



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

**USO DE CENTINELAS PARA MONITOREAR PARASITISMO EN
HUEVOS DE GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*)
EN EL CULTIVO DE SORGO**

Tesis que presenta:

RAMÍREZ GONZÁLEZ BRENDA

Como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERÍA EN AGRONOMÍA

Tuxtepec, Oaxaca.

Marzo de 2018



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE
LA CUENCA DEL PAPALOAPAN



COLEGIO DE POSTGRADUADOS
CAMPUS, MONTECILLO.

USO DE CENTINELAS PARA MONITOREAR PARASITISMO EN HUEVOS
DE GUSANO COGOLLERO (*Spodoptera frugiperda*) EN EL CULTIVO DE
SORGO

RAMÍREZ GONZÁLEZ BRENDA

No. de control: 13810094

DIRECTOR INTERNO DE TESIS:

M. A. E. MERCEDES MURAIRA SOTO

DIRECTOR EXTERNO DE TESIS:

M. C. SUSANA EVA RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

PERIODO DE REALIZACIÓN:

JULIO – NOVIEMBRE 2017

SAN BARTOLO, TUXTEPEC, OAX. MARZO 2018

El presente proyecto de tesis, de la C. **Brenda Ramírez González**, denominado **Uso de centinelas para monitorear parasitismo en huevos de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de sorgo**, que se desarrolló en **el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México**, fue revisado y aprobado por el:

DIRECTOR INTERNO DE TESIS

M. A. E. Mercedes Muraira Soto.



DIRECTOR EXTERNO DE TESIS

M. C. Susana Eva Rodríguez Rodríguez.



MARZO DE 2018

El presente proyecto de tesis, de la C. **Brenda Ramírez González**, denominado **Uso de centinelas para monitorear parasitismo en huevos de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en el cultivo de sorgo**, que se desarrolló en **el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México**, fue revisado y aprobado para su impresión por el Honorable jurado integrado por:

PRESIDENTE

M. A. E. Mercedes Muraira Soto.



SECRETARIO

ING. Enrique Cavazos Arizpe.



VOCAL

M. E. Herminia Domínguez Palmeros.



MARZO DE 2018

AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de Postgraduados Campus Montecillo** por las facilidades brindadas durante la realización de la Tesis.

Al **Instituto Tecnológico de la Cuenca del Papaloapan** por darme el privilegio de formarme en esta institución.

Al **CESAVEG (Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato)**, por el financiamiento del proyecto “BÚSQUEDA DE PARASITOIDES DE HUEVO DE *Spodoptera frugiperda* EN CULTIVOS DE MAÍZ Y SORGO EN EL ESTADO DE GUANAJUATO” del cual forma parte este trabajo de tesis.

Al **Dr. J. Refugio Lomelí Flores** por la asesoría otorgada durante la realización del experimento, por sus enseñanzas impartidas en el curso de Control Biológico, por la paciencia que me tuvo y por su invaluable ayuda en la toma de datos.

Al **Dr. Héctor González Hernández**, por haberme aceptado para realizar la estancia de investigación, por el apoyo otorgado y por las sugerencias para la mejora de este trabajo.

Al **Dr. Esteban Rodríguez Leyva** por su apoyo otorgado y por las observaciones realizadas al trabajo.

A la **M. C. Susana Eva Rodríguez Rodríguez** por su valioso tiempo, dedicación, por sus observaciones para enriquecer el trabajo y por su apoyo desinteresado en la redacción de la Tesis.

Al **M. C. Oscar Eduardo Hernández Torres** por enseñarme el proceso de cría de *Spodoptera frugiperda* y por su gran paciencia.

Al **M. C. Jorge M. Valdez Carrasco**, por su ayuda en la toma de fotografías para esta investigación.

Al **Dr. Juan Manuel Vanegas Rico** por su gran ayuda en el trabajo de campo.

A todo el equipo de trabajo de **Control Biológico**, gracias por su gran amistad y las enseñanzas recibidas.

A la **M. A. E. Mercedes Muraira Soto** por su ayuda en la revisión del trabajo.

A la **M. E. Herminia Domínguez Palmeros** y al **Ing. Enrique Cavazos Arizpe** por haber invertido su tiempo en la revisión de este trabajo.

A mis **Profesores**, no sólo de la carrera sino de toda la vida, porque de alguna manera forman parte de lo que ahora soy.

Al **Ing. Héctor Villarreal** por su gran solidaridad.

A **Daniel Ramírez Cerón** por los ánimos brindados.

A **Noel, Abigail y Yolanda** por compartir momentos gratos en la estancia de investigación.

DEDICATORIA

En primer lugar le agradezco a **Dios**, por ayudarme a terminar este trabajo de investigación, por darme fuerzas para hacer este sueño realidad y por estar conmigo en cada momento de mi vida.

Con alegría le dedico este trabajo a mi **Madre la Sra. Elena González Porras** por su apoyo incondicional, por estar conmigo en cada etapa de mi vida, por ser una gran amiga, consejera, por darme esta gran oportunidad de escalar un peldaño más y por ser la motivación más importante en mi vida. Te amo “Mami”.

Papá Félix †, este logro también es tuyo, gracias por las enseñanzas que me diste en vida y por el espíritu de lucha constante para salir adelante. Te amo “Papi”.

A mis queridos hermanos: **Iván, Elsa, Mauricio, Belem y Fátima** por compartir su tiempo, por la gran armonía familiar y por alentarme con sus hermosas palabras.

A mis hermosos sobrinos: **Giovanny, Chaicito, Dudu y Mateo** por sus hermosas sonrisas y alegrías en cada momento.

A ti **Joel** por tu paciencia, por la confianza que me has dado y por estar a mi lado dándome siempre ánimos.

A la familia **Vázquez Beteta** por su solidaridad y gratos momentos compartidos.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1. 1. OBJETIVOS.....	3
1. 1. 1. Objetivo general.....	3
1. 1. 2. Objetivos específicos	3
1. 2. HIPÓTESIS	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2. 1. <i>Spodoptera frugiperda</i> J. E. Smith.....	5
2. 1. 1. Clasificación taxonómica de <i>S. frugiperda</i> J. E. Smith	5
2. 1. 2. Ciclo de vida de <i>S. frugiperda</i> J. E. Smith.....	6
2. 1. 3. Características morfológicas de <i>S. frugiperda</i> J. E. Smith	7
2. 1. 4. Importancia económica de <i>S. frugiperda</i> J. E. Smith	7
2. 1. 5. Control biológico de <i>S. frugiperda</i> J. E. Smith	8
2. 2. <i>Sorghum vulgare</i> Pers	9
2. 2. 1. Clasificación taxonómica de <i>S. vulgare</i> Pers	9
2. 2. 3. Importancia económica de <i>S. vulgare</i> Pers.....	10
3. MATERIALES Y MÉTODOS	11

3. 1. MATERIAL BIOLÓGICO	12
3. 2. EXPERIMENTOS	12
3. 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	18
4. RESULTADOS	19
4. 1. COMPARACIÓN DE DOS FORMAS DE EXPOSICIÓN DE HUEVOS CENTINELAS DE <i>S. frugiperda</i> A PARASITISMO POR <i>T. pretiosum</i>	19
4. 2. EFECTO DE ALMACENAMIENTO EN FRÍO SOBRE EL PORCENTAJE DE ECLOSIÓN DE <i>S. frugiperda</i>	20
4. 3. EFECTO DEL PERIODO DE ALMACENAMIENTO EN FRÍO DE HUEVOS DE <i>S. frugiperda</i> SOBRE EL PARASITISMO DE <i>T. pretiosum</i>	21
4. 4. DISCUSIÓN	22
5. CONCLUSIONES	25
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Ubicación del Área de estudio.....	11
Figura 2. Métodos de exposición de centinelas a parasitismo de <i>T. pretiosum</i>	14
Figura 3. Almacenamiento de masas de <i>S. frugiperda</i> para emergencia de larvas.....	15
Figura 4. Masas de huevo de <i>S. frugiperda</i> fotografiadas antes de someterlas a parasitismo por <i>T. pretiosum</i>	16
Figura 5. Selección de hembras de <i>T. pretiosum</i>	17
Figura 6. Métodos de exposición de huevos de <i>S. frugiperda</i> a <i>T. pretiosum</i> (t= 1.20; GL= 38; P= 0.3444).	20
Figura 7. Porcentaje de emergencia de larvas de <i>S. frugiperda</i> . (F= 1.52; GL= 19,6; P= 0.23).	21
Figura 8. Parasitismo por <i>T. pretiosum</i> en huevos de <i>S. frugiperda</i> de cero a seis días de almacenamiento en frío. (F= 1.1; GL= 26,6; P= 0.39).	22

RESUMEN

Spodoptera frugiperda es una plaga de importancia económica por los daños y pérdidas que causa en algunas gramíneas. Para su control existen varias estrategias de manejo, una de ellas es el control biológico mediante el uso de enemigos naturales, principalmente parasitoides del género *Trichogramma*; sin embargo, existen algunos problemas en su implementación. En este trabajo el objetivo fue usar centinelas para monitorear el grado de parasitismo de *Trichogramma pretiosum* sobre huevos de *S. frugiperda* con diferentes edades y con diferente método de exposición y se determinó la viabilidad de los huevos almacenados a 10 °C. Se realizaron tres experimentos, en el primero se expusieron a parasitismo masas de huevos con dos métodos, 1) utilizando un vaso de plástico como protección y otro engrapando la masa directamente en una hoja de sorgo, se aplicó una Prueba t de Student que indicó que no existe diferencia significativa entre los métodos utilizados ($t= 1.20$; $GL= 38$; $P= 0.3444$). En el segundo experimento, se determinó si el efecto de almacenamiento en frío de los huevos de *S. frugiperda* afecta su viabilidad, un análisis de varianza indicó que no hay diferencia significativa entre los tratamientos ($F= 1.52$; $GL= 19,6$; $P= 0.23$). Finalmente, en un tercer experimento se determinó si el tiempo de almacenamiento de los huevos de *S. frugiperda* afecta su aceptación por el parasitoide *T. pretiosum*, el análisis de varianza indicó que no existe diferencia significativa entre el parasitismo y el tiempo de almacenamiento de los huevos ($F= 1.1$; $GL= 26, 6$).

ABSTRACT

Spodoptera frugiperda, is a plague of economic importance for the damages and losses it causes in some gramineas. For its control there are several management strategies, one of them is biological control through the use of natural enemies, mainly parasitoids of the genus *Trichogramma*; however, there are some problems in its implementation. In this work the objective was to use sentinels to monitor the degree of parasitism of *T. pretiosum* on eggs with different ages of *S. frugiperda* and with different method of exposure and the viability of eggs stored in cold was determined. Three experiments were carried out, in the first one *S. frugiperda* egg masses were exposed to parasitism with two methods, 1) using a plastic cup as protection and another stapling the egg masses in a piece of paper directly on a leaf of sorghum, a Student's t test was applied indicating that there is not a significant difference between the methods used ($t= 1.20$, $GL= 38$, $P = 0.3444$). In the second experiment, it was assessed if cold storage of eggs of *S. frugiperda* affects the eggs viability, an analysis of variance indicated that there is not a significant difference between the treatments used ($F= 1.52$, $G = 19, 6$; $P= 0.23$). Finally, in a third experiment, egg masses were stored from zero to six days of age and exposed to parasitism by *T. pretiosum*, the analysis of variance indicated that there is not a significant difference between parasitism and egg storage time ($F= 3.34$, $GL= 28$, $P= 0.0131$).

1. INTRODUCCIÓN

El sorgo es una gramínea de origen tropical, considerado como uno de los cultivos a nivel mundial que aportan seguridad alimentaria. Se caracteriza por presentar un sistema radical muy desarrollado y profundo, y por mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo (Carrasco *et al.*, 2011).

A nivel mundial la producción del sorgo es de 63.7 millones de toneladas. Los principales países productores son Estados Unidos, India, Nigeria, China y México (FIRA, 2016). En México la superficie sembrada es de 864,880 hectáreas (SIAP, 2017), aunque hace un par de años era superior a las dos millones de ha. Los principales estados productores son Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Sonora (Ramírez *et al.*, 2006).

Existen diversas plagas que atacan a este cultivo, causando severos daños durante varias etapas de desarrollo. Una de las principales plagas es *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, mejor conocida como gusano cogollero (Avilés & Guevara, 2007). Esta plaga se distribuye ampliamente en las zonas tropicales y subtropicales del Continente Americano, además del sorgo también ataca a otros cultivos de importancia económica (Jaramillo *et al.*, 1989).

El principal daño lo causan las larvas y su incidencia depende del estado fenológico del cultivo (INTA, 2014). La principal causa es la defoliación completa, dañando el meristemo apical en desarrollo (Sauceda *et al.*, 2015).

Existen varias estrategias de control para esta plaga, una de ellas es el control biológico mediante el uso de enemigos naturales, entre los que destacan los parasitoides, la literatura indica que se han identificado más de 100 especies, de las cuales en México se registran un poco más de 40 (Ashley, 1979; Molina *et al.*, 2001). Los parasitoides más abundantes y empleados han sido los que atacan huevos, en particular del género *Trichogramma*. A nivel mundial se tienen descritas 180 especies de *Trichogramma*, 68 especies se encuentran en Norte América, reportándose 23 especies para México, entre ellas *T. pretiosum* Riley, *T. minutum* Riley, *T. exiguum* Pinto & Platner, *T. atopovirilia* Oatman & Platner, *T. californicum* Nafaraja and Nagarkatti, *T. erebus* Pinto, *T. fasciatum* Perkins (Pinto, 1998).

La importancia del conocimiento de las especies de *Trichogramma* en regiones agrícolas permite conocer la diversidad de éstas, lo cual origina una mayor eficacia en el control de plagas. Una estrategia empleada para identificar las especies de parasitoides de huevos de lepidópteros o evaluar el grado de control que ejercen sobre la plaga objetivo es el uso de centinelas; sin embargo, existen algunos problemas en su implementación como son: a) ¿Qué edad de huevos deben ser expuestos a parasitismo?; b) ¿Cuál es el método de exposición más efectivo?; c) ¿Los huevos refrigerados pueden ser igualmente efectivos para detectar

parasitismo en campo? Para resolver algunas de estas incógnitas se plantearon los siguientes objetivos.

1. 1. OBJETIVOS

1. 1. 1. Objetivo general

- Determinar la eficiencia del uso de centinelas para monitorear el grado de parasitismo en huevos de *Spodoptera frugiperda*.

1. 1. 2. Objetivos específicos

- Comparar dos formas de exposición de centinelas a parasitismo de *Trichogramma pretiosum*.
- Determinar si el efecto de almacenamiento en frío afecta el porcentaje de eclosión de *Spodoptera frugiperda*.
- Comparar el efecto del periodo de almacenamiento en frío de huevos de *Spodoptera frugiperda* sobre el parasitismo de *Trichogramma pretiosum*.

1. 2. HIPÓTESIS

1. A través del método de exposición por vaso se obtendrá un porcentaje de parasitismo mayor que a través del método por engrapado.
2. El porcentaje de emergencia de larvas de *S. frugiperda* será afectado por el tiempo de almacenamiento en frío de los huevos.
3. El porcentaje de parasitismo por *T. pretiosum* será afectado por el tiempo de almacenamiento de los huevos de *S. frugiperda*.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Esta sección comprende las generalidades de la plaga y del cultivo, tales como: clasificación taxonómica, ciclo de vida, características morfológicas, importancia económica y control biológico.

2. 1. *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith

S. frugiperda mejor conocida como gusano cogollero, es una plaga americana polifitófaga con amplia distribución geográfica (Morales *et al.*, 2010), se encuentra en los trópicos y subtrópicos, en todas las regiones agrícolas del mundo (Sparks, 1979; Andrews, 1980). Esta palomilla pertenece a la familia Noctuidae y es de suma importancia económica, pues las larvas son voraces, capaces de desplazarse a grandes distancias cuando se escasea el alimento (Artigas, 1994), por lo que se considera una de las plagas insectiles de mayor importancia económica en el país (Zenner de Polanía *et al.*, 2007), pues es capaz de alimentarse de más de 80 cultivos, y si no se realizan acciones de control puede causar reducciones significativas del rendimiento de cereales importantes como el maíz, arroz y sorgo (FAO, 2017).

2. 1. 1. Clasificación taxonómica de *S. frugiperda* J. E. Smith

La clasificación de esta especie de acuerdo a Banda (1981):

Reino: Animalia.

Phylum: Arthropoda.

Subphylum: Mandibulata.

Clase: Insecta.

Subclase: Pterygota.

Orden: Lepidoptera.

Suborden: Frenatae.

Familia: Noctuidae.

Género: *Spodoptera*.

Especie: *S. frugiperda*.

2. 1. 2. Ciclo de vida de *S. frugiperda* J. E. Smith

El ciclo de vida de este insecto es de tipo holometábolo y consta de cuatro etapas, huevo, larva, pupa y adulto (FAO, 2017). El tiempo de desarrollo del huevo varía de 3 a 5 días, mientras que las larvas pasan por seis instares en un tiempo que oscila desde 14 hasta 21 días, después de este periodo se entierran en el suelo donde pupan; el periodo de desarrollo de este último estado dura entre 9 y 13 días (Perales y Arredondo, 1999). Posteriormente emergen los adultos que después de la copula ovipositan huevos en masas de 100 a 200, durante la noche (Ramírez *et al.*, 1987), éstos son esféricos de 0.5 mm de diámetro. Independientemente del estado fenológico del cultivo los huevos son colocados sobre las hojas, en la parte media de la planta, preferentemente en el envés de la misma (INTA, 2014). Al nacer las larvas estas se alimentan inicialmente del corión del huevo y

posteriormente lo hacen raspando la epidermis foliar (Ramírez *et al.*, 1987). Esta plaga tiene hábitos caníbales, por esta razón sólo se puede encontrar una sola larva en el cogollo (Álvarez, 1991; Murillo, 1991).

2. 1. 3. Características morfológicas de *S. frugiperda* J. E. Smith

El cuerpo del adulto de *S. frugiperda* mide alrededor de 1.8 cm de longitud y 3.8 cm de extensión alar (Nieto, 1983). Los machos en el área costal de las alas anteriores presentan coloración pálida; además, posee una mancha elíptica blanquecina cerca del centro, y a un lado de ésta, una franja diagonal clara dirigida del margen costal al centro del ala. También presenta una pequeña mancha blanquecina en el margen apical. Las hembras presentan una mancha elíptica en el margen costal delimitado por una línea clara. Las larvas, en el octavo segmento abdominal, en vista dorsal, presentan cuatro puntos negros en forma de cuadrado que corresponden a los pináculos setíferos dorsales, son prominentes y carecen de microespinas. La cabeza presenta áreas adfrontales de color blanco-amarillo, en forma de “Y” invertida (Bautista, 2006).

2. 1. 4. Importancia económica de *S. frugiperda* J. E. Smith

En México es una de las plagas de mayor importancia económica, afecta principalmente gramíneas, como maíz y sorgo, por lo que su presencia se considera endémica, es decir, siempre existen poblaciones que causan

daño en mayor o menor proporción al cultivo (Zenner de Polanía *et al.*, 2007).

Las larvas de los últimos estadios ocasionan defoliaciones completas, dejando sólo las nervaduras de la planta (Carpinera, 1999). Aunque su manejo se basa principalmente en el uso de insecticidas sintéticos, existe una comunidad numerosa de enemigos naturales que tienen potencial para ser utilizados en programas de control biológico.

2. 1. 5. Control biológico de *S. frugiperda* J. E. Smith

El control biológico es una disciplina amplia, que se basa en el principio natural de que una especie de organismo se alimenta o se reproduce de otro (Madrigal, 2001). Dentro del control biológico se utilizan parasitoides, depredadores y microorganismos entomopatógenos (García y Tarango, 2009). Para *S. frugiperda* se tiene conocimiento de la existencia de parasitoides de los géneros *Chelonus*, *Meteorus* y *Rogas* (Hymenoptera: Braconidae); *Campoletis* y *Pristomerus* (Hymenoptera: Ichneumonidae); *Euplectrus* (Hymenoptera: Eulophidae); *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae); *Archytas*, *Lespesia*, *Spallanzia* y *Winthemia* (Diptera: Tachinidae). Las cuales han sido localizados en diferentes grados de abundancia en diversas regiones del país (Carrillo, 1993). Dentro de la familia Trichogrammatidae se encuentran parasitoides de huevos de plagas principalmente del orden Lepidoptera, los cuales raramente exceden en tamaño de 0.7 mm de longitud. El número más grande de especies se encuentra en Norteamérica (68) y la región Paleártica (52 especies) (Pinto, 1998). Siendo las especies del

género *Trichogramma* las más importantes y usadas como agentes de control biológico (García *et al.*, 2011). Para el control del gusano cogollero está muy difundida la práctica de utilizar *T. pretiosum*, uno de los parasitoides de huevos de lepidópteros más comercializados en México.

2. 2. *Sorghum vulgare* Pers

S. vulgare Pers pertenece al grupo de los cereales y se emplea para la alimentación humana y para el ganado en América y Oceanía (Martínez *et al.*, 2012). El sorgo aporta elevadas cantidades de rastrojo que contribuyen a mejorar la cobertura de los suelos. Presenta un sistema radical muy desarrollado y profundo que le permite buena exploración del perfil del suelo contribuyendo a mejorar la estructura del mismo junto con las condiciones físicas, químicas y biológicas. Para aquellos que desean mantener una buena fertilidad en sus suelos, el sorgo es una alternativa y también es un cultivo ideal para sistemas de producción bajo siembra directa (Carrasco *et al.*, 2011).

2. 2. 1. Clasificación taxonómica de *S. vulgare* Pers

La clasificación de esta especie botánica de acuerdo a Artschwager (1948), es la siguiente:

Reino: Plantae.

Clase: Liliopsida.

Subclase: Liliidae.

Orden: Poales.

Familia: Poaceae.

Subfamilia: Panicoideae.

Género: *Sorghum*.

Especie: *S. vulgare*.

2. 2. 3. Importancia económica de *S. vulgare* Pers

La importancia de este cultivo ha aumentado considerablemente en los últimos años debido a su utilización en la alimentación humana. En la industria de panificación la harina de sorgo está tomando importancia, ya que se ha comprobado que puede sustituir hasta en un 50% a la de trigo, en las mezclas para la elaboración de pan, sin afectar la calidad de éste (CENTA, 2007). El cultivo se adapta a diversos climas y suelos. La importancia de este cultivo es indiscutible, puesto que se utiliza para las tendencias alimenticias del sector agropecuario en el aprovechamiento de forrajes bajo condiciones de temporal y pastoreo (Caamak-Cauich *et al.*, 2016).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Estado de México, sus coordenadas geográficas son 19.31°N, 98.53°O y tiene una altitud de 2 255.0 msnm (SMN, 2010). Limita al norte con los Municipios de Atenco, Chiconcuac, Chiautla, Papalotla y Tepetlaoxtoc; al sur con Chimalhuacán, San Vicente Chicoloapan, Ixtapaluca y Nezahualcóyotl; al este con el Estado de Puebla y Tlaxcala y al Oeste con Ciudad Nezahualcóyotl (Moreno, 2007), (Figura 1).

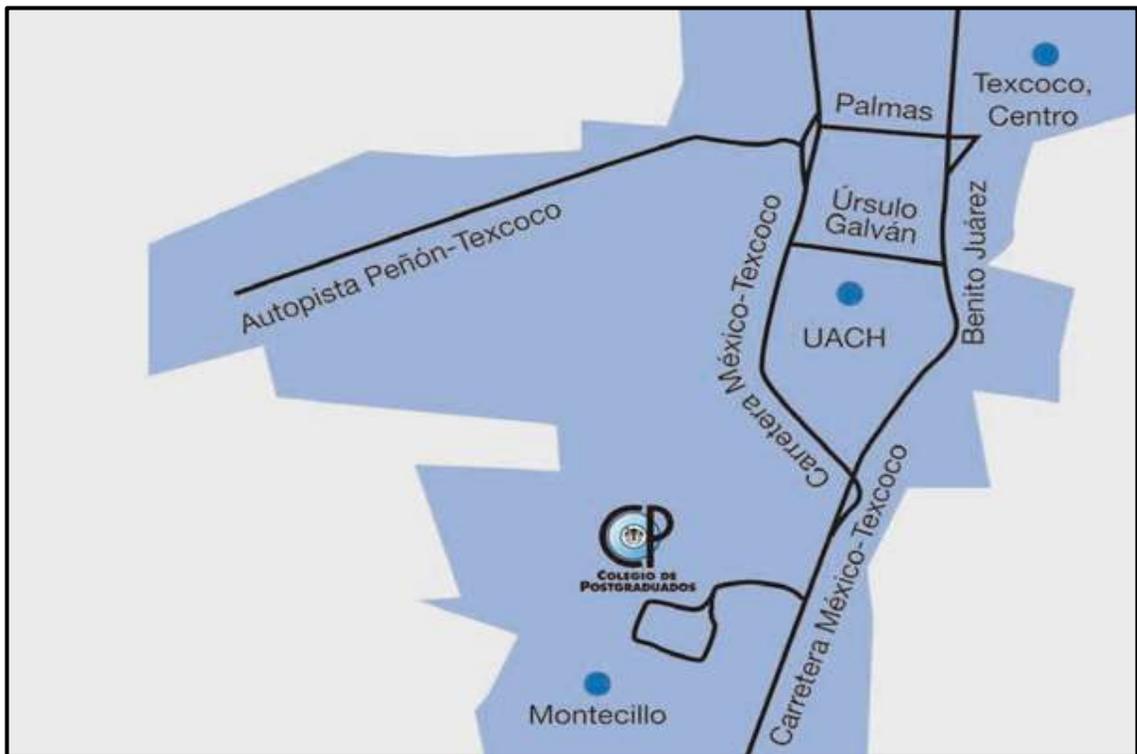


Figura1. Ubicación del Área de estudio¹

¹ www.colpos.mx

3. 1. MATERIAL BIOLÓGICO

Para los experimentos se utilizaron masas de huevo de *S. frugiperda*, los cuales se obtuvieron del laboratorio de Control Biológico del Postgrado en Fitosanidad-Entomología y Acarología, del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, donde se mantiene una cría, en condiciones de temperatura 26 ± 2 °C, humedad relativa de 75 ± 5 y un fotoperiodo de 12:12 (12 horas luz y 12 horas de oscuridad).

Los adultos de *T. pretiosum*, se obtuvieron de la empresa Organismos Benéficos para la Agricultura, S.A. de C.V de Autlán de Navarro, Jalisco. La presentación comercial, de estos parasitoides, consiste en una cartulina de una pulgada cuadrada de huevos de *Sitotroga cerealella* parasitadas. Dicha cartulina viene introducida en una bolsa de papel de estraza la cual está perforada para evitar la deshidratación. Cada cartulina contiene aproximadamente 3 000 huevos parasitados, mismos que van a eclosionar entre 1 a 3 días después de haberse recibido.

3. 2. EXPERIMENTOS

Para la presente investigación se realizaron tres experimentos, uno en campo y dos de laboratorio.

Experimento 1. Comparar dos formas de exposición de centinelas a parasitismo de *T. pretiosum*: De la cría de *S. frugiperda* se obtuvieron 40 masas de huevos de menos de 24 horas de edad, para ser utilizadas

como centinelas en campo. Estas centinelas se colocaron en cajas Petri de plástico (8.5 cm de diámetro y una altura de 1.5 cm) y para conocer el número total de huevos las masas fueron escaneadas utilizando un escáner HP SJ 300, posteriormente el conteo de huevos en cada masa se realizó con el programa ImageJ 2010.

En campo en un terreno de 100 m de largo por 15 m de ancho se seleccionaron al azar 20 plantas de sorgo de variedad Nogal Avante, las cuales se aislaron en una jaula de tela de organza color blanco con medidas de 2.80 m x 3 m. Una vez instalada la jaula se aspiró con una maquina RYOBI, “cycle”, con la finalidad de eliminar todos los enemigos naturales que había dentro.

Para el primer método de exposición se utilizaron 20 centinelas, las cuales se colocaron individualmente en el interior de vasos de plástico número 0 (4 cm de diámetro y una altura de 3.8 cm), modificados con una perforación en la parte central de la base donde se introdujo un hilo de cáñamo de 30 cm de largo, que sirvió para colgar las centinelas en las hojas de la planta del sorgo. En el segundo método de exposición se utilizaron las 20 masas centinelas restantes. Las masas de huevos estaban adheridas a un pedazo de papel de estraza, estas masas se engraparon directamente en el envés de las hojas del sorgo (Figura 2). Ambos métodos fueron aplicados en cada una de las plantas. Cada planta representó una unidad experimental. Posteriormente se procedió a liberar una pulgada cuadrada de *T. pretiosum* dentro de la jaula durante un periodo de 48 h, después las masas se retiraron, se escanearon nuevamente cada una para después mantenerlas en una

cámara de cría a 25 ± 2 °C. Se realizaron observaciones cada 24 h durante 8 días escaneando cada una de las masas para realizar conteos de huevos parasitados por día.



Figura 2. Métodos de exposición de centinelas a parasitismo de *T. pretiosum*.

Experimento 2. Determinar si el almacenamiento en frío afecta el porcentaje de eclosión de larvas de *S. frugiperda*: Para este experimento se utilizaron 35 masas de huevos de *S. frugiperda*. Se formaron siete grupos de cinco masas cada uno las cuales estuvieron en cajas Petri (2.9 cm de diámetro y una altura de 1.9 cm). El primero de los grupos se colocó inmediatamente en una cámara de cría a 25 ± 2 °C (este se consideró el testigo).

El resto de los grupos se sometieron a refrigeración en una cámara de cría a 10 ± 2 °C. Cada 24 horas se retiró un nuevo grupo y se colocó en la cámara de cría a 25 ± 2 °C; de esta manera se tuvieron masas refrigeradas a 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 días. Cada una de las masas fue fotografiada antes del almacenamiento en frío con una cámara Carl Zeiss, Discovery.V20.

Con ayuda del programa ImageJ se realizaron conteos para conocer el número de huevos durante un periodo de cero a seis días, éstas masas después de la primer toma de fotografía fueron colocadas en vasos de plástico número 0 (4 cm de diámetro y 3.8 cm de altura), con tapas perforadas para permitir la ventilación y posteriormente determinar la emergencia de larvas de *S. frugiperda* (Figura 3).



Figura 3. Almacenamiento de masas de *S. frugiperda* para emergencia de larvas.

Experimento 3. Efecto del almacenamiento en frío de huevos de *S. frugiperda* sobre el parasitismo de *T. pretiosum*: Se utilizaron 35 masas de huevos de *S. frugiperda* para este experimento. Diariamente por seis días consecutivos, se fueron almacenando en una cámara de cría a 10 ± 2 °C cinco masas de huevos de *S. frugiperda*; de esta manera al finalizar el sexto día se tuvieron masas con 0, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 días de almacenamiento, estas masas fueron fotografiadas con una cámara Carl Zeiss, Discovery.V20, después se colocaron en cajas de Petri con medidas (2.9 cm de diámetro y una altura de 1.9 cm) de manera individual (Figura 4).



Figura 4. Masas de huevo de *S. frugiperda* fotografiadas antes de someterlas a parasitismo por *T. pretiosum*.

Por otro lado, dos días antes de la exposición de las masas a parasitismo, se procedió a colocar cinco pulgadas cuadradas de *T. pretiosum* en cajas Petri con medidas (4 cm de diámetro y una altura de 1.7 cm) para esperar la emergencia de los parasitoides adultos. Una vez que se registró la emergencia de avispas con la ayuda de un tanque de CO₂ se adormecieron por 30 a 40 min para poder seleccionar 350 hembras mediante un microscopio estereoscopio Carl Zeiss Wets Germany 475200-9901. Cada una de las 35 masas de huevos de *S. frugiperda*, se colocaron de manera individual en cajas Petri junto con 10 hembras de *T. pretiosum* y se almacenaron en una cámara de 25° C durante 24 h. Después de 8 días de haber retirado los parasitoides, las masas fueron fotografiadas para realizar el conteo de huevos parasitados con el programa ImageJ (Figura 5).



Figura 5. Selección de hembras de *T. pretiosum*.

Consideraciones de evaluación: Cuando los huevos de *S. frugiperda* son parasitados por *T. pretiosum* presentan coloración negruzca brillante. Después de 8 a 10 días de que los huevos fueron parasitados se logra observar la emergencia de parasitoides (avispas). En el conteo de huevos con el programa ImageJ se tomó en cuenta: huevos parasitados, huevos colapsados y huevos no parasitados (coloración clara) para poder llevar a cabo los análisis correspondientes en cada experimento.

3. 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa Statistix 8.1. Se comparó el porcentaje de parasitismo entre ambos métodos de exposición de centinelas a parasitismo por *T. pretiosum* mediante una Prueba t de Student; y para determinar si hubo efecto de almacenamiento en frío de huevos de *S. frugiperda* sobre la eclosión y parasitismo de *T. pretiosum* se usó un Análisis de varianza, y de encontrarse diferencias significativas entre tratamientos se compararían las medias de eclosión y parasitismo mediante una prueba de Tukey, con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

4. RESULTADOS

Una vez concluido este trabajo de investigación, se obtuvieron los siguientes resultados:

4. 1. COMPARACIÓN DE DOS FORMAS DE EXPOSICIÓN DE HUEVOS CENTINELAS DE *S. frugiperda* A PARASITISMO POR *T. pretiosum*

En este experimento se registró parasitismo por parte de *T. pretiosum* en huevos de *S. frugiperda*. En el tratamiento por engrapado se registró el 0.34% de parasitismo y en vaso un 0.43%. Notando que el vaso no influye como barrera física para el parasitoide y el parasitismo es igual ya sea engrapado o en vaso. De acuerdo con los resultados de la Prueba t de Student ($t= 1.20$; $GL= 38$; $P= 0.3444$) no se observó diferencia significativa del parasitismo en campo de *T. pretiosum* sobre las masas de *S. frugiperda* independientemente del método de exposición utilizado (Figura 6).

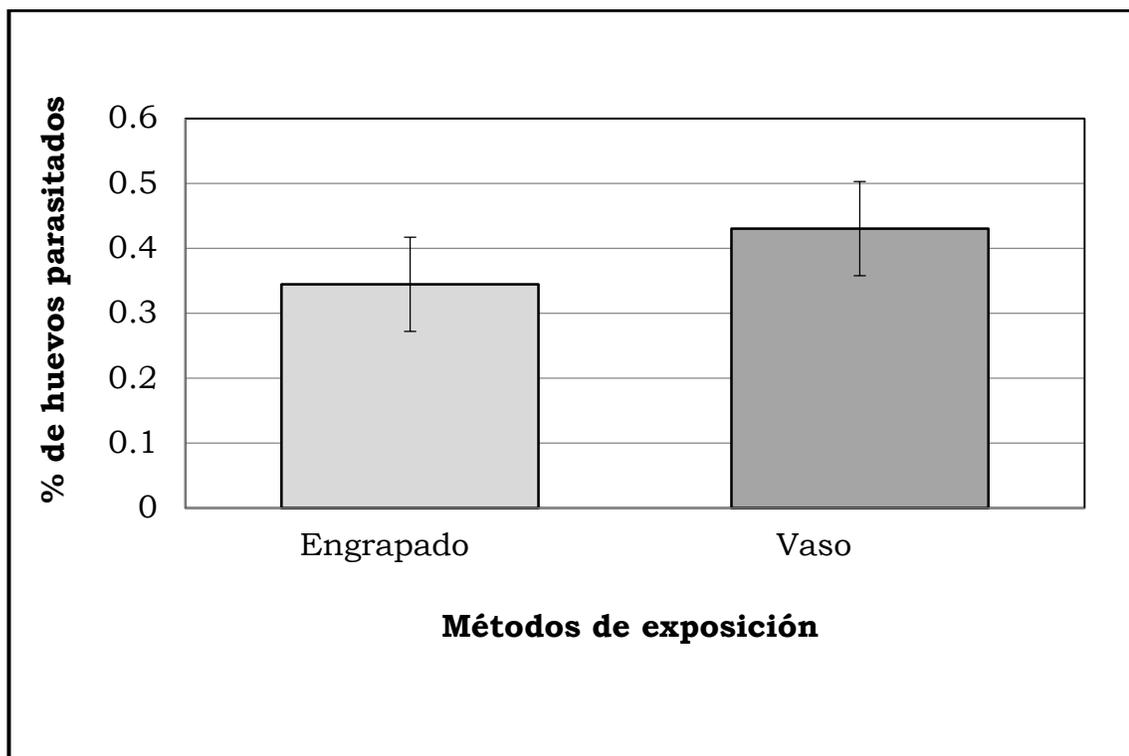


Figura 6. Métodos de exposición de huevos de *S. frugiperda* a *T. pretiosum* ($t= 1.20$; $GL= 38$; $P= 0.3444$).

4. 2. EFECTO DE ALMACENAMIENTO EN FRÍO SOBRE EL PORCENTAJE DE ECLOSIÓN DE *S. frugiperda*

En este experimento se registró emergencia de larvas de *S. frugiperda* de huevos con cero a seis días de almacenamiento. Mediante un análisis de varianza no se registró diferencia significativa entre los diferentes tiempos de almacenamiento de huevos ($F = 1.52$; $GL = 19,6$; $P = 0.23$), por lo tanto la emergencia de larvas es igual en los diferentes tiempos de almacenamiento (Figura 7).

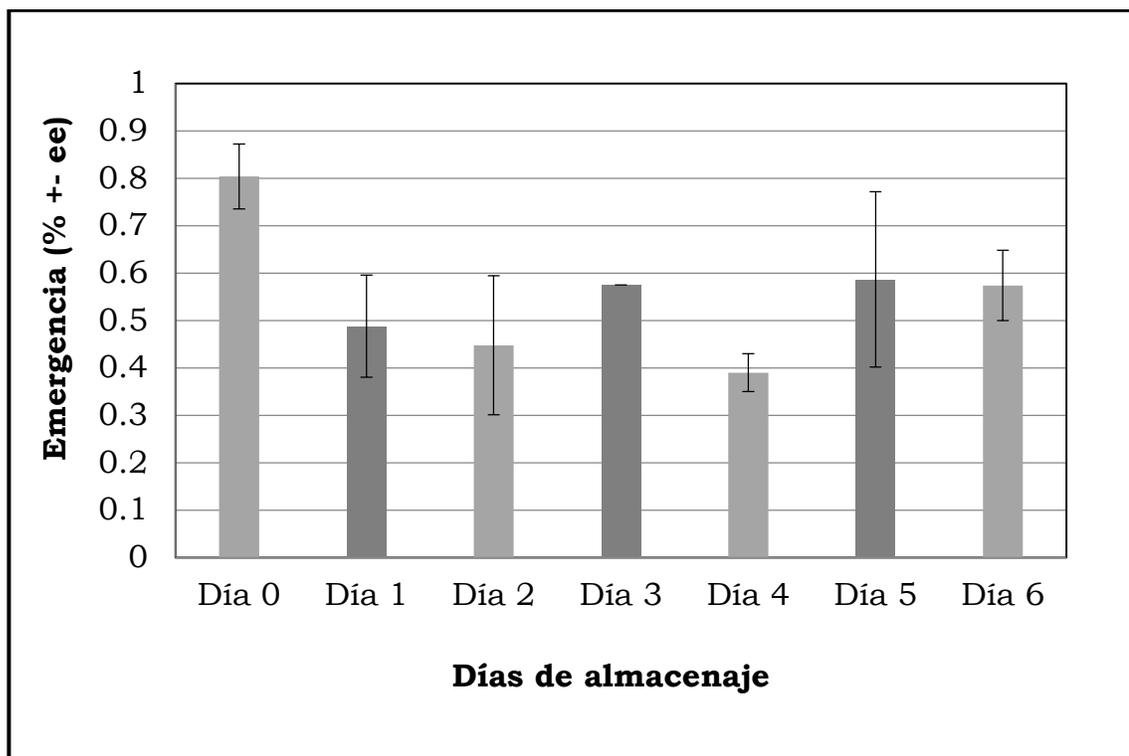


Figura 7. Porcentaje de emergencia de larvas de *S. frugiperda*. (F= 1.52; GL= 19,6; P= 0.23).

4. 3. EFECTO DEL PERIODO DE ALMACENAMIENTO EN FRÍO DE HUEVOS DE *S. frugiperda* SOBRE EL PARASITISMO DE *T. pretiosum*

Se registró parasitismo por *T. pretiosum* en masas de *S. frugiperda* almacenadas de 0 a 6 días. Mediante un análisis de varianza no registró diferencia significativa entre el parasitismo y el tiempo de almacenamiento de los huevos, se determina que no importa el tiempo de almacenamiento ya que los huevos de *S. frugiperda*, aún son viables para ser parasitados (F= 1.1; GL= 26, 6; P= 0.39) (Figura 8).

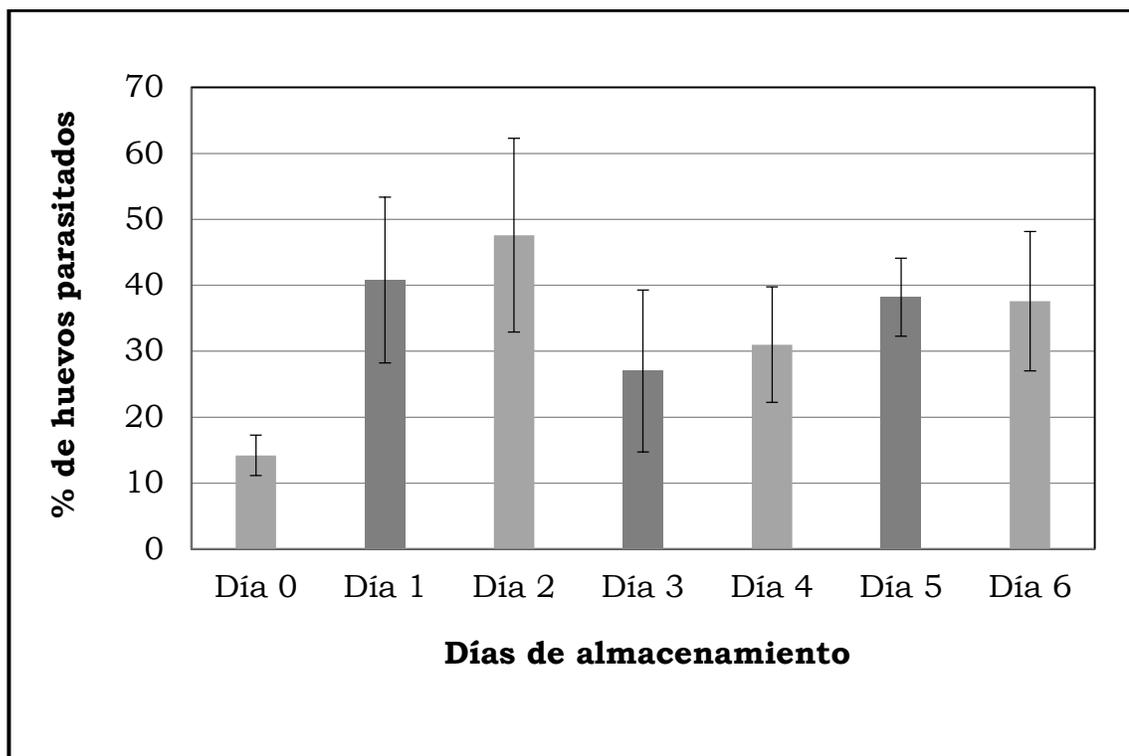


Figura 8. Parasitismo por *T. pretiosum* en huevos de *S. frugiperda* de cero a seis días de almacenamiento en frío. (F= 1.1; GL= 26,6; P= 0.39).

4. 4. DISCUSIÓN

En el presente trabajo se realizaron exposiciones de huevos *S. frugiperda* a parasitismo por *T. pretiosum* en laboratorio y centinelas (masas de huevos) en campo, mediante dos métodos de exposición distintos: en vasos de plástico y engrapadas directamente en las hojas del sorgo. En los experimentos de campo y laboratorio se observó parasitismo por *T. pretiosum*. Los resultados concuerdan con Bezerra-Dasilva *et al.*, (2015) quien también usó centinelas con un vaso en campo, demostrando que *T. pretiosum* efectivamente parasita a huevos de *S. frugiperda*, y

menciona que esta técnica es de gran uso para evaluar el control biológico de plagas.

Conforme a los resultados, el parasitismo que se reporta en este trabajo, el engrapado obtuvo el 0.3444% y en vaso 0.4304%. Beserra *et al.*, (2002), en experimentos de campo utilizando vasos para detectar parasitismo natural sobre gusano cogollero demostró que el parasitoide fue más frecuente en huevos de este lepidóptero fue *T. pretiosum*, notó que del total de masas parasitadas, el porcentaje de parasitismo por este tricogramátido fue de 93.79% y en segundo lugar encontró a *T. atopovirilia* Oltman & Platner con el 2.07%. También USAC (2013), reportó el 40% de parasitismo por *T. pretiosum* en huevos de éste lepidóptero. Bastos *et al.*, 2013 reportaron un 82.73 % de parasitismo por *T. pretiosum*. Mientras que Perales y Arredondo (1999), reportaron que las liberaciones de *T. pretiosum* no tienen ningún efecto, ya que no reflejan parasitismo alto en huevos de gusano cogollero debido al arreglo en capas que conforman las masas, y el ovipositor de esta especie no alcanzan los huevos que quedan en las capas inferiores, además las escamas puestas por la hembra impiden el acceso a los huevos de la capa superior. Cabe mencionar que en el presente estudio, las masas de huevos expuestos a parasitismo se seleccionaron de manera uniforme, ya que *S. frugiperda* oviposita por capas de huevos, y solo se tomaron masas con una sola capa, sin embargo, estudios realizados por Barbosa-Beserra & Postali-Parra (2005) mencionan que este insecto es incapaz de parasitar huevos ocultos.

En cuanto a los experimentos por el método de almacenamiento no se han realizado estudios para conocer el efecto que tienen en los huevos de *S. frugiperda*, con este trabajo se demostró que con 6 días de almacenamiento las masas de huevos aún son viables para poder ser expuestas a parasitismo, incluso se logró observar emergencia de parasitoides después de la exposición a *T. pretiosum*.

5. CONCLUSIONES

- El parasitismo por *T. pretiosum* sobre huevos de *S. frugiperda* de acuerdo con los resultados de este trabajo fue igual, independientemente del método de exposición usado en jaulas de campo.
- El almacenamiento en frío de huevos de *S. frugiperda* de cero a seis días no influyó en la eclosión de huevos, indicando que son viables para los días evaluados.
- El efecto de almacenamiento en frío de huevos de *S. frugiperda* de cero a seis días no influyó sobre el parasitismo de *T. pretiosum*.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, A. R. 1991. Reseña histórica y aspectos bioecológicos del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). In Memorias Seminario *Spodoptera frugiperda* (El gusano cogollero) en sorgo, maíz y otros cultivos. Zuluaga, J. L. Muñoz, G. (comp., ed.) Cali, Colombia 96p. Pág. 12-14.
- Andrews, K. L. 1980. The whorlworm, *Spodoptera frugiperda*, in Central America and neighboring areas. Florida. Entomologist, 63 (4): 456-467.
- Artigas, N.J. 1994. Entomología Económica. Insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos e introducidos y susceptibles a ser introducidos). Ediciones Universidad de Concepción, Chile (2): págs: 624-627.
- Artschwager, E. 1948. Anatomy and Morphology of the Vegetative Organs of Sorghum Vulgare. Technical Bulletin No. 957. United States Department of Agriculture Washington, D. C.
- Ashley, T. R. 1979. Classification and distribution of fall armyworm parasites. Florida Entomologist, 62: 114-123.
- Avilés, M. G & O. Guevara O. 2007. Comparación del rendimiento de biomasa y calidad nutricional en tres variedades de sorgo de doble propósito (CENTA S-2, CENTA S-3 Y RCV), bajo condiciones de riego por aspersión. Universidad de el Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental Departamento de Ciencias Agronómicas.

- Banda, J. F. 1981. Importancia económica de *Heliothis zea* (Boddie) y determinación del umbral económico, distribución matemática y muestreo secuencial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en maíz criollo. Tesis Doctorado, ITESM Monterrey Nuevo León: 74 pp.
- Barbosa-Beserra, E., & J. R. Postali-Parra. 2005 . Impact of the number of *Spodoptera frugiperda* egg layers on parasitism by *Trichogramma atopovirilia*. Universidad Estatal de Paraíba. Departamento de Farmacia y Biología.
- Bastos, S. T., C. Camera., V. Soares., L. Prado R., R. Barbosa Q & S. Poncio. 2013. Population fluctuation of *Spodoptera frugiperda* eggs and natural parasitism by *Trichogramma* in maize. Acta Scientiarum. Agronomy. 35: 295-300 Universida de Estadual Maringá, Brasil.
- Bautista-Martínez, N. 2006. Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco. México. Primera edición.
- Beserra, E., C. T. Dias & J. R. P. Parra. 2002. Distribution and natural parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn. Florida Entomologist, 85(4).
- Bezerra-Dasilva, C. S., J. Mendes-Vieira., M. Loíacono., C. Margaría & J. R. Postali-Parra. 2015. Evidence of exploitative competition amongn egg parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. Revista Colombiana de Entomología, 41(2): 184-186.
- Caamak-Cauich, I., V. G. Pat-Fernández & D. Martínez-Luis. 2016. Análisis de la producción del cultivo de sorgo en México y estado de Oaxaca.
- Carpinera, L. J. 1999. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). University of Florida. Publication No. EENY-98.

- Carrasco, N., M. Zamora., A. Melin., A. Bolletta., J. Marinissen., R. Gigón., H. Forján., S. Lagrange., P. Campos., L. Manso & M. Cicchino. 2011. Manual del sorgo. Ediciones INTA. 105 p.
- Carrillo, J. L. 1993. Síntesis del control biológico de *Heliothis* spp y *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en México. Folia Entomol. Mex. 87: 85-93.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2007. Guía Técnica del Sorgo. Primera edición.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2017. Ciclo biológico del gusano cogollero del maíz (en América Latina).
- FIRA (Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura). 2016. Panorama agroalimentario/Sorgo 2016. Dirección de investigación y Evaluación Económica Sectorial.
- García-González, F., R. Mercado-Hernández., A. González-Hernández & M. Ramírez-Delgado. 2011. Especies nativas de *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) colectadas en cultivos agrícolas del norte de México. Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Volumen XVII. Edición especial: 173-181.
- García, G & S. H. Tarango. 2009. Manejo biorracional del gusano cogollero en maíz. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico. No. 30.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2014. Alerta por la aparición temprana de la oruga cogollera en maíz. Boletín Entomológico-Informe Especial. N° 161.

- Jaramillo, A., O. Jaramillo., A. Bustillo & H. Gómez. 1989. Efecto del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) sobre el rendimiento del maíz. Revista Facultad Nacional de Agronomía, Vol. 42.
- Madrigal, A. 2001. Fundamentos del control biológico de plagas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. 453 p.
- Martínez, E., G. Fernández., F. Matus & F. J. Sol. 2012. Evaluación económica de la producción de sorgo (*Sorghum vulgare*) en el Istmo de Tehuantepec. Investigación y ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, 56: 11-17.
- Molina, J., J. J. Hamm., R. Lezama-Gutiérrez., M. López-Edwards., M. González-Ramírez & Pescador-Rubio, A. 2001. Encuesta de parasitoides del gusano cogollero (Lepidoptera: Noctuide) en los estados mexicanos de Michoacán, Colima, Jalisco y Tamaulipas: entomólogo de Florida, 84: 31-36.
- Morales, P., Y. Noguera., E. Escalona., O. Fonseca., C. Rosales., B. Salas., F. Ramos., E. Sandoval & W. Cabañas. 2010. Sobrevivencia larval de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) con dietas artificiales bajo condiciones de laboratorio. Agronomía, 60: 375-380.
- Moreno-Sánchez, E. 2007. Características territoriales, ambientales y sociopolíticas del Municipio de Texcoco, Estado de México. Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. Quivera, 9: 1. 177-206 pp.
- Murillo, A. 1991. Distribución, importancia y manejo del complejo *Spodoptera* en Colombia. In Memorias Seminario *Spodoptera frugiperda* El gusano cogollero en sorgo, maíz y otros cultivos. Zuluaga, J. L. Muñoz, G. (comp., ed.) Calí, Colombia 96: 15-23.

- Nieto, H. R. 1983. Biología, identificación de instares y efecto de diflubenzuron en *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Tesis Profesional, Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México.
- Perales, M. A & H. C. Arredondo. 1999. Sistema de producción del gusano cogollero (Lepidoptera: Noctuide) y su parasitoide *Chelonus insularis* (Hymenoptera: Braconidae). Ficha técnica..
- Pinto, J. D. 1998. Systematics of the North American species of *Trichogramma* Westwood (Hymenoptera: Trichogrammatidae). In: Mem. Entomol. Soc. Wash. 22. 287 p.
- Ramírez, A. L., R. Schwentesius-Rindermann., M. A. Gómez Cruz & E. Martínez Borrego. 2006. La organización de productores y los programas de comercialización del Sorgo en Guanajuato (México). Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía, 37:145.
- Ramírez, G. L., H. Bravo-Mojica. & C. Llanderal, C. 1987. Development of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) under different conditions of temperature and humidity. Agrociencia, 67: 161-171.
- Sauceda-Acosta, C. P., J. G. Quintana-Quiroz., G. A. Lugo-García., R. H. Sauceda-Acosta., A. Borbón-García., B. H. Sánchez-Soto & Casillas-Alvarez, P. 2015. Gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz de primavera, en Guasave, Sinaloa. Universidad Autónoma de Sinaloa, Escuela Superior de Agricultura del Valle del Fuerte. Campo Experimental Valle del Fuerte-Centro de Investigación Regional del Noroeste-Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Entomología Mexicana, 2: 404-410.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). 2010. (Online). Disponible en: <http://smn.cna.gob.mx/es/información-climatológica-ver-estado?estado=mex>. Consultado el 7 de febrero del 2018.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. (Online). Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNaciobal_sinPrograma.do. Consultado el 7 de febrero del 2018.

Sparks, A. N. 1979. A review of the biology of the fall armyworm. Florida. Entomologist, 62: 82-87.

USAC (Universidad de San Carlos de Guatemala). 2013. Identificación morfológica y molecular de especies nativas de *Trichogramma* asociadas a plagas de Lepidoptera en Chimaltenango. Dirección General de Investigación. Facultad de Agronomía.

Zenner de Polanía, I., H. Arévalo & R. Mejía. 2007. El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidóptera: Noctuidae) y algunas plantas transgénicas. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 1: 1. 103-113 pp.

7. APÉNDICE



Figura A 1. Cámara de Cría de *S. frugiperda* en laboratorio. Imagen por O. E. Hernández Torres.



Figura A 2. Elaboración de dieta para *S. frugiperda*.



Figura A 3. Masas de huevos de *Spodoptera frugiperda*.



Figura A 4. Daños ocasionados por larvas de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz.



Figura A 5. Pupas de *S. frugiperda* en condiciones de laboratorio.



Figura A 6. Instalación de jaula en campo para experimento 1.



Figura A 7. Liberación de *T. pretiosum* en el interior de una jaula de campo.

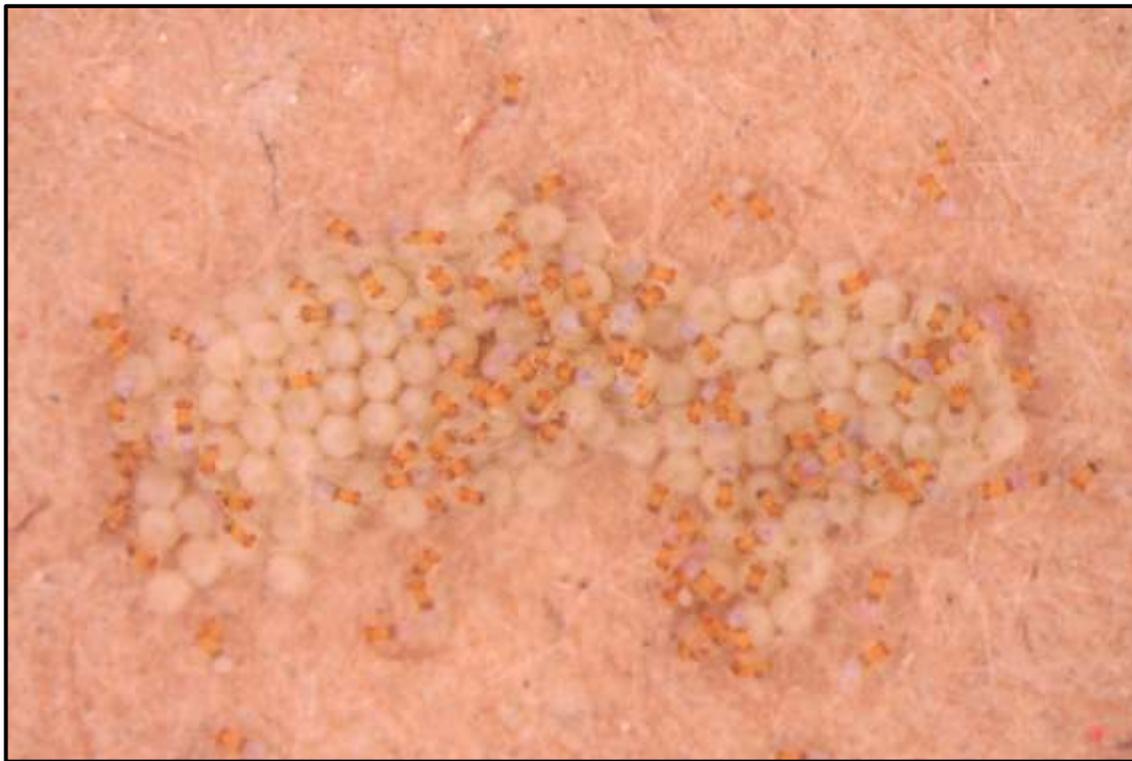


Figura A 8. *T. pretiosum* parasitando huevos almacenados de *S. frugiperda*. Imagen tomada por M. Valdéz-Carrasco.