto inferior al reportado en este estudio. Rodríguez (2012), evaluó la adaptación y rendimiento de grano de 11 genotipos de maíz durante el ciclo primavera/verano 2011 y reportó al genotipo P4082W como el de mayor longitud de la mazorca, referido a 23.3 cm, la cual es más o menos coincidente con los valores reportados en este estudio, independientemente de que se trata de un material genético diferente. Bracamontes (2012), en un experimento realizado en los campos experimentales del CEP-CSAEGRO bajo condiciones de temporal, evaluó el rendimiento de 7 genotipos de maíz y reportó un peso promedio de mazorca de 160 g como el componente de mayor importancia en el rendimiento, lo cual también coincide con lo reportado en este estudio. De igual manera, Apéaz (2010) en un estudio bajo condiciones de temporal y utilizando la variedad VS-535 no encontró diferencias significativas en el rendimiento de grano por planta en diferentes fuentes de fertilización fosfórica; el mayor rendimiento de grano por planta encontrado por dicho autor fue de 124 g mismo, ligeramente inferior a lo reportado en este estudio.



José Terrones Salgado (2015)

Tinoco (2002) evaluó 10 genotipos, en el ciclo primavera/verano. Encontró diferencias significativas entre los tratamientos. El rendimiento mayor se obtuvo en el genotipo Z-31 con 6.61 ton ha⁻¹ el cual de alguna manera coincide con los resultados encontrados en la presente investigación a pesar de las diferencias en el híbrido utilizado, al manejo del cultivo y al año y región donde se realizaron los experimentos.

Cuadro 6. Efecto de productos biológicos en el control del gusano cogollero y su impacto en el rendimiento de grano y componentes del en el cultivo del maíz, en la fecha de siembra tardía (15/07/13).

Productos Biológicos	Peso de mazorca (g)	Peso de grano planta (g)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)
Sin Aplicar	148.9 b	139.1 b	22.3 b	5.7 b	5.7 b
Crymax [®] GDA (<i>Bacillus thuringiensis</i>)	168.9 a	157.9 a	23.0 ab	5.8 ab	6.5 a
Bea B [®] (<i>Beauveria bassiana</i>)	169.3 a	155.8 a	23.1 a	5.9 a	6.4 a

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

3.4 Efectos de interacción de productos químicos y biológicos

De acuerdo al efecto de interacción, se pudo identificar que cuando se aplicó el producto químico Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) y no se aplicó algún producto químico o biológico se obtuvo el mejor rendimiento, con un valor de 7.5 t ha⁻¹, seguido y sin diferencia estadística de cuando se aplicó Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) junto con Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*), o Bea B[®] (*Beauveria bassiana*), con rendimientos de 6.1 y 6.6 t ha⁻¹, respectivamente. Estos resultados son congruentes con los efectos de longitud y diámetro de mazorca y rendimiento de grano por planta, con valores de 23.9 y



José Terrones Salgado (2015)

6.1 cm y 181.7, respectivamente, el peso de mazorca no vario por efecto de tratamiento (Cuadro 7). Esto significa que con solo aplicar 0.150 L ha⁻¹ de Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina), sólo o combinado con cualquiera de los dos productos biológicos probados en este estudio y sembrando de manera temprana (dentro de las dos primeras semanas de Junio), es suficiente para disminuir la infestación de la plaga, así como la incidencia y severidad de daños producida por la misma, lo cual repercute en una planta de mayor vigor y rendimiento. Lo anterior confirma lo expuesto en el comportamiento de rendimiento al analizar los datos por factores separados (químicos y biológicos), aunque aquí se complementa en que, el aplicar los productos biológicos hace que el Denim[®] (Benzoato de emamectina) mantenga su efectividad de control.

Cuadro 7. Efectos de interacción de productos químicos y biológicos en el control de *Spodoptera frugiperda* y su impacto en el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz. Fecha de siembra temprana (15 de junio, 2013).

Tratamiento	Peso de mazorca (g)	Peso de grano planta (g)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)
Testigo	168.6 a	158.3 ab	22.7 ab	5.5 b	6.5 ab
Crymax [®] GDA	166.0 a	153.0 ab	22.7 ab	5.5 b	6.3 ab
Bea B [®]	143.0 a	130.3 b	21.7 b	5.4 b	5.4 b
Lorsban [®] 480 EM	143.3 a	131.7 b	22.0 b	5.5 b	5.4 b
L + C	154.0 a	140.0 ab	21.9 b	5.5 b	5.8 ab
L + B	156.0 a	144.7 ab	22.2 ab	5.5 b	5.9 ab
Denim [®] 19 CE	187.3 a	181.7 a	23.9 a	6.1 a	7.5 a
D + C	157.0 a	147.0 ab	22.9 ab	5.7 ab	6.1 ab
D + B	167.6 a	160.7 ab	23.4 ab	5.7 ab	6.6 ab

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. Donde L + C corresponde a Lorsban[®] 480 EM y Crymax[®] GDA; D + C a Denim[®] 19 CE y Crymax[®] GDA y D + B a Denim[®] 19 CE y Bea B[®] nlpp= número de larvas por planta.



José Terrones Salgado (2015)

Definitivamente el Lorsban[®] 480 EM (Clorpirifos), solo o combinado con los productos biológicos, no tiene ningún efecto significativo en el control de *Spodoptera frugiperda*, ya que en la mayoría de las variables medidas, ya sea relacionadas a la infestación o daño de la plaga y el rendimiento de la planta, no se diferenciaron del testigo.

Respecto a los efectos de interacción para la fecha de siembra tardía (15 de julio de 2013), con resultados muy similares a los identificados en la siembra temprana (15 de junio de 2013), aunque en este caso resalta de manera más consistente el efecto combinado de Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) con el producto biológico Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*), dando un rendimiento significativamente mayor de 7.4 t ha⁻¹, ligeramente inferior pero sin diferencia estadística a cuando se aplicó el mismo Denim[®] 19 CE sólo o combinado con Bea B[®] (*Beauveria bassiana*), con rendimientos de 6.4 y 6.7 t ha⁻¹, respectivamente. Al igual que la fecha anterior, un mayor peso, longitud y diámetro de mazorca, así como el peso de grano por planta, fueron los que destacaron significativamente para producir un mayor rendimiento por unidad de superficie en el mejor tratamiento, con valores de 185.3 g, 23.7 y 6.2 cm y 178.3 g, respectivamente. El resto de los tratamientos no fueron estadísticamente diferentes del testigo (Cuadro 8).

Lo anterior significa que con aplicar 0.150 L ha⁻¹ del producto químico Denim[®] 19 CE (Benzoato de emamectina) combinado con la aplicación de 0.512 kg ha⁻¹ del producto biológico Crymax[®] GDA (*Bacillus thuringiensis*) y sembrando de manera tardía (dentro de la dos primeras semanas de Julio), existe un control



José Terrones Salgado (2015)

eficiente del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*. Al controlar oportunamente a la plaga respecto a sus niveles de infestación, disminuye por lo tanto la incidencia y severidad de daños, con lo cual se mejora el vigor de la planta y esto hace que haya una mejor producción por unidad de superficie.

Cuadro 8. Efectos de interacción de productos químicos y biológicos en el control de *Spodoptera frugiperda* y su impacto en el rendimiento y componentes del mismo en el cultivo del maíz. Fecha de siembra tardía (15 de julio, 2013).

Tratamiento	Peso de mazorca (g)	Peso de grano planta (g)	Longitud de mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Rendimiento de grano (t ha ⁻¹)
Testigo	129.7 c	117.7 c	21.3 c	5.3 d	4.9 c
Crymax [®] GDA	146.3 bc	134.0 bc	21.9 bc	5.4 cd	5.5 bc
Bea B [®]	183.3 a	163.0 ab	23.1 ab	5.9 abc	6.7 ab
Lorsban [®] 480 EM	155.7 abc	144.7 abc	22.7 abc	5.7 bcd	6.0 abc
L + C	175.0 ab	161.3 ab	23.3 ab	5.8 abc	6.7 ab
L + B	151.0 abc	138.0 ab	22.7 abc	5.8 abc	5.7 bc
Denim [®] 19 CE	161.3 abc	155.0 ab	23.0 ab	6.0 ab	6.4 ab
D + C	185.3 a	178.3 a	23.7 a	6.2 a	7.4 a
D + B	173.7 ab	166.3 ab	23.4 ab	6.1 ab	6.7 ab

Prueba de Tukey (P < 0.05). Cifras con las mismas letras dentro de una misma columna son estadísticamente iguales. Donde L + C corresponde a Lorsban[®] 480 EM y Crymax[®] GDA; D + C a Denim[®] 19 CE y Crymax[®] GDA y D + B a Denim[®] 19 CE y Bea B[®] nlpp= número de larvas por planta.

4. CONCLUSIONES

- No hubo diferencia estadística entre tratamientos por fechas de siembra temprana y tardía, para la mayoría de las variables.
- El Benzoato de emamectina aplicado en combinación con *B. thuringiensis*, fue el mejor tratamiento, en general con una significativa



José Terrones Salgado (2015)

menor infestación de la plaga y menor incidencia y severidad de daños producidos por *Spodoptera frugiperda*.

- El Benzoato de emamectina fue el tratamiento químico de mejor efecto cuando se analizaron por productos separados, en la longitud y diámetro de la mazorca, peso de grano por planta y rendimiento de grano por hectárea, en la fecha de siembra tardía.
- *Bacillus thuringiensis* y *Beauveria bassiana* tuvieron los mejores efectos cuando se analizaron por separado, en la longitud, diámetro y peso de la mazorca, así como en el peso de grano por planta y rendimiento de grano por hectárea en la fecha de siembra tardía.
- Producto del mejor control de *Spodoptera frugiperda*, se produjo una mayor producción de maíz, con un promedio de 7.45 t ha⁻¹.
- La longitud y diámetro de la mazorca y el peso de grano por planta, fueron los componentes más directamente relacionados al efecto de rendimiento; el peso de mazorca fue menos consistente en su efecto.

5. LITERATURA CITADA

- Adamczyk, J. R., Holloway, J. J., Leonard, J. W., and Graves, J. B. 1997. Susceptibility of fall armyworm collected from different plant hosts to selected insecticides and transgenic *Bt* cotton. *J. Cotton Sci.* 1: 21-28.
- Apáez, B. M. 2010. Crecimiento y rendimiento de maíz en respuesta al potasio y zeolita. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios



José Terrones Salgado (2015)

Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero 57 p.

Aspros. 2014. Características de los genotipos de maíz. Internet. <http://asprosemillas.com/index.php/productos.html>. Fecha de consulta: 20/01/14.

Badii, M. H., Abreu. J. L. 2006. Biological control a sustainable way of pest control. International Journal of Good Conscience 1(1): 82-89.

Bracamontes, C. M. C. 2012. Adaptación y rendimiento de 7 genotipos de maíz en Cocula, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero. México 80 p.

Carmona, A. 2002. Aislamiento y caracterización parcial de una cepa de *Bacillus thuringiensis* toxica a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuide). Bioagro 14 (1): 3-10.

Chango, A. L. I. 2012. Control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de licenciatura. Universidad técnica de Ambato facultad de ingeniería agronómica. Ambato, Ecuador. 81 p.

Cortez, M. E., y Macías, C. J. 2006. Recomendaciones para el manejo de las plagas insectiles del Maíz en Sinaloa. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No. 26. Los Mochis, Sinaloa, México. 30 p.



José Terrones Salgado (2015)

Cortez, M. E., y Valenzuela E.F.A. 2010. Efectividad de insecticidas novedosos al 100% y 50% de la dosis sobre gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) en maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Juan José Ríos, Sinaloa. 11 p.

Dow Agrosiences. 2014. Ficha técnica del insecticida Lorsban[®] 480 EM. Internet.<http://www.insagrín.co/FICHAS%20dOW/LORS4EC.pdf>. Fecha de consulta: 20/01/14.

FAO. 2014. Producción mundial del maíz. Internet. <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>. Fecha de consulta: 10/01/14.

Ferro, D. N. 1996. El texto mundial del MIP. Control Cultural. Departamento de entomología. Universidad de Massachusetss. Internet. <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/ferroSp.htm>. Fecha de consulta: 10/03/14.

García, E. 2005. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen. 4^a Edición. Instituto de Geografía. Universidad autónoma de México. 217. p.

Garzón, T., Bujanos, M. J. A., y Marín, J. A. 2007. Manejo Integrado. INIFAP. Culiacán, Sin. México. Folleto para productores No. 54. 24 p.



José Terrones Salgado (2015)

- Gonzales, V. J. M. 2013. Rendimiento de maíz en respuesta a las fertilizaciones foliar con micronutrientos y al suelo con potasio. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero pp 31.
- Hernández, M. J. L. 1999. Ecopathologie et degats de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) sur mais au Mexique (Etat de Colima): possibilité de lutte a l'aide de la bacterie entomopathogene *Bacillus thuringiensis*. Tesis (Doctor en ciencias). Univ. Des Sciences et techniques de Montpellier, Francia, 160 p.
- Mendoza, R. J. L., Macías, C. J., y Cortez, M. E. 2003. Tecnología para mejorar la productividad del maíz en el norte de Sinaloa y su impacto económico. Folleto técnico No. 21. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Los Mochis, Sinaloa, México. 37 p.
- Morales, V., Garay, B., Romero, A., Sánchez, J. 2009. Insecticidas biológicos en el control de insectos plaga: agrícolas, forestales, de almacén y urbanas en México. Artículo científico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp 1-5.
- Ortiz, F. 2010. Diccionario de especialidades agroquímicas. Thomson PLM del Ecuador S.A. Quito, Ecuador. p. 310.



José Terrones Salgado (2015)

- Pacheco, M. F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. SARHINIFAP- CIANO-CAEVY. Libro Técnico No. 1. Cd. Obregón, Sonora, México. 414 p.
- Pimentel, D. 1995. Amount of pesticide reaching target pests: Environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics* 8: 17-29.
- Polanczyk, R. A., Da Silva, P. R. F., and Fiuza, L. M. 2000. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* strains against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) *Brazilian Journal of Microbiology* 31(3): 165-167.
- Powell, K. A., and Jutsum. A. R. 1993. Technical and commercial aspects of biocontrol products. *Pesticide Science* 37:315-321.
- PTI. 2014. Ficha técnica del insecticida BeaB[®]. Internet. <http://www.agroquimicos-organicosplm.com/spectrum-bea-b-1994-9#inicio>. Fecha de consulta: 20/10/14.
- Rodríguez, Z. E. 2012. Adaptación y rendimiento de grano de 11 genotipos de maíz en Apango, Guerrero. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero. México. 70 p.



José Terrones Salgado (2015)

- Ruíz, A. E. M., Cabral, A. C. C., Pino, Q. C. 2004. Eficiencia de *Bacillus thuringiensis* Linea HD-1 en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith), *Lepidoptera Noctuidae* en condiciones de campo y de laboratorio en el cultivo de maíz dulce *Zea mays* Saccharata. Revista: Investigación Agraria. Vol. 6 No. 1. 14 p.
- SAS Institute Inc. 2009. SASuser's guide: Statistics. Release 6.03. Ed. SAS Institute incorporation, Cary, N.C. USA. 1028 p.
- SIAP. 2014. Producción nacional, estatal y municipal de maíz. Internet. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Fecha de consulta: 10/01/14.
- Syngenta. 2014a. Ficha técnica del insecticida Denim[®] 19 CE. Internet. <http://www.syngenta.com.mx/denim-19-ce.aspx>. Fecha de consulta: 20/01/14.
- Syngenta. 2014b. Ficha técnica del insecticida Crymax[®] GDA. Internet. <http://www.syngenta.com.mx/crymax-gda.aspx>. Fecha de consulta: 20/01/14.
- Terrones, S. J. 2012. Adaptación y rendimiento de genotipos de maíz en Huitzaco, Gro. Tesis de licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero. México. 80 p.



José Terrones Salgado (2015)

- Tinoco, A. C. A. 2002. Evaluación de genotipos de maíz, durante el ciclo de primavera-verano del 2002 en el sur de Veracruz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Acayucan, Veracruz. México. pp. 7.
- Trujillo, C. A. 2005. Evaluación del rendimiento de genotipos comerciales de maíz en la región tropical (zona baja) del estado de Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Zacatepec, Morelos. México. pp. 27 pp.
- Vergara, O., Pitre, H., and Parvin. D. 2001. Economic evaluation of lepidopterous pests in intercropped sorghum and maize in southern Honduras. *Tropical Agriculture* 78(3): 190-199.
- Yu, S. J. 1991. Insecticide resistance in the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* [J. E. Smith]. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 39: 84-91.