

# ***Instituto Politécnico Nacional***



## ***CIIDIR- Unidad Oaxaca***

**Maestría en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de los  
Recursos Naturales**

**Protección y Producción Vegetal**

**“Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en  
monocultivo y policultivo de maíz en Reyes Mantecón, Oaxaca”**

**Alumna: Elia Jirón Pablo**

**Directora: M. en C. Laura Martínez Martínez**

Diciembre 2014



# INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO

## ACTA DE REVISION DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 26 del mes de noviembre del 2014 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca (CIIDIR-OAXACA) para examinar la tesis de grado titulada: "Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en monocultivo y policultivo de maíz en Reyes Mantecón, Oaxaca "


Presentada por la alumna:


<b>Jirón</b> <small>Apellido paterno</small>	<b>Pablo</b> <small>materno</small>	<b>Elia</b> <small>nombre(s)</small>
Con registro:		
A	1	3
0	1	1
8		


aspirante al grado de: **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**


Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACION DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISION REVISORA  
Directora de tesis

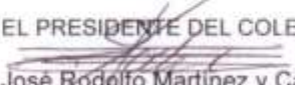
  
M. en C. Laura Martínez Martínez

  
Dr. Jaime Ruiz Vega

  
Dr. Celerino Robles Pérez

  
Dr. Jose Antonio Sanchez Garcia

  
Dr. Teodulfo Aquino Bolaños

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO  
  
Dr. José Rodolfo Martínez y Cárdenas  
Encargado de la Dirección





**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

*CARTA CESION DE DERECHOS*

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día 26 del mes de noviembre del año 2014, el (la) que suscribe Jirón Pablo Elia alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro A130118, adscrito al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca, manifiesta que es autor (a) intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la M. en C. Laura Martínez Martínez y cede los derechos del trabajo titulado, "Enemigos naturales de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en monocultivo y policultivo de maíz en Reyes Mantecón, Oaxaca", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección **Calle Hornos 1003, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca**, e-mail: [posgradoax@ipn.mx](mailto:posgradoax@ipn.mx) ó [elijaeron@hotmail.com](mailto:elijaeron@hotmail.com) se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Jirón Pablo Elia



CENTRO INTERDISCIPLINARIO  
DE INVESTIGACIÓN PARA EL  
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL  
C.I.D.I.R.  
UNIDAD OAXACA  
IPN

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	1
2. ABSTRACT .....	2
3. INTRODUCCION.....	3
4. REVISION DE LITERATURA.....	5
4.1. Importancia del maíz.....	5
4.2. Mono y policultivos de maíz.....	6
4.3. Plagas del maíz.....	7
4.4. Control de plagas.....	10
4.4.1. Control químico.....	10
4.4.2. Control mecánico.....	11
4.4.3. Control cultural.....	12
4.4.4. Control físico.....	12
4.4.5. Control biológico.....	13
4.4.5.1. Parasitoides.....	14
4.4.5.2. Depredadores.....	15
4.4.5.3. Patógenos.....	16
4.5. Métodos de Control biológico.....	17
4.5.1. Control biológico clásico.....	17
4.5.2. Control biológico por aumento.....	17
4.5.3. Control biológico por conservación.....	18
4.6. Control biológico de <i>S. frugiperda</i> en el mundo.....	18
4.6.1. Control biológico por aumento.....	18
4.6.2. Control biológico natural.....	19
4.7. Control biológico de <i>S. frugiperda</i> en México.....	20
4.7.1. Control biológico por aumento.....	20
4.7.2. Control biológico natural.....	20
5. OBJETIVOS.....	24
5.1 Objetivo general.....	24
5.2. Objetivos específicos.....	24

6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
6.1. Localización del área de estudio.....	25
6.2. Establecimiento de los cultivos.....	25
6.3. Infestación de <i>S. frugiperda</i> en monocultivo y policultivo.....	28
6.4. Parasitismo natural sobre larvas de <i>S. frugiperda</i> en monocultivo y policultivo.....	30
6.5. Control natural de huevos de <i>S. frugiperda</i> en monocultivo y Policultivo.....	31
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
7.1. Infestación por <i>S. frugiperda</i> en monocultivo y policultivo.....	34
7.2. Parasitismo natural sobre larvas de <i>S. frugiperda</i> en monocultivo y policultivo.....	41
7.3. Control natural de huevos de <i>S. frugiperda</i> en monocultivo y policultivo.....	47
8. CONCLUSIONES.....	51
9. LITERATURA CITADA.....	52

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Infestación por gusano cogollero en las parcelas de monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza.....	34
<b>Cuadro 2.</b> Análisis de varianza de los datos obtenidos a partir de la infestación, por factores e interacciones entre éstos.....	36
<b>Cuadro 3.</b> Comparación de medias correspondiente al factor cultivo.....	37
<b>Cuadro 4.</b> Comparación de medias correspondiente al factor ciclo de cultivo.....	37
<b>Cuadro 5.</b> Comparación de medias correspondiente al factor colecta.....	38
<b>Cuadro 6.</b> Comparación de medias correspondiente a las interacciones.....	39
<b>Cuadro 7.</b> Número de adultos obtenidos de las colectas en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., ciclos 2013 y 2014.....	42
<b>Cuadro 8.</b> Niveles de parasitismo en las parcelas de monocultivo y policultivo, en Reyes Mantecón, Oax. 2013 y 2014.....	43
<b>Cuadro 9.</b> Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a los datos de porcentaje de parasitismo en larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	44
<b>Cuadro 10.</b> Comparación de medias de los tratamientos de porcentaje de parasitismo en larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	45
<b>Cuadro 11.</b> Especies de parasitoides de <i>S. frugiperda</i> encontradas en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013 y 2014.....	46
<b>Cuadro 12.</b> Número de masas de huevos expuestas, sin depredación, sin emergencia y porcentaje de masas depredadas en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, 2013 y 2014.....	48
<b>Cuadro 13.</b> Depredadores encontrados sobre las masas de <i>S. frugiperda</i> en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, 2013.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Establecimiento de las parcelas de monocultivo y policultivo de maíz en la comunidad de Reyes Mantecón, 2013.....	25
<b>Figura 2.</b> Establecimiento de las parcelas de monocultivo y policultivo de maíz en la comunidad de Reyes Mantecón, 2014.....	27
<b>Figura 3.</b> Malformaciones en las plantas de maíz en la parcela de monocultivo, provocadas por residuos del herbicida.....	28
<b>Figura 4.</b> Representación gráfica de los puntos de muestreo dentro de las parcelas de mono y policultivo en Reyes Mantecón, Oax. ....	28
<b>Figura 5.</b> Procedimiento para la obtención de masas de huevos en el laboratorio, durante los ciclos de cultivo 2013 y 2014.....	32
<b>Figura 6.</b> Colocación de las masas de huevos en las parcelas de mono y policultivo, en Reyes Mantecón 2013 y 2014.....	33
<b>Figura 7.</b> Alimentación de las larvas procedentes de las parcelas de mono y policultivo en Reyes Mantecón, ciclos 2013 y 2014.....	33
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de infestación por <i>S. frugiperda</i> en la parcela con monocultivo y en la parcela con policultivo, en Reyes Mantecón, Oax., 2013.....	35
<b>Figura 9.</b> Porcentaje de infestación por <i>S. frugiperda</i> en la parcela con monocultivo y en la parcela con policultivo, en Reyes Mantecón, Oax., 2014.....	36
<b>Figura 10.</b> Edades (instares) de las larvas de <i>S. frugiperda</i> , colectadas por fecha y por cultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013.....	40
<b>Figura 11.</b> Instares de las larvas de <i>S. frugiperda</i> , colectadas por fecha y por cultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2014.....	41
<b>Figura 12.</b> Porcentaje de parasitismo sobre <i>S. frugiperda</i> en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013.....	43

<b>Figura 13.</b> Porcentaje de parasitismo sobre <i>S. frugiperda</i> en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2014.....	44
<b>Figura 14.</b> Ejemplares de parasitoides obtenidos sobre larvas de <i>S. frugiperda</i> en las parcelas de mono y policultivo, durante los ciclos 2013 y 2014, Reyes Mantecón.....	46
<b>Figura 15.</b> Larvas depredadoras encontradas sobre masas de huevos de <i>S. frugiperda</i> en las parcela de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013. a) <i>Coleomegilla maculata</i> (Coleoptera:Coccinellidae); b) <i>Toxomerus</i> sp. (Diptera:Syrphidae).....	48
<b>Figura 16.</b> Adultos de las larvas depredadoras encontradas sobre masas de huevos de <i>S. frugiperda</i> en las parcela de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013. a) <i>Coleomegilla maculata</i> (Coleoptera:Coccinellidae); b) <i>Toxomerus</i> sp. (Diptera:Syrphidae).....	49



## 1. RESUMEN

La finalidad de este trabajo fue evaluar la incidencia de la plaga de gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith), y la presencia de insectos benéficos en monocultivo y policultivo de maíz en dos ciclos de cultivo, en condiciones de temporal. En la comunidad de Reyes Mantecón, municipio de San Bartolo Coyotepec, Oaxaca se establecieron dos parcelas, una con monocultivo de maíz y otra con policultivo de maíz-frijol-calabaza. Se hicieron muestreos de larvas de gusano cogollero en las parcelas para estimar la infestación y parasitismo, además, se estimó la depredación de masas de huevos de *S. frugiperda* mediante el uso de centinelas. Los centinelas, masas de huevos de *S. frugiperda* se colocaron en hojas de las plantas de maíz y se retiraron después de 24 horas. Se encontró una mayor infestación de *S. frugiperda* en la parcela de monocultivo (15.2%) comparada con la de policultivo (2.68%). Con respecto al parasitismo no hubo diferencia entre el monocultivo (30.37%) y el policultivo (37.18%). Las especies de parasitoides encontradas fueron *Campoletis sonorensis* (Cameron), *Chelonus insularis* (Creson), *Pristomerus spinator* (Fabricius), *Lespesia* sp., *Archytas marmoratus* (Towsend) y *Chelonus sonorensis*. En lo referente a la depredación, en monocultivo se encontró una depredación de 28.10% y en policultivo de 51.82%. Los depredadores encontrados sobre los centinelas fueron el díptero *Toxomerus* sp (Diptera: Syrphidae) y la catarinita *Coleomegilla maculata* De Geer (Coleoptera: Coccinellidae).

## 2. ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the incidence of armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith) and the presence of beneficial insects in mono and polyculture cropping systems; that during two crop cycles under non-irrigated conditions. Two parcels were established in the village of Reyes Mantecón, municipality of San Bartolo Coyotepec, Oaxaca, one with monoculture corn (*Zea mays*) and another with polyculture corn-bean-squash cropping (*Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, *Cucurbita sp.*), samplings of armyworm's larvae were made in both parcels in order to estimate the infestation and the parasitism. The depredation of masses of *S. frugiperda*'s eggs also was estimated by using of sentinel eggs. The sentinel eggs, which are masses of *S. frugiperda*'s eggs were placed on the leaves of the corn plants and then removed, 24 hours later. The infestation was higher in monoculture (15.2%) than in the polyculture cropping (2.68%). In terms of parasitism there wasn't difference between the monoculture (30.37%) and the polyculture cropping (37.18%). The parasitoid species found were *Campoletis sonorensis* (Cameron) 1886, *Chelonus insularis* (Creson) 1863, *Pristomerus spinator* (Fabricius), *Lespesia sp.* and *Archytas marmoratus* (Towsend) and *Chelonus sonorensis*. Depredation, was higher in polyculture (51.28%) than monoculture cropping (28.10%). The depredators found were specimens of the *Toxomerus sp.* (Diptera: Syrphidae) and *Coleomegilla maculata* De Geer, 1975 (Coleoptera: Coccinellidae).

### 3. INTRODUCCIÓN

México es el hogar ancestral del maíz (*Zea mays* L.), este cultivo posee una gran diversidad genética en sus razas locales, es el cultivo nacional por excelencia, está en todos los estados, en todos los climas y en todas las altitudes; y se consume de distintas formas (Polanco y Flores, 2008).

Las mayores pérdidas en este cultivo son causadas por insectos y los costos para su control representan el gasto más importante de la producción a escala mundial. En México la principal plaga del maíz es el gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), la larva ataca el brote de la planta (cogollo) en prácticamente todas las etapas de su desarrollo causando pérdidas del 20% al 50% de la cosecha (Castro *et al.*, 2012).

El gusano cogollero se controla principalmente con productos químicos, lo que puede aumentar los problemas de contaminación en aguas subterráneas y superficiales contribuyendo a la degradación de los hábitats naturales (Tilman *et al.*, 2002); la resistencia que han generado las plagas a este tipo de sustancias y la aparición de plagas secundarias, han motivado a buscar otras opciones amigables con el medio ambiente, es por eso que los trabajos de investigación se han enfocado como principal alternativa al control biológico, ejercido en gran parte por parasitoides (Díaz *et al.*, 2012), sin dejar de mencionar a depredadores y patógenos (Castro *et al.*, 2012).

Con respecto al control biológico natural, diversos investigadores han hecho estudios de parasitismo natural en prácticamente todos los estados del país. En Oaxaca, Cruz-Sosa (2009) hizo un estudio de evaluación de parasitismo natural en larvas de *S. frugiperda*, encontrando 12 especies de parasitoides. Cuatro de la familia Braconidae: *Chelonus insularis* Cresson, *Chelonus* sp., *Cotesia marginiventris* (Cresson), *Homolobus truncator* (Say), cinco especies de la familia Ichneumonidae: *Campoletis sonorensis* (Cameron), *Campoletis* sp., *Pristomerus spinator* (Fabricius), *Ophion flavidus* Brullé, *Mesochorus* sp.; una especie de la

familia Eulophidae, *Euplectrus comstockii* Howard y dos de la familia Tachinidae, *Archytas* sp. y *Lespesia* sp.

Otra alternativa amigable con el medio ambiente que puede ser utilizada para el manejo de *S. frugiperda*, es el establecimiento de policultivos que es un sistema combinado de maíz-frijol-calabaza (*Z. mays* - *Phaseolus vulgaris* - *Cucurbita* sp.) (Castro *et al.*, 2012). Ya que como lo menciona Nicholls (2008) hay hipótesis que apoyan la idea de que los sistemas diversificados estimulan una mayor diversidad de artrópodos de tal manera que estos sistemas con asociaciones heterogéneas de plantas poseen más biomasa, recursos alimenticios y persistencia temporal, por tanto poseen más especies de insectos benéficos asociados y enemigos naturales en contraste con los sistemas de monocultivo, tal abundancia se ve reflejada en el aumento de depredadores y parasitoides.

Hasta ahora, los trabajos de investigación se han enfocado a hacer estudios de parasitismo natural en parcelas de maíz, pero no existen trabajos en donde se comparen los niveles de parasitismo y depredación en monocultivo y policultivo, por lo que en este trabajo de investigación se combinarán ambas estrategias, por un lado se evaluará la infestación de gusano cogollero, el parasitismo y depredación natural sobre huevos y por el otro se compararán estas evaluaciones en dos sistemas de cultivo; para lo anterior se establecieron durante dos ciclos de temporal, dos parcelas, una con monocultivo de maíz y otra con policultivo de maíz-frijol-calabaza, en la comunidad de Reyes Mantecón, región de Valles Centrales, Oaxaca

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1. Importancia del maíz

El maíz tuvo un papel central en el origen y la difusión de la agricultura, todas las civilizaciones indígenas de Mesoamérica dependieron en gran medida del cultivo del maíz; la gran variedad de metates, comales, los instrumentos de cultivo y la cerámica han demostrado su importancia. Adicionalmente, las ceremonias religiosas, festivales seculares, historias y leyendas sobre el origen del maíz y los grupos humanos, y los cientos de usos del grano y partes de la planta, ilustran su importancia en las culturas antiguas y actuales de México y del resto de Latinoamérica (Sánchez 2011).

En países desarrollados el maíz ha adquirido un sentido más utilitario, actualmente existe una tendencia creciente por la diversificación en su uso, ya que puede utilizarse para consumo humano y pecuario, en la industria se utiliza para la producción de almidón, glucosa, dextrosa, fructuosa, aceites, botanas y etanol, entre otros. Se emplea también en la elaboración de algunas bebidas alcohólicas y otros productos utilizados como materia prima en las industrias minera, textil, electrónica, farmacéutica y alimentaria (Polanco y Flores, 2008). El grano está de una u otra forma presente en la vida diaria de miles de millones de personas en el mundo, por ello Galinat, agrónomo y etnobotánico de la Universidad de Harvard, se refirió a este como el “grano de la humanidad” (Kato *et al.*, 2009).

México es el centro de origen del maíz, posee una gran diversidad genética en sus razas locales, es el cultivo nacional por excelencia: está en todos los estados, los climas y en todas las altitudes. Se siembran diversas variedades y se consume de distintas formas. La importancia del maíz en México va más allá de los aspectos puramente económicos y comerciales; tiene importantes valores culturales, simbólicos y espirituales, no es un producto agrícola más, su cultivo se realiza con la esperanza de obtener mucho más que solo ingresos monetarios (Polanco y Flores, 2008).

En el estado de Oaxaca cerca del 90% de la superficie cultivada con *Z. mays* se siembra con semillas criollas de diferentes razas, colores, texturas y ciclos de cultivo. Las razas predominantes son Bolita, Zapalote Chico, Cónico, Olotón y Mushito (Salinas *et al.*, 2013). En este estado se ubica una alta diversidad de colores de grano: blanco (63%), amarillo (20%), azul (7%) y rojo (5%) (Aragón *et al.*, 2006). Aunque la utilización de genotipos de grano blanco es mayor por la disponibilidad de variedades y hábitos de consumo, un sector de la población prefiere productos nixtamalizados derivados de maíces de grano azul, principalmente tortillas, tlacoyos y gorditas (Salinas *et al.* 2012).

## **4.2. Monocultivos y policultivos de maíz**

Las interacciones ecológicas presentes en agroecosistemas con cultivos establecidos por diferentes tipos funcionales de plantas (policultivos), permiten albergar una mayor diversidad de artrópodos, comparados con sistemas de monocultivos o sistemas unifuncionales. Herrera *et al.* (2005) hicieron un estudio en el que evaluaron la diversidad de la artropofauna presente en lotes con monocultivo y policultivo de maíz - frijol, en donde los estimadores mostraron que, en general, la mayor diversidad de artrópodos presentes estuvo en el policultivo.

Sin embargo, Altieri y Nicholls (2000) afirman que existe una tendencia hacia la expansión de los monocultivos a expensas de la vegetación natural circundante que sirve para mantener la biodiversidad del paisaje. Una consecuencia de esta tendencia es que la cantidad total de hábitat disponible para insectos benéficos está descendiendo a tasas alarmantes. Las implicaciones de la pérdida de hábitat para el control biológico de plagas pueden ser serias dada la evidencia que demuestra un incremento de plagas en los paisajes agrícolas homogéneos.

Desde el punto de vista económico, Songa *et al* (2007) mencionan que en África, agricultores tradicionales a pequeña escala practican el policultivo a fin de obtener una mayor productividad total de la tierra y como un seguro para un impredecible valor en el mercado de un solo cultivo.

### 4.3. Plagas del maíz

Hajek (2004) define formalmente a una plaga, como un organismo que reduce la disponibilidad, calidad o valor de algunos recursos del hombre, estos recursos pueden ser plantas o animales cultivados para su alimento. Menciona también que los invertebrados son miembros muy importantes de los ecosistemas, pero inevitablemente numerosos de éstos invertebrados (plagas) compiten con el hombre, destruyendo artículos construidos o almacenados por él; son portadores de patógenos, destruyen árboles, arbustos en selvas, bosques; infestan cuerpos de animales domésticos así como de humanos interna y externamente.

En México, la plaga más importante del cultivo del maíz es la palomilla *Spodoptera frugiperda* (Bastos *et al.*, 2004). Fernández (2002) menciona que esta plaga es considerada la más importante en toda Mesoamérica. Marín (2001) afirma que existen otras plagas que pueden estar presentes en el cultivo del maíz:

#### **Gusano de la semilla** (*Hylemia* spp).

Este insecto puede causar severos daños, las larvas perforan las semillas en germinación depositadas en el suelo y en ocasiones pueden penetrar el tallo.

#### **Escarabajo de la semilla** (*Stenolophus* sp).

Al alimentarse de la semilla este escarabajo destruye el germen, el daño se presenta cuando el inicio de la primavera es muy seco y la nacencia de las plántulas se retrasa.

#### **Gusano saltarín** (*Elasmopapus lignosellus*)

Los daños que causa la larva son muy severos, cuando la planta tiene de 15 a 30 cm de altura, la larva penetra al tallo 1 ó 2 cm arriba de la superficie del suelo. A consecuencia de este daño, la planta se debilita y se seca

### **Trips** (*Frankliniella williamsi*) Hood

Estos insectos empiezan a causar daños en cuanto las plántulas emergen. El daño llega a ser tan severo que las plantas infestadas dan la apariencia de falta de agua o nitrógeno; sin embargo al examinar la planta se observan grandes cantidades de pequeños insectos de color amarillo pajizo o blanco sucio.

### **Pulgón del cogollo** (*Rhopalosiphum maidis*) Fitch

El pulgón del cogollo puede afectar el desarrollo de las plantas; sin embargo, es más importante como transmisor de enfermedades virales.

### **Gallina ciega** (*Phillophaga* spp., *Cyclocephala* spp., *Macroductylus* spp., *Paranomalla* spp., *Diploaxis* spp., etc)

El daño se observa en manchones dentro del cultivo, generalmente de junio a septiembre. Las larvas se alimentan de las raíces de las plantas de maíz, sorgo, caña de azúcar, frijol, zanahoria, betabel, brócoli, coliflor y pasto alfombra.

### **Arrocillo o colaspis** (*Colaspis* spp.)

Las larvas se alimentan de las raíces de diversos cultivos, pero principalmente de maíz. Los adultos son muy voraces y se alimentan del envés de las hojas hasta dejar solo la nervadura.

### **Gusano de la raíz del maíz, diabrotica o alfilerillo** (*Diabrotica virgifera zea*) Krysan&Smith

El adulto se alimenta de polen, follaje y estigmas del maíz, razón por la cual al presentarse en grandes poblaciones impiden la fecundación y formación del grano. El daño primario a las plantas lo hacen las larvas al alimentarse de la raíz ocasionando el acame.

### **Gusano soldado** *Mythimna (=pseudaletia) unipuncta* (Hawort)

Las larvas de los primeros instares se alimentan de las hojas del maíz, de las que solo dejan el esqueleto. Más tarde las larvas de mayor desarrollo adquieren hábitos



gregarios y llegan a destruir plantas completas. El gusano soldado se alimenta al principio de las hojas inferiores y progresivamente sigue con las superiores. Debido a que estas orugas se alimentan durante la noche, pueden causar daños severos antes de ser detectadas. Una vez que terminan una fuente de alimento migran como un “ejército” en busca de otra.

### **Falso gusano soldado** (*Spodoptera exigua*) Hübner

El falso gusano soldado es una plaga polífaga, que ataca comúnmente a cultivos de maíz, sorgo, trigo, ajonjolí, verduras y legumbres. El daño se observa en hojas, puntas de crecimiento, inflorescencias y frutos o vainas.

### **Gusano Elotero** *Helicoverpa* (= *Heliothis*) *zea* (Boddie)

El daño principal que ocasiona el gusano elotero consiste en la destrucción de los granos de la punta del elote; además, la excreta de las larvas favorece la entrada de microorganismos que causan un mayor daño en el elote.

### **Gusano cogollero** (*Spodoptera frugiperda*) Smith

Es la plaga más voraz y dañina del cultivo del maíz. Los gusanos se localizan en el cogollo de las plantas, en donde se alimentan de las hojas en formación, las cuales al desarrollarse quedan perforadas y rasgadas; el ataque temprano causa la muerte de las plántulas o retraso en el desarrollo de la planta (Tilman *et al.*, 2012).

Bautista (2006) hace una descripción taxonómica de las palomillas de *S. frugiperda*; en el macho, el área costal de las alas anteriores son de coloración pálida; poseen una mancha elíptica blanquecina cerca del centro y a un lado de esta, una franja diagonal clara dirigida del margen costal al centro del ala.

La hembra de *S. frugiperda* presenta una mancha elíptica en el margen costal, delimitado por una línea clara.

En su estado larval en el octavo segmento abdominal, en vista dorsal, presenta cuatro puntos negros en forma de cuadrado que corresponden a los pináculos setíferos dorsales, son prominentes y carecen de microespinas (Bautista, 2006).

La cabeza presenta áreas frontales de color blanco-amarillo, en forma de “Y” invertida (Bautista, 2006).

## **4.4. Control de plagas**

### **4.4.1. Control químico**

A través de los siglos las prácticas de control de plagas han ido cambiando, hasta antes de la primera guerra mundial, los métodos primordiales para el control de plagas fueron culturales, después de la segunda guerra mundial hubo cambios importantes, en este sentido, las industrias desarrollaron métodos para la producción a gran escala de químicos mejorados. En 1939 entró en escena el DDT que fue muy efectivo contra un amplio espectro de plagas y en consecuencia su uso se disparó (Hayek, 2004). Sin embargo, esta agricultura moderna ha multiplicado los efectos negativos sobre el ambiente, la contaminación del suelo por plaguicidas y fertilizantes, el agotamiento de éste; la deforestación y la pérdida de biodiversidad genética, son problemas muy importantes.

Weinberg (2009) señala que hay más de 100,000 sustancias químicas sintéticas en el mundo y aparecen 1000 más cada año. Su efecto detallado sobre la salud se desconoce, pero hay sólidas evidencias que al menos 1500 de ellas son muy peligrosas, son sustancias bioacumulativas, cancerígenas, conocidas como COP (Contaminantes Orgánicos Persistentes) las cuales producen mutaciones y causan problemas en la reproducción. Las principales víctimas de las grandes multinacionales productoras de biocidas en zonas de agricultura intensiva son los agricultores ya que hay un aumento alarmante de casos de cáncer cerebral, gástrico, de próstata, de testículos, etc.

La degradación de la atmósfera es también otra de las consecuencias del uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura industrial ya que ha traído consigo el efecto invernadero, la reducción de la capa de ozono, la lluvia ácida y el cambio climático.

Hayek (2004) menciona que estos plaguicidas sintéticos son todavía el método de control más ampliamente usado, sin embargo hay razones para considerar alternativas, cuando se aplican plaguicidas para controlar artrópodos, los controles naturales son irrumpidos y pueden presentarse tres escenarios posibles: La resurgencia de la plaga objetivo, ésta ocurre cuando los enemigos naturales son destruidos, los plaguicidas normalmente matan una mayor proporción de enemigos naturales que de plagas, así que después de la aplicación, la plaga puede incrementarse nuevamente.

Cuando se aplican plaguicidas, otros insectos que no eran plaga pueden incrementar sus densidades y causar daños, porque se irrumpe el control natural que mantenía sus poblaciones a bajas densidades, esto es la aparición de plagas secundarias.

El último escenario es la resistencia que las plagas han desarrollado a los plaguicidas, de manera que la población puede incrementarse incluso cuando el plaguicida es reaplicado. El uso excesivo de plaguicidas en repuesta a la ausencia de control sólo acelera la ocurrencia de la resistencia de las poblaciones plaga (Hajek, 2004).

Lo anterior ha motivado a buscar otras opciones, es por eso que los trabajos de investigación se han enfocado como principal alternativa al control biológico, ejercido en gran parte por los parasitoides (Díaz *et al.*, 2012).

#### **4.4.2. Control mecánico**

El control mecánico de las plagas comprende las técnicas más antiguas y simples de la lucha contra los insectos. Estas técnicas consisten en la remoción y destrucción de los insectos y órganos infestados de las plantas. También se incluye la exclusión de los insectos y otros animales por medio de las barreras y otros dispositivos. La aplicación de estas técnicas demanda mucha mano de obra por lo

que tienden a desaparecer de las grandes y medianas áreas de cultivo (Cisneros, 1995).

#### **4.4.3. Control cultural**

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. 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, selección de 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, 1995).

#### **4.4.4. Control físico**

El control físico consiste en la utilización de algún agente físico como la temperatura, humedad, insolación, fotoperiodo y radiaciones electromagnéticas, en intensidades que resulten letales para los insectos. El fundamento del método es que las plagas sólo pueden desarrollarse y sobrevivir dentro de ciertos límites de intensidad de los factores físicos ambientales; más allá de los límites mínimos y máximos, las condiciones resultan letales. Los límites varían según las especies de insectos; y para una misma especie, según su estado de desarrollo. Además, los límites de cada factor varían en interacción con las intensidades de los otros factores ambientales y con el estado fisiológico del insecto (Cisneros, 1995).

#### **4.4.5. Control biológico**

El control biológico ocurre en la naturaleza desde siempre al ser una ley natural para la regulación de las poblaciones de organismos; sin embargo, para propósitos donde el hombre lo maneja específicamente para el combate de plagas, es conocido como control biológico aplicado (Bahena, 2008).

El control biológico aplicado se define como “La acción de parasitoides, depredadores o patógenos para mantener la densidad de población de otro organismo (plaga) a un promedio más bajo de lo que ocurriría en su ausencia” (Hajek, 2004). Esto es el uso de organismos vivos para controlar plagas.

En el control biológico es muy importante poner especial atención en el entorno del cultivo ya que de ello dependerá el establecimiento de los organismos que actúan como agentes de control, esto es el manejo del agroecosistema.

En general, una mayor diversidad de plantas implica una mayor diversidad de herbívoros y esto a su vez determina una mayor diversidad de depredadores y parasitoides (Nicholls, 2008), de aquí la idea del establecimiento de policultivos.

(Altieri y Letourneau, 1982) mencionan que existen hipótesis que apoyan la idea de que los sistemas diversificados estimulan una mayor biodiversidad de artrópodos:

Hipótesis de la heterogeneidad de hábitat.

Los sistemas de cultivos complejos albergan más especies que los hábitats agrícolas simplificados. Los sistemas con asociaciones heterogéneas de plantas poseen más biomasa, recursos alimenticios y persistencia temporal; por tanto, poseen más especies de insectos asociadas que los sistemas de monocultivo. Aparentemente la diversidad estructural de plantas es importante para determinar la diversidad de insectos.

Hipótesis de la depredación.

La abundancia incrementada de depredadores y parasitoides en asociaciones diversas de plantas reduce la densidad de presas/hospederos (Nicholls 2008), por

eso, la competencia entre herbívoros se reduce, lo que a su vez permite la adición de nuevas especies de herbívoros que soportan a más especies de enemigos naturales.

Hipótesis de la productividad.

Habitualmente los policultivos son más productivos que los monocultivos (Nicholls, 2008). Esta productividad incrementada resulta en una mayor biodiversidad de insectos, dada la mayor abundancia de recursos alimenticios.

Hipótesis de la estabilidad.

Según esta hipótesis, la productividad en policultivos es más estable y predecible que en monocultivos. Esta mayor productividad, aunada a la heterogeneidad de agroecosistemas complejos, permite a los insectos dividir el ambiente temporal y espacialmente, de modo que coexistan más especies de insectos benéficos como parasitoides y depredadores.

#### **4.4.5.1. Parasitoides**

El parasitismo lo llevan a cabo algunos insectos, generalmente monófagos, que se desarrollan como larvas dentro de un individuo huésped, regularmente partiendo de un huevo puesto sobre, dentro o cerca del mismo. Consumen todo o la mayor parte del huésped, al final de su desarrollo larvario le causan la muerte y forman una pupa en su interior o fuera de él (Bahena, 2008).

En su estado adulto son de vida libre, emergen de la pupa e inician la siguiente generación, el macho intentando aparearse, mientras que la hembra busca activamente huéspedes a los que parasitará; la mayor parte de parasitoides hembras y machos, en esta fase necesitan de alimentos como miel, néctar o polen (Bahena, 2008).

Dependiendo de si la larva del parasitoide se desarrolla en forma externa o interna del huésped, se le puede llamar ectoparasitismo o endoparasitismo

respectivamente. Un parasitoide que se desarrolla en un insecto plaga es un parasitoide primario, mientras que una larva parásita que se desarrolla dentro de otro parasitoide es un parasitoide secundario o hiperparasitoide. Cuando un parasitoide deposita en un huésped más huevecillos de los que pueden desarrollarse se denomina superparasitismo (Bahena, 2008).

La importancia de los parasitoides es evidente, debido a que según estadísticas, hasta 1990 se tenía un total de 5500 introducciones de enemigos naturales, se mencionan a 1200 especies establecidas con unos 420 resultados satisfactorios y de entre los cuales el (81%) corresponden a este tipo de organismos (Bahena, 2008).

Los principales órdenes de insectos que agrupan estas familias con especies de parasitoides, que son utilizados en el control biológico de insectos plaga, son los himenópteros (avispa, principalmente de las superfamilias Ichneumonoidea, Chalcidoidea y Proctotrupoidea) y dípteros (moscas, principalmente de la familia Tachinidae) (Bahena, 2008).

#### **4.4.5.2. Depredadores**

Los depredadores son organismos de vida libre a través de toda su vida, matan a su presa al consumirla y generalmente son más grandes que éstos. Los depredadores difieren de los parasitoides en que sus larvas o ninfas según sea el caso, requieren de varias presas para completar su desarrollo (Bahena, 2008).

Las hembras de los depredadores adultos depositan sus huevos cerca de las posibles presas, y después de que estos eclosionan, las formas larvarias activas las buscan y las consumen individualmente (Bahena, 2008).

Por sus hábitos alimenticios, los depredadores pueden ser polífagos; cuando se alimentan de muchos tipos de presas, oligófagos, cuando atacan a un número pequeño de especies y monófagos, cuando se alimentan de una sola especie; los

de predadores oligófagos y monófagos reúnen las mejores características para ser usados en programas de control biológico (Bahena, 2008).

Los insectos depredadores pueden ser introducidos o nativos, los introducidos se usan para el control de plagas exóticas y los depredadores nativos son de mayor importancia en la supresión tanto de plagas nativas como exóticas. Estos se reconocen como importantes supresores de plagas en los sistemas agrícolas y forestales; Los depredadores que se encuentran más comúnmente atacando especies de plagas en los cultivos son de las familias: Anthocoridae, Pentatomidae, Reduviidae, Carabidae, Coccinellidae, Staphylinidae, Chrysopidae, Cecidomyidae, Syrphidae y Formicidae (Hayek, 2004).

#### **4.4.5.3. Patógenos**

La mayoría de las teorías respecto al control biológico se han desarrollado con parasitoides y depredadores, sin embargo, los patógenos causantes de enfermedades infecciosas también pueden ser enemigos naturales importantes (Hayek, 2004).

Muchos patógenos son conocidos como enemigos naturales y pueden causar epizootias (altos niveles de enfermedad) en poblaciones de hospederos. Algunos atributos de la biología y la ecología de microbios son muy diferentes de los depredadores y parasitoides. Los microbios causan enfermedades infecciosas, muchos de éstos no tienen propágulos móviles y requieren de hospederos sanos para contactar el patógeno. Otros microbios tienen estados de vida libre con algunos medios de transmisión a hospederos saludables. Diferentes patógenos requerirán diferentes números de propágulos para lograr la infección y para algunos patógenos, los hospederos no son asesinados pero les provocan enfermedades crónicas que decrecen su reproducción (Hayek, 2004).



## **4.5. Métodos de control biológico**

### **4.5.1. Control biológico clásico**

Cuando un insecto que ataca cultivos se introduce de un país a otro, en la nueva región éste suele convertirse en plaga de los cultivos, esto ocurre porque en el nuevo sitio no tiene sus enemigos naturales que regulen sus poblaciones. A este tipo de insecto plaga se le conoce como plaga exótica. Para la regulación de plagas exóticas los especialistas del control biológico desarrollaron la técnica denominada introducción de enemigos naturales o control biológico clásico, el cual consiste en la regulación de la población de una plaga mediante enemigos naturales exóticos (parasitoides, depredadores o patógenos), que se importan con este fin. Habitualmente, la plaga clave la constituye una especie exótica que ha alcanzado una alta densidad poblacional en el nuevo ambiente, por condiciones más favorables que en su lugar de origen. Por tanto, la introducción de un enemigo natural específico, autoreproductivo, dependiente de la densidad, con alta capacidad de búsqueda y adaptado a la plaga exótica introducida, muchas veces resulta en un control permanente (Nicholls, 2008).

### **4.5.2. Control biológico por aumento**

Esta estrategia requiere la propagación masiva y la liberación periódica de enemigos naturales exóticos o nativos, los cuales se multiplican durante la estación de crecimiento del cultivo; sin embargo, no se espera que se conviertan en una parte permanente del ecosistema (Batra 1982). La liberación aumentativa puede realizarse con expectativas de corto o largo plazo, lo cual depende de la especie plaga que se busca tratar, las especies de enemigos naturales y el cultivo. El incremento consiste en la manipulación directa de enemigos naturales para aumentar su efectividad. Esto se logra mediante uno o ambos de dos métodos generales: producción masiva y colonización periódica, o mejoramiento genético de los enemigos naturales. De estos dos conceptos el de uso más común es el primero,

en él los enemigos naturales se producen en insectarios y luego se liberan bien sea de manera inoculativa o inundativa. Por ejemplo, en áreas donde un enemigo natural particular no puede invernar, una liberación inoculativa cada primavera permite que la población se establezca y controle la plaga de manera adecuada. Las liberaciones inundativas involucran la liberación de grandes números de enemigos naturales de tal modo que su población domine por completo la plaga. El incremento se usa donde las poblaciones de enemigos naturales no están presentes o no responden con suficiente rapidez al aumento de la población de plagas. Por tanto, el incremento usualmente no proporciona una supresión permanente de las plagas, como puede ocurrir con la importación o con métodos de conservación (Nicholls, 2008).

#### **4.5.3. Control biológico por conservación**

Este enfoque enfatiza en el manejo de agroecosistemas, con el objetivo de proveer un ambiente general conducente a la conservación y crecimiento de una biota compleja de enemigos naturales. Las posibilidades de incrementar poblaciones efectivas de artrópodos benéficos son viables por medio del manejo del hábitat, que a su vez media la disponibilidad de alimentos, refugio y otros recursos para los enemigos naturales dentro y fuera del cultivo. Esto es, proveer al enemigo natural alimento, refugio y presas u hospedero alternativo para conservarlo aun cuando no haya cultivo (Nicholls, 2008).

### **4.6 Control biológico de *S. frugiperda* en el mundo**

#### **4.6.1. Control biológico por aumento**

En Brasil se evaluó el comportamiento de la oviposición de *S. frugiperda* y el nivel de parasitismo, encontrándose que *Trichogramma* Riley fue el parasitoide más

frecuentemente encontrado con el 94% de los huevos parasitados, seguido por *Trichogramma atopovirila* Oltman & Platner (Beserra *et al.*, 2002).

En Chile como en algunas otras partes del mundo el cultivo del *Z. mays* es dañado anualmente por larvas del gusano elotero, *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). Velázquez y Gerding (2004) realizaron dos estudios en laboratorio y en campo con el objetivo de evaluar el porcentaje de parasitismo de la especie *Trichogramma*. Encontrando que ésta se presenta como una alternativa efectiva para el control del gusano elotero.

En Colombia, se probó la longevidad y la tasa de parasitismo de tres especies de parasitoides del género *Trichogramma* (*Trichogramma atopovirilia* Oatamar & Platner, *Trichogramma exiguum* Pinto & Platner y *Trichogramma pretiosum* Riley) para el combate de *S. frugiperda*. Los resultados sugieren que *Trichogramma pretiosum* podría ser un parasitoide muy promisorio para el control de esta plaga (Díaz *et al.*, 2012).

#### **4.6.2. Control biológico natural**

Río Grande do Sul es el estado productor de maíz más importante en Brasil, en este estado se llevó a cabo un estudio con la finalidad de conocer a los enemigos naturales asociados a la plaga *S. frugiperda*, durante los ciclos de cultivo 1999-2000 y 2000-2001, encontrándose parasitoides de los géneros *Chelonus* sp. *Cotesia* sp. y *Exacticolus* sp. (Hym. Braconidae), *Campoletis flavicincta* y *Lespesia archippivora* (Dip. Tachinidae), en ambos ciclos de cultivo predominó *C. flavicincta* con 64% y 76% respectivamente (Bastos *et al.*, 2004).

En Honduras, se evaluó el parasitismo en larvas de *S. frugiperda*, se cuantificaron cinco campos de cultivo de maíz, 42% del total de larvas colectadas murieron por la acción de enemigos naturales. El parasitoide bracónido *Chelonus insularis* fue el más común (37% del total) y causó el 15% de mortalidad de larvas. Otro importante enemigo natural fue el nematodo *Hexameris* sp. y el taquínido *Lespesia* sp. (Wheeler *et al.*, 1989).

Wyckhuys y O'Neil (2006) investigaron las relaciones entre las dinámicas de población de los insectos plaga de larvas de *S. frugiperda* y enemigos naturales asociados, en campos de maíz a pequeña escala en las tierras altas de Honduras, encontrando en general bajos niveles de parasitismo (1-11%) correspondiendo al braconido *Aleiodes laphygmae* Viereck y el ichneumonido *Campoletis sonorensis* (Cameron). También observaron que los niveles de infestación de *S. frugiperda* fueron más bajos a mayores altitudes.

Para conocer la dinámica poblacional de *S. frugiperda* y la de sus parasitoides en el Noroeste Argentino, Murúa *et al.* (2006) colectaron larvas en dos regiones agrológicas durante cuatro años, los parasitoides encontrados fueron *Campoletis grioti* (Blanchard), *Chelonus insularis*, *Ophion* sp. y *Archytas* spp. Los porcentajes de parasitismo fueron del 15 al 40%.

## **4.7 Control biológico de *S. frugiperda* en México**

### **4.7.1. Control biológico aumento**

Con respecto al control biológico aplicado, en México desde 1963 se ha desarrollado una gran actividad para cultivar el parasitoide *Trichogramma* spp. en los centros de cría de la Dirección General de Sanidad Vegetal a fin de controlar gusanos belloteros y otros lepidópteros nocivos (Carrillo-Sánchez 1985).

### **4.7.2. Control biológico natural.**

En México se llevó a cabo un inventario de parasitoides colectados en los estados de Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán y Veracruz, en donde se recuperaron 13 géneros de parasitoides himenópteros, representando a tres familias, Braconidae: *Aleoidea*, *Chelonus*, *Cotesia*, *Glyptapanteles*, *Homolobus*, y *Meteorus*; Ichneumonidae: *Campoletis*, *Eiphosoma*, *Ophion*, y *Pristomerus*; y Eulophidae: *Aprostocetus*, *Euplectrus*, y *Horismenus*. Las especies más

ampliamente distribuidas fueron *Chelonus insularis* (Cresson). *Pristomerus spinator* (F.) y *Meteorus laphygmae* (Viereck), mostraron las tasa más altas de parasitismo en Sinaloa y Michoacán respectivamente (Molina-Ochoa *et al.*, 2004).

Hoballah *et al.* (2004) hicieron una colecta de *S. frugiperda* en los campos de maíz en Poza Rica, Veracruz, durante los años 1999-2001, con la finalidad de reportar los enemigos naturales más comunes de *S. frugiperda*, encontrando las siguientes especies parasitoides: *Aleiodes laphygmae* Viereck (Hymenoptera: Braconidae), *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Cotesia marginiventris* Cresson (Hymenoptera: Braconidae), *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae), *Euplectrus plathypenae* Howard (Hymenoptera: Eulophidae), *Homolobus truncator* Say (Hymenoptera: Braconidae), *Meteorus laphygmae* Viereck (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Ophion flavidus* Brulle' (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Pristomerus spinator* Fabricius (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Trichogramma atopovirilia* Oatman & Platner (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Se reportaron también algunas especies de depredadores: *Castolus* sp. (Heteroptera: Reduviidae), *Coleomegilla* sp. (Coleoptera: Coccinellidae), una especie de Chrysopidae (Neuroptera: Chrysopidae) *Doru* sp. (Dermaptera: Forficulidae), *Orius* sp. (Heteroptera: Anthracoridae), *Podisus sagitta* Fabricius (Heteroptera: Pentatomidae), una especie de Reduviidae (Heteroptera: Reduviidae) y *Zelus longipes* Linnaeus (Heteroptera: Reduviidae)

Un estudio de parasitoides himenópteros y dípteros en larvas de *S. frugiperda* fue llevado a cabo en la región de La Frailesca en Chipas, México. Durante el verano de 2002, 1247 larvas de *S. frugiperda* se colectaron en cultivos de maíz en 21 localidades; la tasa de parasitismo fue de 20.1%. Cinco braconidos fueron recuperados de las larvas de *S. frugiperda*, *Rogas vaughani* Muesebeck, *R. laphygmae* Viereck, *Chelonus insularis* Cresson, *C. cautus* Cresson, y *Glyptapanteles militaris* Walsh. Dos ichneumonidos, *Neotheronia* sp., y *Ophion flavidus* Brulle, y un eulófido, *Euplectrus plathypenae* Howard; fueron recuperados también parasitoides dípteros de últimos instares. Estos fueron los tachinidos

*Archytas marmoratus* Townsend, *Lespesia archippivora* Riley, *Archytas* sp., y *Winthemia* sp. *Megaselia scalaris* Low fue el único Phorido recuperado. Los parasitoides dípteros produjeron una tasa de parasitismo de 6.3%, y fueron mayormente recuperados de quinto y sexto instar. La mayoría de los parasitoides fueron recuperados de larvas de *S. frugiperda* que fueron colectados de plantas de maíz en estado de crecimiento V3. En este estudio, *O. flavidus*, *E. plathypenae*, *Chelonus* spp., y especies de Rogas fueron encontrados más frecuentemente (Ruiz-Nájera, 2007).

En el estado de Yucatán, las especies de parasitoides que se encontraron fueron *Lespesia archippivora* (Riley), *Archytas marmoratus* (Townsend), *Winthemia* sp., Diptera: *Tachinidae* y *Euplectrus plathypenae* (Howard), (Hymenoptera: Eulophidae) (Delfín-González *et al.*, 2007).

En el estado de Oaxaca, se han realizado pocos trabajos de evaluación de parasitismo natural, como el de Cruz-Sosa (2009) en cuatro comunidades de Valles Centrales. En este trabajo se encontraron 12 especies de parasitoides, de las cuales cuatro pertenecen a la familia Braconidae: *Chelonus insularis* Cresson, *Chelonus* sp., *Cotesia marginiventris* (Cresson), *Homolobus truncator* (Say), cinco a la familia Ichneumonidae: *Campoletis sonorensis* (Cameron), *Campoletis* sp., *Pristomerus spinator* (Fabricius), *Ophion flavidus* Brullé, *Mesochorus* sp., una a la familia Eulophidae: *Euplectrus comstockii* Howard y dos especies a la familia Tachinidae: *Archytas* sp. (Dip.: Tachinidae) y *Lespesia* sp.

Cortez-Mondaca *et al.* (2010) realizaron una evaluación del parasitismo natural en el estado de Sonora, el estudio se llevó a cabo los valles del Yaqui y Mayo, en donde se encontraron los parasitoides: *Chelonus sonorensis*, *Chelonus insularis*, *Chelonus* sp., *Pristomerus* sp., *Meteorus* sp, y *Lespesia* sp.

En Buenavista Coahuila, Ríos-Velasco *et al.* (2011) hicieron un estudio de enemigos naturales en larvas de *S. frugiperda*. Encontraron tres especies de Braconidae: *Chelonus insularis*, *C. cautus* y *C. sonorensis*, dos especies de Icheumonidae:

*Campoletis sonorensis* y *Pristomerus* sp., una especie de Eulophidae: *Euplectrus plathyphenae* y una especie de Tachinidae: *Archytas marmoratus*.

Estrada *et al.* (2013) colectaron 1,300 larvas de *Spodoptera frugiperda* de los tres primeros estadios en maíces, en una parcela experimental en Nayarit en 2011 y 2012. Las larvas fueron examinadas en busca de enemigos naturales. Se obtuvieron e identificaron seis especies de parasitoides: *Cotesia* sp. (0.3%) y *Chelonus insularis* (3.9%) (Braconidae), *Pristomerus spinator* (1.1%), *Campoletis* sp. (0.3%) e *Hyposoter* sp. (0.1%) (Ichneumonidae) y un tachínido *Archytas marmoratus* (0.07%). El porcentaje de parasitismo total fue de 29.7%, lo cual genera un potencial de uso en programas de control biológico por conservación

García *et al.* (2013) evaluaron el parasitismo natural sobre larvas de gusano cogollero en 10 comunidades del estado de Michoacán, durante el ciclo primavera-verano de los años 2011 y 2012, encontrando ejemplares de parasitoides pertenecientes a tres familias: Braconidae, *Chelonus insularis*, *Chelonus sonorensis*, *Meteorus* sp y *Cotesia* sp; Ichneumonidae; *Campoletis sonorensis* y *Pristomerus spinator* y de la familia Tachinidae una especie no identificada.

## **5. OBJETIVOS**

### **5.1 General**

Estudiar la infestación de gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith), y sus enemigos naturales en monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza, durante dos ciclos de cultivo, en la comunidad de Reyes Mantecón, Oaxaca.

### **5.2. Específicos**

- 1.-Comparar la infestación causada por gusano cogollero en monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza.
- 2.-Determinar el parasitismo natural sobre larvas de gusano cogollero en monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza.
- 3.-Analizar el control natural de huevos de *S. frugiperda* mediante el empleo de centinelas en monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza.



## 6. MATERIALES Y MÉTODOS

### 6.1 Localización del área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en la comunidad de Reyes Mantecón, agencia del municipio de San Bartolo Coyotepec perteneciente a la región de Valles Centrales del estado de Oaxaca. Esta comunidad está ubicada en las coordenadas geográficas 16° 54' 19" N, 96° 43'40" O y a una altitud de 1507 msnm., con una temperatura media anual que va de los 26 a los 28°C, y una precipitación anual de 2000 a 3500 mm (Plan municipal de desarrollo, 2011-2013).

El clima es templado sin problemas de heladas, la temperatura no limita el desarrollo de la actividad agrícola, sin embargo las lluvias se concentran básicamente en los meses de junio a septiembre (Plan municipal de desarrollo, 2011-2013).

La mayor parte del territorio lo cubren los suelos de tipo regosol, seguidos por los vertisoles y por último los arenosos ubicados en las márgenes del Río Atoyac (Plan municipal de desarrollo, 2011-2013).

### 6.2 Establecimiento de los cultivos



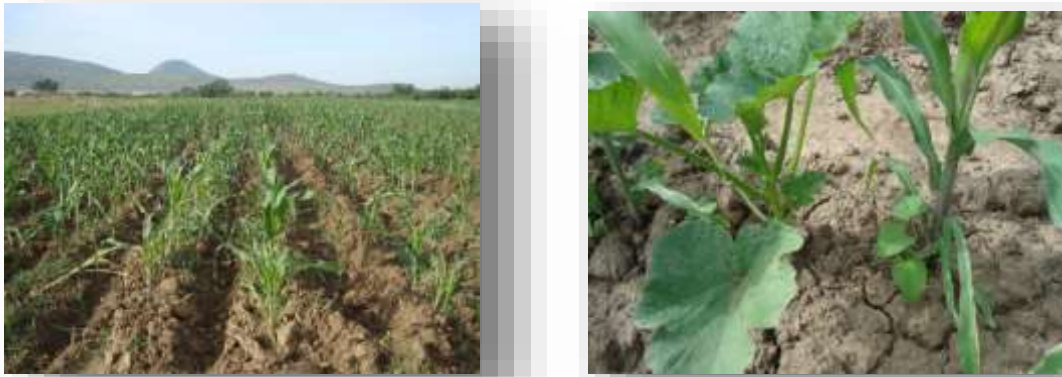
**Figura 1.** Establecimiento de las parcelas de monocultivo y policultivo de maíz en la comunidad de Reyes Mantecón, 2013.

Para el ciclo de cultivo 2013 (Figura 1), el día 28 de mayo, la parcela con policultivo maíz-frijol-calabaza, propiedad del señor Margarito Girón Martínez, ubicada en las coordenadas N 16° 91' 135'', W 096° 72' 818'', con una extensión aproximada de 350 m<sup>2</sup>

El 2 de julio del mismo año se estableció la otra parcela con el monocultivo propiedad del señor Cenobio Girón Pablo, ubicada en las coordenadas N 16°91' 020'', W 096°73' 148'', con una extensión de aproximadamente 500 m<sup>2</sup>. La distancia entre las parcelas fue de aproximadamente un kilómetro

Se prepararon los terrenos mediante el método convencional de barbecho, rastreo, surcado y finalmente la siembra, en ambas parcelas la semilla utilizada fue criolla de la raza bolita seleccionada del ciclo anterior. Para el caso del policultivo, la semilla de calabaza que se utilizó fue la que localmente se conoce como güiche, proveniente de la cosecha del ciclo anterior. El frijol que se utilizó fue negro comercial "Michigan".

Cabe señalar que en estas parcelas no se llevó a cabo ningún tipo de fertilización química y tampoco se aplicó ningún tipo de insecticida, en el ciclo 2013 en la parcela de policultivo el deshierbe se hizo de forma mecánica, mientras que en la parcela de monocultivo se llevó a cabo mediante la aplicación de herbicidas, que se detallan en el siguiente apartado.



**Figura 2.** Establecimiento de las parcelas de monocultivo y policultivo de maíz en la comunidad de Reyes Mantecón, 2014.

Para el ciclo de cultivo 2014 (Figura 2), la parcela de monocultivo se estableció el día 20 de junio en las coordenadas N 16° 92' 239'', W 096° 72' 328'', con una extensión de una hectárea

El día 24 del mismo mes se estableció la parcela de policultivo en las coordenadas N 16° 91' 135'', W 096° 72' 818'', con una extensión de 350 m<sup>2</sup>, propiedad del Señor Margarito Girón Martínez. La distancia entre las parcelas fue de un kilómetro.

En el caso de la parcela de policultivo, en el ciclo 2013 se llevaron a cabo dos aplicaciones de herbicida, la primera a una semana de la siembra con el herbicida Esterón a una dosis de 4.32 lt/ha, y la segunda un mes después de la siembra, con el herbicida Basagrán a la misma dosis; lo que provocó que en este ciclo, algunas plantas presentaran malformaciones por residuos de éstos productos (Figura 3).

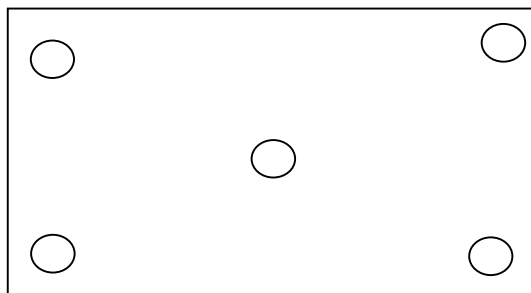


**Figura 3.** Malformaciones en las plantas de maíz en la parcela de monocultivo, provocadas por residuos del herbicida.

### **6.3. Infestación de *S. frugiperda* en monocultivo y en policultivo**

En el ciclo de cultivo 2013, del período del 2 de agosto al 13 de septiembre se hicieron colectas quincenales de *S. frugiperda* en ambas parcelas. En el ciclo 2014, las colectas se hicieron semanalmente del 18 de julio al 1 de septiembre.

Con la finalidad de obtener la mayor representatividad y uniformidad dentro de la parcela; en cada colecta se utilizó el método de muestreo cinco de oros (SAGARPA, s.f.) que consiste, en definir cinco puntos de muestreo dentro de cada parcela, de forma que todas las unidades o elementos tengan la misma probabilidad de ser incluidos (Figura 4).



**Figura 4.** Representación gráfica de los puntos de muestreo dentro de las parcelas de mono y policultivo en Reyes Mantecón, Oax.

De cada punto se tomaron 20 plantas al azar, haciendo un total de 100 plantas por muestreo en cada parcela, cada una de estas 100 plantas se revisó para observar si estaba infestada o no por *S. frugiperda*, colectando individualmente las larvas en cajas Petri. A partir de la cantidad de larvas colectadas y plantas revisadas se calculó el porcentaje de infestación.

Mediante observación se determinaron las edades (instares) de las larvas colectadas por fecha y por cultivo.

El experimento para determinar la infestación en las parcelas se estableció bajo un diseño factorial  $2^2 \times 4$  completamente al azar, con cinco repeticiones. En cada colecta se consideraron cinco sitios de muestreo, los cuales se consideraron como repeticiones en el análisis estadístico.

Los factores y niveles a analizar fueron: modalidad de cultivo, con dos niveles monocultivo y policultivo; ciclo de cultivo, con dos niveles primero (2013) y segundo (2014) y colecta con cuatro niveles primera, segunda, tercera y cuarta colecta.

Una condición fundamental para realizar el análisis de varianza de un conjunto de datos y posteriormente, en caso de existir significancia realizar la prueba de comparación de medias, es que los tratamientos presenten homogeneidad de varianzas y los errores sigan una distribución normal, para determinar esto, en los datos resultantes del experimento se realizaron las pruebas de Bartlett y la de Shapiro–Wilk, respectivamente, los resultados mostraron que los datos si presentaron una distribución normal, por lo que se procedió a hacer un análisis de varianza.

En el análisis de varianza, se encontraron diferencias significativas entre los factores y las interacciones por lo que se procedió a hacer una comparación de medias con la prueba de Tukey con un  $\alpha = 0.5$ .

#### **6.4 Parasitismo natural sobre larvas de *S. frugiperda* en monocultivo y en policultivo**

Las larvas colectadas a partir de las plantas que se revisaron para la estimación de la infestación se llevaron al laboratorio, se mantuvieron a temperatura ambiente y se alimentaron diariamente con hojas tiernas de maíz hasta que completaron su desarrollo y emergieron los adultos.

Cuando emergió un insecto diferente a la palomilla de *S. frugiperda* se procedió a identificar a qué especie de parasitoide se trataba mediante las claves de Cave (1995) y por comparación con la colección de referencia del laboratorio de control biológico del CIIDIR Oaxaca; los ejemplares de los parasitoides obtenidos se montaron en alfileres, se etiquetaron y se integraron a esta colección.

Se realizó un concentrado de las diferentes especies parasitoides encontradas y se procedió a calcular los porcentajes de parasitismo y la proporción de cada especie de parasitoide.

El porcentaje de parasitismo se calculó con siguiente fórmula:

$$\% \text{ parasitismo} = (\text{No. de parasitoides} \times 100) / (\text{No. de parasitoides} + \text{No. de palomillas})$$

Para el análisis estadístico de los datos de parasitismo, se consideró un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: 2013-monocultivo, 2013-policultivo, 2014-monocultivo y 2014-policultivo. Las larvas de cada colecta se consideraron como repeticiones.

Se realizaron a los datos de parasitismo las pruebas de Bartlett y la de Shapiro-Wilk, para determinar si presentaban homogeneidad de varianzas y normalidad en los errores, respectivamente, encontrándose que no cumplían ninguna de estas condiciones, se aplicaron diversas transformaciones para lograr que los datos cumplieran estas condiciones; sin embargo, con ninguna de ellas se pudo lograr. Ante esta situación se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para

determinar si existía diferencia estadística entre tratamientos y en caso afirmativo hacer la comparación de medias.

### **6.5. Control natural de huevos de *S. frugiperda* en monocultivo y policultivo**

Para obtener las masas de huevos que se llevaron a las parcelas, se mantuvo una cría de *S. frugiperda* en laboratorio, la colonia se inició a partir de palomillas colectadas en campo, éstas palomillas se mantuvieron en bolsas de papel estraza a temperatura ambiente y se alimentaron con agua azucarada; por las mañanas se introducían éstas bolsas en el refrigerador por 15 minutos para inmovilizar a las palomillas y facilitar su manejo, se cambiaban de bolsa para observar si había masas de huevos pegadas en las paredes de ésta, de ser así, se recortaba esa parte; este recorte de papel estraza con las masas de huevos pegadas que técnicamente se denominan huevos centinelas (Seagraves, 2009), se llevaba a las parcelas por las mañanas (Figura 5).

En ambos ciclos de cultivo, diariamente por las mañanas se llevaron masas de huevos de *S. frugiperda* del laboratorio a las parcelas experimentales; en el ciclo 2013 ésta actividad se realizó durante el período del 29 de junio al 16 de octubre y en el ciclo 2014, durante el período del 18 de julio al 03 de septiembre.



**Figura 5.** Procedimiento para la obtención de masas de huevos en el laboratorio, durante los ciclos de cultivo 2013 y 2014.

Una vez en campo, se eligieron plantas en el centro de las parcelas para colocar las masas de huevos y en el envés de la hoja de maíz se fijaron los huevos centinelas adheridos con un alfiler. Las plantas se marcaron con cintas blancas para facilitar su búsqueda al día siguiente (24 horas después) (Figura 6).





**Figura 6.** Colocación de las masas de huevos en las parcelas de mono y policultivo, en Reyes Mantecón 2013 y 2014.

Las masas retiradas del campo se colocaron en cajas de Petri y se sellaron con parafilm para esperar su eclosión. Una vez eclosionadas las larvas, se separaron 20 larvas de cada masa en cajas Petri de 5.5 cm de diámetro, una larva por caja. Se alimentaron diariamente con hojas tiernas de maíz y se mantuvieron en observación durante el resto de su desarrollo para ver si estaban parasitadas (Figura 7).

Se cuantificó la cantidad de masas depredadas cuando se observó la ausencia de huevos en el papel que se colocó debajo de las hojas de maíz.



**Figura 7.** Alimentación de las larvas procedentes de las parcelas de mono y policultivo en Reyes Mantecón, ciclos 2013 y 2014.

En el caso de la presencia de algún depredador de huevos, se procedió a colectarlo y alimentarlo diariamente con huevos de *S. frugiperda*, hasta su estado adulto para su identificación.

Los ejemplares de la familia Syrphidae se identificaron con las claves de Brown, *et al.* (2010) y los coleópteros con las claves de Nájera-Rincón y Souza (2010). Los ejemplares colectados se etiquetaron, se montaron en alfileres y se integraron a la colección del laboratorio de control biológico del CIIDIR-Oax.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1. Infestación por *S. frugiperda* en monocultivo y policultivo

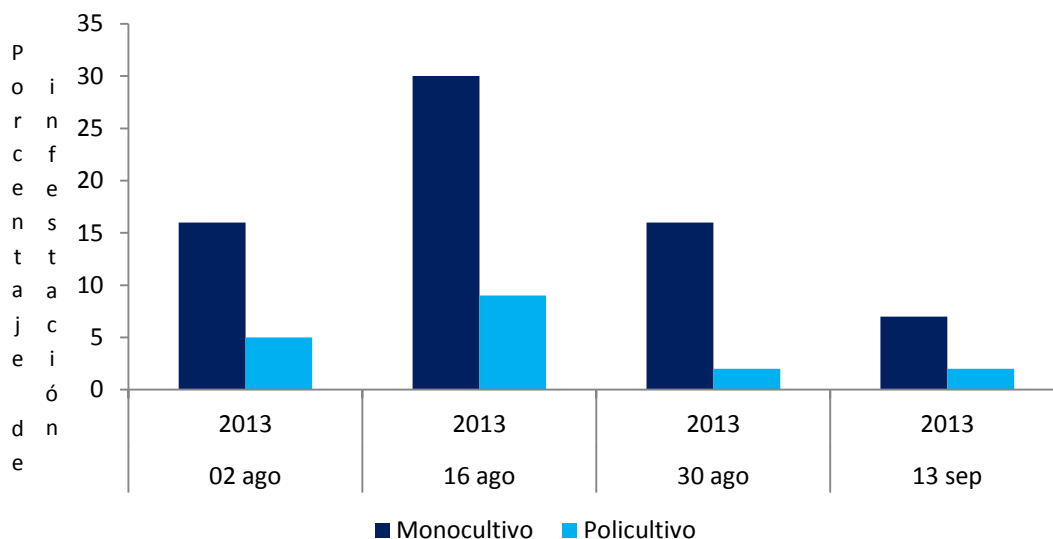
En el ciclo de cultivo 2013, se presentó una infestación promedio de 17.25% en la parcela de monocultivo, que es mayor a la registrada en la parcela de policultivo, que tiene 4.5% en promedio (Cuadro 1). En el ciclo 2014, se repitió esta tendencia, observándose que la infestación promedio en la parcela de monocultivo fue de 13.14% y el policultivo de 0.68% (Cuadro 1). La menor infestación de *S. frugiperda* en el policultivo coincide con la aseveración de Nichols (2008), en la que menciona que los sistemas con asociaciones heterogéneas de plantas poseen más especies de insectos asociados, tal abundancia se ve reflejada en el aumento de depredadores y parasitoides.

**Cuadro 1.** Infestación por gusano cogollero en las parcelas de monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza.

Año	Monocultivo	Policultivo
2013	17.25	4.5
2014	13.14	0.68
Promedio	15.19	2.59

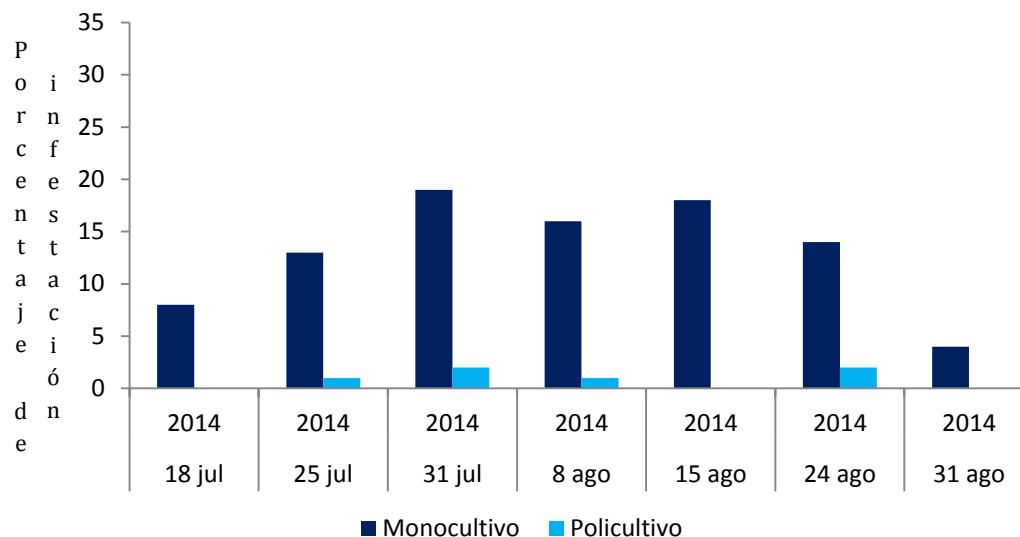
Así mismo Altieri *et al.* (1978) encontraron que la incidencia de *S. frugiperda* se redujo hasta en un 23 % en un policultivo de maíz-frijol con respecto a un monocultivo de maíz.

La mayor infestación en 2013 para ambas parcelas, se presentó a mediados de agosto y la menor a mediados de septiembre (Figura 8).



**Figura 8.** Porcentaje de infestación por *S. frugiperda* en la parcela con monocultivo y en la parcela con policultivo, en Reyes Mantecón, Oax., 2013.

La mayor infestación en el año 2014 se presentó el 31 de julio y al menor a finales de agosto (Figura 9).



**Figura 9.** Porcentaje de infestación por *S. frugiperda* en la parcela con monocultivo y en la parcela con policultivo, en Reyes Mantecón, Oax., 2014.

Los datos de infestación obtenidos en campo se analizaron estadísticamente, haciendo un análisis de varianza, en donde se analizan los factores cultivo, ciclo y colecta; y sus interacciones. De acuerdo con los datos del Cuadro 2 todos los factores presentan significancia, mientras que en el caso de las interacciones, solo cultivo\*ciclo, no la presenta, por lo tanto puede concluirse que en factores e interacciones donde hay significancia, por lo menos un tratamiento es diferente estadísticamente.

**Cuadro 2.** Análisis de varianza de los datos obtenidos a partir de la infestación, por factores e interacciones entre éstos.

Fuente de variación	Grados de libertad	Error Tipo I, suma de cuadrados	Cuadrados medios	F- Valor	P> F
Cultivo	1	132.6125	132.6125	149.42	<.0001
Ciclo	1	9.1125	9.1125	10.27	0.0021
Colecta	3	22.2375	7.4125	8.35	<.0001
Cultivo*Ciclo	1	0.0125	0.0125	0.01	0.9059
Cultivo*Colecta	3	7.9375	2.6458	2.98	0.0378
Ciclo*Colecta	3	34.2375	11.4125	12.86	<.0001
Cultivo*Ciclo*Colecta	3	9.9375	3.3125	3.73	0.0155

Una vez que se determinó que existía significancia entre factores y entre interacciones, se procedió a realizar la comparación de medias, con la prueba de Tukey, con un  $\alpha = 0.5$ . Los resultados se muestran en los cuadros 3, 4, 5 y 6.

La información del Cuadro 3, muestra que estadísticamente, las cantidades de larvas de *S. frugiperda* presentes en monocultivo y policultivo son diferentes, siendo mayor en monocultivo.

**Cuadro 3.** Comparación de medias correspondiente al factor cultivo.

Factor	Media (cantidad de larvas)
Monocultivo	3.1250 a <sup>¥</sup>
Policultivo	0.5500 b

¥Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

El Cuadro 4 muestra que hubo diferencia estadística en la cantidad de larvas de *S. frugiperda* al comparar los ciclos, siendo mayor en el primer ciclo.

**Cuadro 4.** Comparación de medias correspondiente al factor ciclo de cultivo.

Factor	Media (cantidad de larvas)
Primer ciclo	2.1750 a <sup>¥</sup>
Segundo ciclo	1.5000 b

¥Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Al comparar la presencia de larvas de *S. frugiperda*, considerando las colectas, el Cuadro 5 muestra que éstas se agrupan en tres grupos estadísticos diferentes, presentando la mayor media la segunda colecta, en seguida esta la tercera en un grupo estadístico diferente y finalmente la primera y la cuarta en un solo grupo estadístico, con las menores medias de larvas. Puede pensarse que en la primera colecta, la plaga apenas empezaba a establecerse y en la cuarta ya estaba terminando su ciclo, por ello presentan los menores valores. Por otra parte, en la segunda y tercera fue cuando estaba plenamente establecida por ello sus medias son las mayores.

**Cuadro 5.** Comparación de medias correspondiente al factor colecta.

Factor	Media (cantidad de larvas)
2ª colecta	2.6500 a*
3ª colecta	1.9500 a b
1ª colecta	1.4500 b
4ª colecta	1.3000 b

\*Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Como se determinó en el análisis de varianza (Cuadro 1), existió diferencia estadística entre las interacciones de los factores, en el Cuadro 6 puede verse la agrupación de éstas, observándose de manera general que las mayores medias se presentan en el primer ciclo, y en las segunda y tercera colectas; mientras que las menores se presentan en el segundo ciclo en las primera y cuarta colectas y en policultivo, lo cual tiene que ver con el hecho de que las mayores medias de larvas se hayan presentado en monocultivo, en el primer ciclo y en las segunda y tercera colectas, de acuerdo con el análisis estadístico realizado para factores.

**Cuadro 6.** Comparación de medias correspondiente a las interacciones.

Interacción	Media (cantidad de larvas)
Monocultivo, 2013 2ª colecta	6.0 a*
Policultivo, 2013 3ª colecta	3.8 b
Monocultivo, 2013 1ª colecta	3.2 bc
Policultivo, 2013 4ª colecta	3.2 bc
Monocultivo, 2013 3ª colecta	3.2 bc
Policultivo, 2013 2ª colecta	2.6 bcd
Monocultivo, 2014 2ª colecta	1.8 bcde
Policultivo, 2013 1ª colecta	1.6 cde
Monocultivo, 2013 4ª colecta	1.4 cde
Monocultivo, 2014 1ª colecta	1.0 de
Monocultivo, 2014 3ª colecta	0.4 e
Monocultivo, 2014 4ª colecta	0.4 e
Policultivo, 2014 3ª colecta	0.4 e
Policultivo, 2014 2ª colecta	0.2 e
Policultivo, 2014 4ª colecta	0.2 e
Policultivo, 2014 1ª colecta	0.0 e

\*Valores con la misma letra en la columna son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Lo referente a los instares de las larvas colectadas, la fecha y el cultivo, se muestran en la Figura 10 para el ciclo 2013 y en la Figura 11 para el ciclo 2014.

En la primera colecta en la parcela de monocultivo predominan los instares 2 y 3, mientras que en la de policultivo predomina el instar 5 (Figura 10).

En la segunda colecta, en la parcela de monocultivo hay una clara predominancia del instar 3, mientras que en la parcela de policultivo predomina el instar 4 (Figura 10).

En la colecta del 30 de agosto en el monocultivo el instar 3 ocupa el principal porcentaje mientras que en policultivo el 100 por ciento de las larvas son del instar 5 (Figura 10).

En la última colecta, en el monocultivo predomina el instar 3, mientras que en el policultivo el 100 por ciento de las larvas colectadas pertenecen al instar 4.

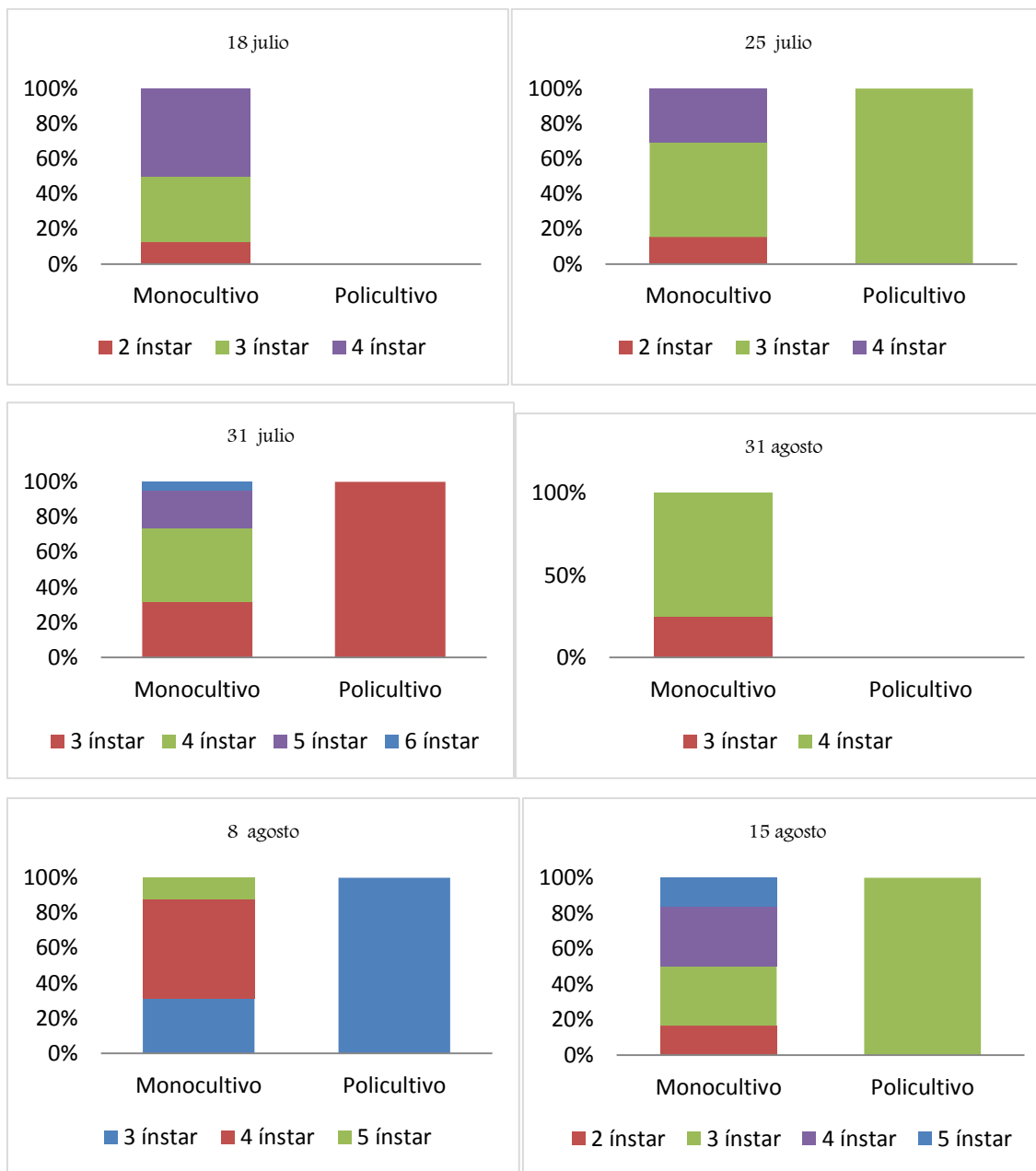
Los resultados anteriores corroboran lo que menciona Castro *et al.* (2012), que *S. frugiperda* ataca prácticamente en todas las etapas de desarrollo del cultivo.



**Figura 10.** Edades (instares) de las larvas de *S. frugiperda*, colectadas por fecha y por cultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013.

De la misma manera se observa (Figura 11) que a lo largo del período de colecta se encuentran instares jóvenes, incluso en la última colecta cuando la totalidad de las plantas ya presentaban espiga, se encontraron larvas de tercer instar, lo que nos indica que a lo largo del ciclo de cultivo del maíz pueden presentarse dos o incluso más generaciones de *S. frugiperda*.





**Figura 11.** Instares de las larvas de *S. frugiperda*, colectadas por fecha y por cultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2014.

## 7.2. Parasitismo natural sobre larvas de *S. frugiperda* en monocultivo y policultivo

En el Cuadro 7 se muestran los adultos obtenidos, palomillas de *S. frugiperda* y parasitoides. Durante el ciclo de cultivo 2013 se observó una mayor cantidad de

parasitoides (10) en el monocultivo comparado con el policultivo, en donde solo hubo uno. Sin embargo, cabe resaltar que la cantidad de adultos de *S. frugiperda* fue mucho mayor en el monocultivo (43), comparado con el policultivo (12). El promedio de parasitismo en la parcela de policultivo fue menor (7.69%) comparado con la de monocultivo (18.87%), (Figura 12). Aunque el parasitismo fue menor en el policultivo, debe de considerarse que la cantidad de larvas de *S. frugiperda* fue muy poca.

Para el ciclo 2014, se observó que en la parcela de monocultivo, de un total de 86 adultos emergidos, 36 fueron parasitoides, de la misma manera se observa que en la parcela de policultivo hubo emergencia de 6 individuos, de los cuales 4 fueron parasitoides; lo que nos muestra un mayor porcentaje de parasitismo (66.66%) en la parcela de policultivo comparada con el 41.86% en la parcela de monocultivo.

**Cuadro 7.** Número de adultos obtenidos de las colectas en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., ciclos 2013 y 2014.

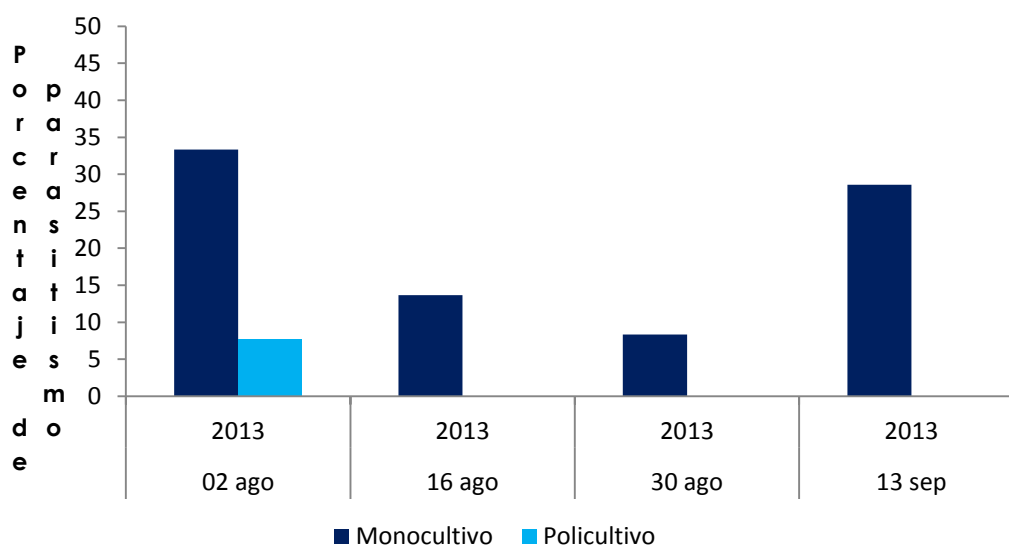
Fecha de colecta	No. de palomillas		No. de parasitoides	
	Monocultivo	Policultivo	Monocultivo	Policultivo
02-ago-13	8	4	4	1
16-ago-13	19	6	3	0
30-ago-13	11	1	1	0
13-sep-13	5	1	2	0
<b>Total 2013</b>	<b>43</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>1</b>
18-jul-14	2	0	4	0
25-jul-14	5	0	6	1
31-jul-14	12	0	6	1
08-ago-14	8	0	8	1
15-ago-14	11	0	7	0
24-ago-14	10	2	3	0
01-sep-14	2	0	2	0
<b>Total 2014</b>	<b>50</b>	<b>zz2</b>	<b>36</b>	<b>4</b>

El promedio de parasitismo de los dos ciclos de cultivo fue de 37.18 para policultivo y de 30.37 para monocultivo (Cuadro 8).

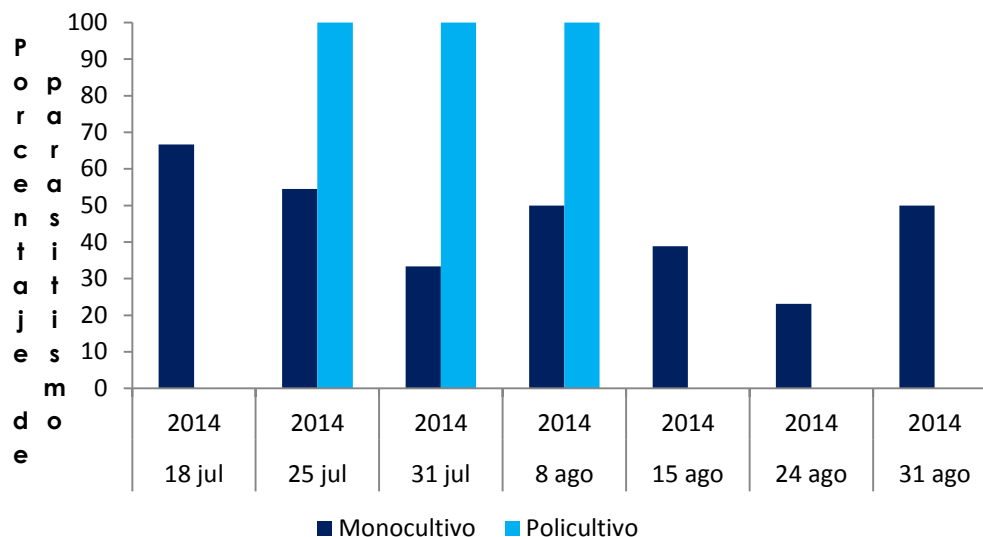
**Cuadro 8.** Niveles de parasitismo en las parcelas de monocultivo y policultivo, en Reyes Mantecón, Oax. 2013 y 2014.

Año	Monocultivo	Policultivo
2013	18.87	7.69
2014	41.86	66.66
Promedio	30.37	37.18

En ambos ciclos de producción los mayores niveles de parasitismo en la parcela de monocultivo se presentaron al inicio y al final del ciclo de cultivo (Figuras 12 y 13).



**Figura 12.** Porcentaje de parasitismo sobre *S. frugiperda* en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013.



**Figura 13.** Porcentaje de parasitismo sobre *S. frugiperda* en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2014.

Los datos de los porcentajes de parasitismo obtenidos se analizaron estadísticamente con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (Cuadro) para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos

En el cuadro 9 se muestra que la Probabilidad > Chi-cuadrada es igual a 0.0307, por lo que puede concluirse que con una confiabilidad de 95% ( $\alpha=0.05$ ), al menos un tratamiento es diferente estadísticamente.

**Cuadro 9.** Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis aplicada a los datos de porcentaje de parasitismo en larvas de *S. frugiperda*.

Chi-cuadrada	Grados de libertad	Probabilidad > Chi-cuadrada
8.8985	3	0.0307

Una vez que se determinó que al menos un tratamiento presentaba diferencia estadística, se procedió a realizar la comparación de medias para determinar cuáles eran diferentes (Cuadro 10).

De acuerdo con la información del cuadro 10, el tratamiento dos que corresponde al porcentaje de parasitismo en el 2013-policultivo es diferente a los tratamientos tres y cuatro que corresponden a porcentajes de parasitismo en el 2014-monocultivo

y 2014-policultivo. En el caso de porcentaje de parasitismo no existió una diferenciación clara entre monocultivo y policultivo.

**Cuadro 10.** Comparación de medias de los tratamientos de porcentaje de parasitismo en larvas de *S. frugiperda*.

Trat.	Trat.	2013-Monocultivo (1)	2013-Policultivo (2)	2014-Monocultivo (3)	2014-Policultivo (4)
2013-Monocultivo (1)			0.0823	0.1402	0.0986
2013-Policultivo (2)		0.0823		0.0046	0.0031
2014-Monocultivo (3)		0.1402	0.0046		0.8367
2014-Policultivo (4)		0.0986	0.0031	0.8367	

En el Cuadro 11 se observan las especies de parasitoides encontradas en la parcela de monocultivo fueron *Campoletis sonorensis* Cameron 1886, *Chelonus insularis* Creson 1863, *Pristomerus spinator* Fabricius, *Chelonus sonorensis* Cameron y *Lespesia* sp, mientras que en la parcela de policultivo sólo se encontró un ejemplar de *Ch. insularis*. En el 2013 las especies más abundantes fueron *C. sonorensis* y *Ch. insularis* (Cuadro 11).

*Campoletis sonorensis*, también fue encontrado por Cruz-Sosa (2009) en Oaxaca; por Hoballah *et al.* (2004) en Poza Rica, Veracruz; por Ríos-Velasco *et al.* (2011) en Buena Vista, Coahuila; en Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán y Veracruz, Molina-Ochoa *et al.* (2004) y en Honduras por Wyckhuys y O’Neil (2006).

*Chelonus insularis* lo encontró en Oaxaca, Cruz-Sosa (2009); en Poza Rica, Veracruz, Hoballah *et al.* (2004); en Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán y Veracruz, Molina-Ochoa *et al.* (2004); en La zona de la Frailesca en Chiapas, Ruíz-Nájera (2007); y en Buena Vista, Coahuila Ríos Velasco *et al.* (2011); en Honduras fue encontrado por Wheeler (1989).

*Pristomerus spinator* fue encontrado por Cruz-Sosa (2009) en Oaxaca; en Buena Vista, Coahuila por Ríos-Velasco *et al.* (2011); Hoballah *et al.* (2004) lo encontró en Poza Rica, Veracruz; y Molina-Ochoa *et al.* (2004) en Sinaloa, Nayarit, Colima, Jalisco, Michoacán y Veracruz.

*Chelonus sonorensis*, también lo encontró Ríos Velasco, *et al.* (2011) en Buena Vista, Coahuila, México.

*Lespesia* sp., también fue encontrado en Oaxaca por Cruz-Sosa (2009); en Yucatán por Delfín González *et al.* (2007); y Ruíz-Nájera (2007) lo encontró en la zona de la Frailesca en Chiapas, en Honduras fue encontrado por Wheeler (1989) y en Brasil por Bastos (2004).

Ejemplares del género *Archytas* sp., también fueron encontrados por Murúa *et al.* (2006) en el noroeste Argentino, por Ruíz-Nájera (2007) en la zona de la frailesca en Chiapas, por Delfín-González *et al.* (2007) en el estado de Yucatán, por Ríos-Velasco (2011) en Buenavista Coahuila y por Cruz-Sosa (2009) en el estado de Oaxaca.

**Cuadro 11.** Especies de parasitoides de *S. frugiperda* encontradas en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013 y 2014.

Orden	Familia	Especie	Hábito	No. de ejemplares		Prop. de la especie (%)		Cultivo	
				2013	2014	2013	2014	2013	2014
Hym.	Ichneumonidae	<i>Campoletis sonorensis</i> (Cameron 1886)	Solitario	4	6	36.4	15.38	M**	M y P
Hym.	Ichneumonidae	<i>Pristomerus spinator</i> (Fabricius)	Solitario	2	1	18.2	2.56	M	M
Hym.	Braconidae	<i>Chelonus insularis</i> (Cresson 1863)	Solitario	3	16	27.3	41.02	M y P***	M y P
Hym.	Braconidae	<i>Chelonus sonorensis</i> (Cameron)	Solitario	1		9.09		M	
Dip.	Tachinidae	<i>Lespesia</i> sp.	Gregario*	1	3	9.09	7.69	M	M
Dip.	Tachinidae	<i>Archytas marmoratus</i> (Towsend)	Solitario		13	9.09	33.33		M y P

\* Se encontraron 4 ejemplares en una larva, \*\* Monocultivo, \*\*\*Policultivo



**Figura 14.** Ejemplares de parasitoides obtenidos sobre larvas de *S. frugiperda* en las parcelas de mono y policultivo, durante los ciclos 2013 y 2014, Reyes Mantecón.

### 7.3 Control natural de huevos de *S. frugiperda* en monocultivo y en policultivo

En el ciclo 2013, se expusieron 71 masas de huevos en la parcela de monocultivo y 70 en la de policultivo. De las masas expuestas, en 42 emergieron *S. frugiperda* en el monocultivo y 26 en el policultivo, como se muestra en el Cuadro 12.

En el ciclo 2014, se expusieron 57 masas en monocultivo y 56 en policultivo, de las cuales hubo emergencia de *S. frugiperda* en 43 y 31 respectivamente, sólo en una masa se encontró el parasitoide de huevo, *Chelonus insularis* (Cresson 1863).

Se observó que en 2013 en un 34.38% de las masas en la parcela de monocultivo, y un 60.00% en la parcela de policultivo y en 2014 en un 21.82% en monocultivo y en un 43.64% de las masas en policultivo, no se encontraron los huevos al momento de retirarlos de la planta, solo permanecía el trozo de papel con el alfiler, por lo que se consideró que los huevos fueron depredados.

En promedio en el monocultivo se obtuvo un 28.10% de depredación y en el policultivo un 51.82%. Lo anterior indica que gran parte del control de huevos de *S. frugiperda* lo están llevando a cabo los depredadores.

**Cuadro 12.** Número de masas de huevos expuestas, sin depredación, sin emergencia y por ciento de masas depredadas en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, 2013 y 2014.

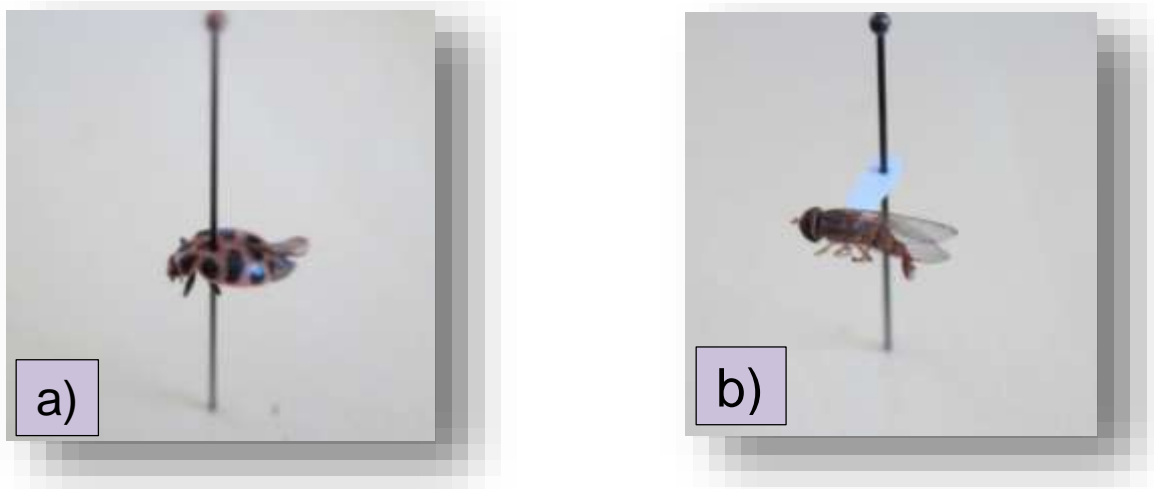
Masas	2013		2014	
	Monocultivo	Policultivo	Monocultivo	Policultivo
Expuestas	71	70	57	56
Con parasitoide	0	0	1	0
Con <i>S. frugiperda</i>	42	26	43	31
Depredadas	22	39	12	24
Sin emergencia	7	5	1	1
% masas depredadas	34.38	60.00	21.82	43.64

En el ciclo de producción 2013, al momento de retirar las masas de huevos en el campo, después de las 24 horas de exposición, en algunas de ellas se encontró a las larvas depredadoras sobre las masas (Figura 15).



**Figura 15.** Larvas depredadoras encontradas sobre masas de huevos de *S. frugiperda* en las parcela de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013. a) *Coleomegilla maculata* (Coleoptera:Coccinellidae); b) *Toxomerus* sp. (Diptera:Syrphidae).





**Figura 16.** Adultos de las larvas depredadoras encontradas sobre masas de huevos de *S. frugiperda* en las parcela de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, Oax., 2013. a) *Coleomegilla maculata* (Coleoptera:Coccinellidae); b) *Toxomerus* sp. (Diptera:Syrphidae).

En la parcela de monocultivo se encontraron sobre los huevos larvas de la familia Syrphidae del género *Toxomerus* y en la parcela de policultivo se encontraron larvas de coccinélidos de la especie *Coleomegilla maculata* (De Geer, 1775) (Figura 16). Hasta el momento no se han encontrado reportes de la depredación por sírfidos en *S. frugiperda*

**Cuadro 13.** Depredadores encontrados sobre las masas de *S. frugiperda* en las parcelas de monocultivo y policultivo en Reyes Mantecón, 2013.

Cultivo	Masas con depredador	Depredador obtenido
Monocultivo	3	<i>Toxomerus</i> sp. (Diptera:Syrphidae)
Policultivo	3	<i>Coleomegilla maculata</i> (Coleoptera:Coccinellidae)

Una especie del depredador del género *Coleomegilla* sp., también fue encontrada por Hoballah *et al.* (2004) en Poza Rica Veracruz depredando larvas recién emergidas de *S. frugiperda* en cultivos de maíz.

Seagraves (2009) trabajó con huevos centinela de gusano elotero, *Helicoverpa zea* (Boddie). Los resultados de su trabajo de investigación sugieren que las larvas del coccinelido *Colleomegilla maculata* (De Geer, 1775) son una importante fuente de mortalidad natural para huevos de *H. zea*.

Cabe hacer mención que en el ciclo 2014 no se encontraron a los depredadores sobre las masas de huevos al momento de retirarlas de las parcelas.

## 8. CONCLUSIONES

1.-En los ciclos de producción 2013 y 2014 hubo mayor infestación por *S. frugiperda* en la parcela de monocultivo comparada con la de policultivo. El promedio fue de 15.19% en monocultivo y de 2.59% en el policultivo. Las diferencias fueron estadísticamente significativas.

2.-En ambas parcelas se encontraron larvas de instares pequeños a lo largo de todas las etapas de desarrollo de la planta de maíz.

3.-El promedio de parasitismo fue de 30.37% en monocultivo y de 37.18% en policultivo. En el 2013, el parasitismo fue mayor en el monocultivo, en el 2014, el porcentaje de parasitismo fue mucho mayor en el policultivo con respecto al monocultivo. No se encontraron diferencias significativas.

4.- En lo referente al parasitismo de larvas se encontró en ambas parcelas y en ambos ciclos la especie *Chelonus insularis*; en 2013 y 2014. Se encontraron las especies *Pristomerus spinator* y *Lespesia* sp. sólo en las parcelas de monocultivo. En el 2014 las especies *Campoletis sonorensis* y *Archytas marmoratus* se encontraron en ambas parcelas. La especie *Chelonus sonorensis* sólo se encontró en la parcela de monocultivo en el 2013.

5.-En los dos ciclos de producción en ambas parcelas se observó un importante porcentaje de depredación de masas de huevos, En promedio se obtuvo una depredación de 28.10% en monocultivo y de 51.82% en policultivo. En el 2013 se encontraron larvas depredadoras de *Toxomerus* sp. (Diptera: Syrphidae) en el monocultivo y larvas de coccinélidos de la especie *Coleomegilla maculata* (De Geer, 1775) en la parcela de policultivo.

6.-En la exposición de masas en campo, sólo se encontró el parasitoide de huevo *Chelonus insularis* en la parcela de monocultivo.

## 9. LITERATURA CITADA

- Altieri M. A., Francis C.A., Van Schoonhoven A. and Doll J.D. 1978. A review of insect prevalence in maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) polycultural systems. *Field Crops Research*. 1: 33-9.
- Altieri, M. A. y D. K. Letourneau, 1982, "Vegetation management and biological control in agroecosystems", *Crop Protection*, 1: 405-430.
- Altieri M. A. y C.I. Nicholls E. 2000. Agroecología, teoría y práctica para una agricultura sustentable. Primera edición. México, D.F. 250 P.
- Aragón C.F., S. Taba, J. M. Hernández C., J. D. Figueroa C., V. Serrano A. y F. H. Castro G. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA. Libro técnico No. 6. Oaxaca, México. 344 P.
- Bahena J. F. 2008. Enemigos naturales de las plagas agrícolas del maíz y otros cultivos. Libro Técnico Núm. 5. SAGARPA-INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 180 p.
- Bastos D. S. T., R. F. Pires da Silva. y L.M. Fiuza. 2004. Ocorrência de parasitoides de *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lep., Noctuidae) em lavouras de milho em cachoeirinha, RS. *Ciencia Rural*. 34: 1235-1237.
- Batra, S. W. T., 1982, "Biological control in agroecosystems", *Science*, 215: 134-139.
- Bautista, M. N. 2006. Insectos Plaga en México. Una Guía Para su Identificación. Colegio de Posgraduados. Estado de México. 112 P.
- Beserra E. B., C. T. D. Dias and J.R.P. Parra. 2002. Distribution and Natural Parasitism of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) eggs at different phenological stages of corn. *Florida Entomologist* 85: 588-593.

- Brown, B.V. *et al.* 2010. Manual of Central American Diptera: Volume 2. NRC Research Press, Ottawa, Ontario, Canada. 728 pp.
- Carrillo-Sánchez J. L. 1985. Evolución del Control Biológico de Insectos en México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, SARH. México D.F.
- Castro A., J. Cisneros y J. C. Rojas. 2012. Los insectos dañinos del maíz y alternativas biológicas para su manejo. ECOSUR. Revista Ecofronteras 46: 15-17.
- Cave, R.D. 1995. Manual Para el Reconocimiento de Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central. Primera edición. Zamorano Academia Press. Honduras. 202p
- Cisneros V., F. 1995. Control de Plagas Agrícolas. Lima, Universidad Nacional Agraria La Molina. 304 p.
- Cortez-Mondaca, E., I. Armenta-Cárdenas and F. Bahena-Juárez. 2010. Parasitoids and Percent Parasitism of the Fall Armyworm (Lepidoptera:Noctuidae) in Southern Sonora, México. Southwestern Entomologist 35: 199-205.
- Cruz-Sosa, E. 2009. Evaluación del parasitismo natural en *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: noctuidae) en maíz. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR, Oaxaca, México. 47 pp.
- Delfín-Gonzalez H., M. Bojórquez-Acevedo, Manrique-Saide P.2007. Parasitoids of Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) from a Traditional Maize Crop in the Mexican State of Yucatan. Florida Entomologist 90: 759-761
- Diaz M. F., A. Ramírez, and K. Poveda. 2012. Efficiency of different egg parasitoids and increased floral diversity for the biological control of noctuid pests. Biological Control 60:182-191.
- Estrada, V. O., J. Cambero C., A. Robles B., C. Ríos V., C. Carvajal C., N. Isiordia A., and E. Ruíz C. 2013. Parasitoids and Entomopathogens of the Fall

- Armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) in Nayarit, Mexico. *Southwestern Entomologist* 38:339-344.
- Fernández J. L. 2002. Estimación de umbrales económicos para *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae) en el cultivo de maíz. *Invest. Agr.: Prot. Prod. Veg.* 17:467-474.
- García, B. M., F. Bahena J. y M.M. Reyes Z. 2013. Parasitismo en larvas del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae) en la región de Pátzcuaro, Michoacán. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 1:33-36.
- Hajek A. 2004. *Natural Enemies. An Introduction to Biological Control.* Cambridge University Press. Department of Entomology Cornell University. 378 P.
- Herrera, J., P. Cadena, and A. Sanclemente. 2005. Diversidad de la artropofauna en monocultivo de maíz (*Zea mays*) y habichuela (*Phaseolus vulgaris*). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad de Valle* 6: 23:31. Cali, Colombia.
- Hoballah, M. E., T. Degen, D. Bergvinson, A. Savidán, C. Tamo and C. J. Turlings T. 2004. Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of Mexico. *Agricultural and Forest Entomology* 6: 83-88
- Kato Y.T.A., C. Mapes S., L.M. Mera O., J.A. Serratos H. and R.A. Bye B. 2009. Origen y diversificación del maíz, una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D. F. 116 pp.
- Marín, J.A. 2001. Insectos plaga del maíz. Guía para su identificación. Folleto técnico No. 1. SAGARPA-INIFAP. Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto. México. 29p.
- Molina-Ochoa, J., J. E. Carpenter, R. Lezama-Gutierrez, J. E. Foster, M. Gonzalez-Ramírez, C. A. Angel-Sahagún and J. Farías-Larios. 2004. Natural

- Distribution of Hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. Florida Entomologist 87:461-472.
- Murúa G., J. Molina-Ochoa and C. Coviella. 2006. Population dynamics of the Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: noctuidae) And its parasitoids in northwestern Argentina. Florida Entomologist 89: 175-182.
- Nájera-Rincón, M. B. y B. Souza. 2010. Insectos Benéficos. Guía para su identificación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Uruapan, Michoacán, Mex. 73 pp.
- Nicholls E. C. I. 2008. Control Biológico de Insectos, Un Enfoque Agroecológico. Ciencia y Tecnología. Ed. Universidad de Antioquia. Colombia.170-193
- Plan Municipal de Desarrollo, San Bartolo Coyotepec. 2011-2013. [https://www.google.com.mx/?gfe\\_rd=cr&ei=vpx6VN2-OcSD8QfVpIHQBA&gws\\_rd=ssl#q=plan+de+desarrollo+municipal+san+bartolo+coyotepec](https://www.google.com.mx/?gfe_rd=cr&ei=vpx6VN2-OcSD8QfVpIHQBA&gws_rd=ssl#q=plan+de+desarrollo+municipal+san+bartolo+coyotepec)
- Polanco J. A. y T. Flores Méndez. 2008. Bases para una política I&D e innovación de la cadena de valor de maíz. Foro Consultivo Científico y Tecnológico. 244 P.
- Ríos-Velasco C., G. Gallegos-Morales, J. Cambero-Campos, E. Cerna-Chavez, M.C. Del Rincón-Castro and R. Valenzuela-García. 2011. Natural Enemies of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Coahuila, México. Florida Entomologist 94:723-726.
- Ruiz-Nájera, R. E., J. Molina-Ochoa, J. E. Carpenter, J.A. Espinoza-Moreno, J.A. Ruíz-Nájera, R. Lezama-Gutiérrez and J. E. Foster. 2007. Survey for Hymenopteran and Dipteran Parasitoids of the Fall Armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Chiapas, Mexico. Journal of Agricultural and Urban Entomology 24:35-42.

- SAGARPA, s.f. Manual técnico de muestreo de productos agrícolas y fuentes de agua para la determinación de contaminantes microbiológicos.
- Salinas M. Y., Aragón C. F., C. Ybarra M., J. Aguilar V., B. Altunar L. and E. Sosa M. 2013. Caracterización física y composición química de razas de maíz de grano azul/morado de las regiones tropicales y subtropicales de Oaxaca. *Revista fitotecnia mexicana*, 36: 23-31.
- Sánchez, G. J.J. 2011. Diversidad del maíz y el teocintle. Informe preparado para el proyecto: "Recopilación, generación, recopilación y análisis de información acerca de la diversidad genética de los maíces y sus parientes silvestres en México". Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Manuscrito.
- Seagraves, M.P., V. Yeargan, K. 2009. Importance of predation by *Coleomegilla maculata* larvae in the natural control of the corn in sweet corn. *Biocontrol Science and Technology* 19:1067-1079.
- Songa, J.M., N.Jiang, F. Schulthess and C. Omwega. 2007. The role of intercropping different cereal species in controlling Lepidopteran stemborers on maize in Kenya. *J. Appl. Entomol.* 131: 40–49.
- Tilman, D., K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor and S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671–677.
- Trevor W., H. C. Arredondo-Bernal, L. A. Rodríguez-del Bosque. 2012. Biological Pest Control in Mexico. *Annu. Rev. Entomol.* 58:119-140.
- Velasquez F, C. y M. Gerding P. 2006. Evaluación de Diferentes Especies de *Trichogramma* spp. para el Control de *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae). *Agricultura Técnica* 66:411-415.
- Weinberg J. 2009. Guía para las ONG sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes. Marco para las medidas de protección a la salud humana y el



medio ambiente de los Contaminantes Orgánicos Persistentes. Recuperado de [www.ipen.org/ipenweb/documents/book/ngo\\_guide\\_pops\\_spanish.pdf](http://www.ipen.org/ipenweb/documents/book/ngo_guide_pops_spanish.pdf)

Wheeler, G. S., T. R. Ashley and K. L. Andrews. 1989. Larval parasitoids and pathogens of the fall armyworm in Honduran maize. *Entomophaga* 34: 331-340.

Wyckhuys, K.A.G., and R. J. O' Neil. 2006. Population dynamics of *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) and associated arthropod natural enemies in Honduran subsistence maize. *Crop Protection* 25: 1180–1190.