

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



“Parasitismo de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en un monocultivo y policultivo de maíz en Barranca Fierro, Oaxaca”

POR:

RIGOBERTO CRUZ CRUZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México. Mayo, 2014.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

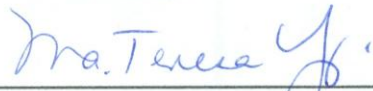
TESIS QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TITULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA

PRESIDENTE:




Dra. Ma. Teresa Valdés Pérezgasga

VOCAL:



M. C. Laura Martínez Martínez

VOCAL:



M. C. Fabián García Espinoza

VOCAL SUPLENTE:



M. C. Sergio Hernández Rodríguez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS:



Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2014

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Parasitismo de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en un monocultivo y policultivo de maíz en Barranca Fierro, Oaxaca

POR:

RIGOBERTO CRUZ CRUZ

APROBADA POR EL COMITÉ PARTICULAR DE ASESORÍA

ASESOR PRINCIPAL:



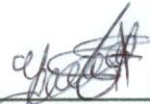
Dra. Ma. Teresa Valdés Perezgasga

ASESOR:



M. C. Laura Martínez Martínez

ASESOR:



M. C. Fabián García Espinoza

ASESOR:



M. C. Sergio Hernández Rodríguez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE
CARRERAS AGRONÓMICAS:



Dr. Francisco Javier Sánchez Ramos



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO DE 2014

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme en mi camino, cuidarme, permitirme tantos logros y entre ellos, terminar mi carrera.

A la Gloriosa Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, U.L. que me cobijó durante tanto tiempo y permitió culminar mis estudios profesionales.

A la Maestra en Ciencias Laura Martínez Martínez, no tengo palabras para agradecerle todo el apoyo que me ha brindado, a pesar de que yo fuera un extraño, me ayudó incondicionalmente en todos los ámbitos para hacer de este trabajo.

Al M.C. Fabián García Espinoza, por preocuparse de mi tesis y brindarme su valioso tiempo, sobre todo por soportarme y ser un amigo, gracias.

A la Dra. Ma. Teresa Valdés Perezgasga, por esa humildad y sabiduría que la caracteriza.

A todos los excelentes profesores que contribuyeron en mi formación académica: Dr. Jesús Vázquez Arroyo, Ing. Heriberto Quirarte Ramírez y al Dr. Arturo Palomo Gil (Q.E.P.D.)

Al M.C. Alberto Mijangos por permitirme realizar mis prácticas profesionales en la Universidad Tecnológica De Los Valles Centrales de Oaxaca y por su valioso apoyo, gracias.

DEDICATORIAS

Con cariño para mi queridísima y linda señora madre Felicia Reyna Cruz Hernández, por creer en mí, darme esas palabras de aliento cuando más me hacen falta, por todo el apoyo brindado para terminar la carrera, por todos tus sacrificios, por hacer de mi un buen hijo y porque en ningún momento me ha abandonado, gracias Mami.

A mi Padre Juan Cruz Reyes, por sus regaños y ese carácter de mando que me obliga a ser una persona de bien, gracias.

A mi hijo Rigoberto Cruz Sánchez, que desde el momento que apareció en mi vida se ha convertido en el motor indispensable para la lucha diaria y que ha llenado mi existencia de felicidad y sobre todo de risas.

A mis hermanos: Fernando, Rodrigo, Daniel, Isidoro, Juan e Irving y a mis hermanas: Martha y Graciela, que siempre me han apoyado en todos los aspectos, en las buenas y en las malas.

A mis abuelos Hilario Cruz Vásquez y María Concepción Reyes Ferrer (Q.E.P.D.) por el cuidado que me brindaron cuando era niño y sobre todo por ser fuente de inspiración campesina para elegir esta carrera.

A Araceli Sánchez Pérez, por comprenderme y cuidar a mi Rin.

RESUMEN

El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*(Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), uno de los principales plagas del maíz (*Zea mays L*) ya que causa daños al alimentarse de los meristemos apicales de la planta. En varias regiones del país, se tienen documentado distintas especies parasitoides de *S. frugiperda* mientras que en la comunidad de Barranca Fierro no hay estudio relacionado con la actividad que estos insectos realizan. En esta investigación se identificó una especie parasitoide de gusano cogollero en dos parcelas; se calculó la fluctuación población del parasitoide así como la fluctuación poblacional de *Spodoptera frugiperda*. En el año de 2013 se establecieron dos parcelas experimentales en la comunidad de Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec, Oaxaca; una de monocultivo de maíz y otra de policultivo de maíz-frijol-calabaza, en donde se realizaron muestreos semanales para gusano cogollero. Los especímenes capturados se criaron en cajas Petri donde se alimentaron con hojas frescas de maíz hasta que llegaron a pupar y observar si estaban parasitadas. A partir de estas larvas se identificaron parasitoides de la familia Ichneumonidae: *Campoletis sonorensis* (Cameron), el mayor número de esta especie se registró en la parcela del policultivo de maíz-frijol-calabaza, con un porcentaje general de 35.71% de parasitoidismo, contrario al monocultivo que solo tuvo un 22.22%. En esta investigación también se realizó una comparación sobre el comportamiento fenológico de las plantas de maíz en ambas parcelas, utilizando el mismo germoplasma, donde el monocultivo resultó ser más precoz que el policultivo.

Palabras clave: *Campoletis sonorensis*, *Spodoptera frugiperda*, fluctuación poblacional, parasitoides y control biológico.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE	iv
1. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. El Maíz, <i>Zea mays</i> L.	4
2.1.1. Importancia del maíz.....	4
2.2. Sistemas de producción agrícola	7
2.2.1. Policultivos o asociación de cultivos	7
2.2.2. Monocultivo.....	10
2.3. Efectos de los policultivos sobre los insectos plagas	10
2.4. Policultivos como prevención de enfermedades	11
2.5. Plagas del maíz.....	12
2.5.1. <i>Spodoptera frugiperda</i> (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)	12
2.6. Control biológico	14
2.6.1. Insectos parasitoides	15
2.6.2. Insectos depredadores	17

3. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Ubicación del área de estudio	20
3.2. Establecimiento de la siembra	21
3.2.1. Monocultivo.....	21
3.2.2. Policultivo.....	23
3.3. Estimación del nivel de infestación de <i>Spodoptera frugiperda</i>	25
3.4. Estimación del nivel de parasitismo de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith) en un mono y policultivo de maíz.....	25
4. RESULTADOS	27
4.2. Nivel de parasitoidismo de <i>S. frugiperda</i> en un monocultivo de maíz y en un policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca	28
4.3. Fluctuación poblacional de <i>S. frugiperda</i>	30
4.4. Fluctuación población de los parasitoides de gusano cogollero	30
4.5. Fenología del monocultivo maíz y policultivo maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, San Miguel Mixtepec, Oaxaca.....	30
5. DISCUSIÓN	32
6. CONCLUSIONES.....	34
7. LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales órdenes y familias de insectos parasitoides.	17
Cuadro 2. Principales órdenes y familias de insectos depredadores.	19
Cuadro 3. Infestación de <i>S. frugiperda</i> en un monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca.	27
Cuadro 4. Porcentaje de parasitoidismo de <i>S. frugiperda</i> en un monocultivo de maíz y en un policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro Oaxaca	28
Cuadro 5. Fenología de los cultivos de maíz y maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca.....	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec; en el estado de Oaxaca.	20
Figura 2. Sistema tradicional de siembra en la comunidad de Barranca Fierro. ...	22
Figura 3. Plantas de maíz con 9 y 10 hojas con una altura de 45 centímetros aproximadamente.....	22
Figura 4. Plantas con un desarrollo fenológico óptimo, con 13 hojas y altura de 180 a 190 cm.....	23
Figura 5. Corte del tallo aéreo para acelerar la madurez de los frutos y así realizar un poco antes la pizca.	23
Figura 6. Maíz, frijol y calabaza en policultivo.	24
Figura 7. Policultivo presentando madurez fenológica.	24
Figura 8. Puntos de muestreo de gusano cogollero en la parcela localizada en Barranca Fierro.	25
Figura 9. Infestación de <i>Spodoptera frugiperda</i> en un monocultivo de maíz y en un policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca.....	28
Figura 10. Diferencias de porcentajes de parasitoides en una parcela de maíz y una de policultivo de maíz, frijol, calabaza.	29
Figura 11. Parasitoide <i>Campoletis sonorensis</i> (Hymenoptera: Ichneumonidae)..	30

1. INTRODUCCIÓN

El maíz juega un papel importante en la alimentación del pueblo mexicano ya que este cultivo posee la mayor superficie sembrada, el mayor volumen de producción, alto valor de la producción y el mayor número de productores que intervienen en las labores agrícolas. Todo esto influye para que México ocupe el cuarto lugar a nivel mundial (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

En Oaxaca se siembran alrededor de 550 mil hectáreas de maíz, cultivándose este en las ocho regiones de la entidad en las cuales existen granos de todos los tamaños, colores y sabores. Muchas de estas variedades son el principal sustento de las comunidades indígenas (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

En muchas localidades se practica el sistema milpa que se caracteriza por hacer una asociación de cultivos de frijol, calabaza, maíz y plantas herbáceas comestibles que aportan nutrientes en la alimentación de la población. Ésto ha repercutido enormemente en la conservación de la gran diversidad de maíces, misma que ubica a esta entidad en los primeros lugares por la gran cantidad de germoplasma que posee (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

El gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda*(Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) es considerado como la principal plaga de este cultivo. Se encuentra distribuido en toda la república Mexicana causando daños severos ya que se alimenta de los meristemas apicales del cogollo, evitando su crecimiento. Con infestaciones altas puede llegar a causar la pérdida total del cultivo (Domínguez y García, 1995). Las pérdidas económicas que ocasiona pueden fluctuar de 10 al 90% de la producción en campo (Pérez, 2006).

El control de *S. frugiperda* realiza principalmente utilizando productos químicos, lo que eleva los costos de producción, además de favorecer la resistencia de la plaga a estos productos (Valdés y Castrejón, 1994). El uso de plaguicidas para su combate afecta a la fauna benéfica presente en el cultivo, lo que provoca la aparición de plagas secundarias. (Van Driesche *et al.*, 2007).

En los agroecosistemas se pueden presentar enemigos naturales como parasitoides y depredadores, virus, protozoarios, nemátodos y bacterias que pueden llegar a controlar de manera efectiva a la plaga. La labor que llevan a cabo estos organismos se le denomina control biológico natural. Los parasitoides son a menudo los enemigos naturales más eficientes de las plagas, matando a sus huéspedes para poder completar su desarrollo (Van Driesche *et al.*, 2007).

En la comunidad de Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec, estado de Oaxaca no se tiene un estudio sobre el papel que desempeñan los parasitoides sobre *S. frugiperda*, por lo tanto, en la presente tesis se pretende estimar el nivel de infestación del gusano cogollero, las especies de parasitoides y sus niveles de parasitismo en campo en un monocultivo de maíz y en un policultivo de maíz-frijol-calabaza.

Objetivo general

Estudiar la infestación del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), el parasitismo y las especies de parasitoides en un monocultivo de maíz y policultivo maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec, Oaxaca.

Objetivos específicos

1. Comparar la fenología del maíz en un monocultivo con la de un policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec, Oaxaca.
2. Estimar el nivel de infestación de *S. frugiperda* en un monocultivo y policultivo de maíz en Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec, Oaxaca.
3. Evaluar el nivel de parasitismo de *S. frugiperda* en un monocultivo y policultivo de maíz en Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec, Oaxaca.
4. Estudiar la fluctuación poblacional de *S. frugiperda* y de sus parasitoides presentes en un monocultivo y policultivo de maíz en Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec, Oaxaca.

Hipótesis

Los niveles de parasitismo en *Spodoptera frugiperda* en un monocultivo serán menores comparados con los del policultivo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El Maíz, *Zea mays* L.

El maíz (*Zea mays*) es una especie monocotiledónea anual, su rápido crecimiento le permite alcanzar hasta los 2.5 m de altura, con un tallo erguido, rígido, sólido. Sus hojas son grandes, largas y lanceoladas. Es una especie monoica, lo que significa que sus inflorescencias, masculina y femenina, se ubican separadas dentro de una misma planta. Las flores masculinas están agrupadas en panículas terminales y las femeninas son axilares y agrupadas en densas espigas envueltas en brácteas membranosas. Se ha establecido que México es el centro de origen del maíz, donde se registra la existencia de al menos 61 razas de maíces criollos maíces criollos de Oaxaca (Ramírez 2013).

2.1.1. Importancia del maíz

El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, alimento para el ganado o fuente de un gran número de productos industriales. La diversidad de los ambientes bajo los cuales es cultivado el maíz es mucho mayor que cualquier otro cultivo, habiéndose originado y evolucionado en la zona tropical como una planta de excelentes rendimientos. Hoy en día se cultiva hasta los 58° de latitud Norte en Canadá, 40° de latitud Sur en Argentina y en las cordilleras de los Andes a los 3800 msnm (Paliwai,2001).

El maíz constituye un alimento muy completo, que aporta numerosos elementos nutritivos y materiales energéticos. Es una destacada fuente de vitaminas del grupo B y de minerales. Posee un valor nutritivo similar al de otros cereales, aunque se diferencia de éstos en su elevado contenido en carotenos, ningún otro cereal los contiene o provitaminas A, que se transforman en vitaminas

A en el organismo y se caracterizan por su alto poder anti infeccioso y su condición beneficiosa para la vista(MAC, 2014).

El maíz se domesticó en territorio mexicano. Actualmente se siembra en todo el país. La mayoría de las regiones donde se cultiva este grano dependen del temporal y cuya producción es destinada al autoconsumo, por lo que su cultivo ha generado y continúa ofreciendo una diversidad genética muy amplia (Kato*et al.*, 2009).

En México el uso de la planta del maíz es integral (Castañeda y García, 2007). Se aprovechan todas sus partes; la aplicación culinaria, así como los derivados de la misma son infinitos (Castañeda, 2004). El consumo promedio diario de maíz en el país es de 350 gramos per cápita, a través de 600 presentaciones diferentes en la alimentación (Castañeda, 2004).

La importancia del maíz es por su aprovechamiento versátil, la caña verde para extraer jugo o para bebidas fermentadas; las hojas sirven para envolver alimentos; las espigas se utilizan para elaborar ciertos tamales; el grano sirve para preparar una variedad de platillos como el pozole en sus diferentes versiones, los esquites, tamales, pan. Cuando la semilla se convierte en harina se elaboran tamales, galletas, pinole o tascalate y más(Sánchez *et al.*, 1998).

Cuando el maíz se utiliza para el nixtamal, es decir, cuando se cuece con cal, se obtiene una masa con la que se pueden preparar bebidas, tlacoyos, gorditas, tamales con una enorme variedad según la región, tortillas de diversos tamaños y colores, entre otros platillos, siendo ésta última un producto que sirve para elaborar una amplia gama de platillos como los tacos, las enchiladas, los chilaquiles, las tostadas y los totopos entre otros(Sarmiento y Castañeda 2011).

En algunas regiones la planta de maíz es utilizada como medicina, por ejemplo el pozolagrio, que contiene penicilina, que ayuda a mejorar el estado de salud. Consumir maíz quemado contrarresta las hemorragias nasales. El té de pelos de maíz se usa para curar padecimientos renales. El atole de masa contrarresta el insomnio y el carbón de la tortilla blanquea los dientes. Además el maíz se usa para elaborar artesanías (Sarmiento y Castañeda 2011).

En Oaxaca se siembran alrededor de 550 mil hectáreas de maíz, cultivándose en las ocho regiones de la entidad en las cuales existen granos de todos los tamaños, colores y sabores. Muchas de estas variedades son el principal sustento de las comunidades indígenas. En muchas localidades se practica el sistema milpa que se caracteriza por hacer una asociación de cultivos de frijol, calabaza, maíz y plantas herbáceas comestibles que aportan nutrientes en la alimentación de la población. Esto ha repercutido enormemente en la conservación de esta gran diversidad de maíces, mismas que ubican a esta entidad en los primeros lugares por la gran cantidad de germoplasma que posee (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

Por la importancia multifactorial del maíz en México, el rendimiento y la calidad son los principales factores de atención en su cultivo. En este sentido, avances de la ciencia y la tecnología, con aplicaciones en el sector agrícola, han promovido, desde los años cuarenta en el siglo XX, el uso de insumos que mejoran y aumentan la producción de los cultivos, como fertilizantes e insecticidas. Sin embargo, este modelo de producción intensivo también ha generado preocupaciones por las consecuencias en los ámbitos ambientales, de salud, económicas y sociales (Sarmiento y Castañeda 2011).

2.2. Sistemas de producción agrícola

En diferentes partes del mundo se practican diversos tipos de producción agrícola, desde una gran cantidad de hectáreas, hasta la más mínima parcela, incluso hay personas que aprovechan el patio de su hogar o la azotea del mismo para sembrar sus hortalizas. Así también hay quienes practican el monocultivo, es decir un trabajo que se dedica más a la venta de los productos obtenidos, así como quienes practican el policultivo. Este tipo de cultivo se realiza en las zonas rurales donde la cosecha obtenida es para el consumo familiar y así poder variar el platillo de cada día.

2.2.1. Policultivos o asociación de cultivos

Las asociaciones consisten en hacer coincidir en el mismo espacio (en la misma parcela) y al mismo tiempo varios cultivos, observado ciertos criterios para su aplicación. Es pues, la asociación un policultivo, que al igual que las rotaciones establecen relaciones en el sistema con la intención de que se ayuden entre sí en la captación de nutrientes, el control de plagas, la polinización así como otros factores que mejoren la productividad agrícola (Domínguez Gento *et al.*, 2002).

En el área de los valles centrales de Oaxaca, se siembran alrededor de 20 mil hectáreas de la asociación maíz–frijol de mata, con rendimientos promedio de 700 kg ha⁻¹ de maíz y 150 kg ha⁻¹ de frijol. Dichos cultivos constituyen la base de la alimentación de las familias campesinas de la región (López *et al.*, 1992).

Las principales razones por la cual los agricultores a nivel mundial adoptan el uso de policultivos, es que frecuentemente se puede obtener un mayor rendimiento en la siembra de una determinada área sembrada como policultivo

que de un área equivalente, pero sembrada en forma de monocultivo o aislada (Liebman, 2013).

Este aumento en el aprovechamiento de la tierra es especialmente importante en aquellos lugares del mundo donde los predios son pequeños debido a las condiciones socioeconómicas y donde la producción de los distintos cultivos está sujeta a la cantidad de tierra que se puede limpiar, preparar y desmalezar generalmente en forma manual en un tiempo limitado (Liebman, 2013).

La enorme variedad de policultivos existentes refleja la gran diversidad de cosechas y prácticas de manejo que usan los agricultores en todo el mundo para suplir las necesidades de comida, vestido, combustible, medicamentos, materiales de construcción, forraje y dinero. Los policultivos pueden comprender combinaciones de cultivos anuales con otros cultivos anuales, con perennes o perennes con perennes. Los cereales pueden cultivarse asociados a leguminosas y los cultivos de raíces asociados a frutales (Liebman, 2009).

Los policultivos se pueden sembrar en forma espaciada, desde la combinación simple de dos cultivos en hileras intercaladas hasta asociaciones complejas de doce o más siembras entremezcladas. Los componentes de un policultivo pueden sembrarse en la misma fecha o en otra diferente (cultivos de relevo). La cosecha de los distintos cultivos puede ser simultánea o a intervalos (Liebman, 2009).

En la actualidad existen milpas, o lugares de cultivo donde pueden sembrarse maíz y chile, maíz y frijol, maíz y jitomate, y durante otro ciclo puede plantarse maíz y calabaza o maíz, frijol y calabaza. Según la región, el frijol enredador se planta para que se aproveche la caña del maíz cuando ya está fuerte; a su vez el frijol aporta nitrógeno en la parte subterránea, a través de sus

raíces; este elemento es necesario para el crecimiento del maíz. Esta sinergia se repite en la cocina, pues la combinación maíz-frijol es de gran calidad nutritiva. La idea de cultivar dos o más plantas juntas tiene orígenes más remotos, pues en los restos arqueológicos se han encontrado frijol, calabaza y maíz domesticados o cultivados, esto es, muy probablemente asociados. Haber alcanzado este logro constituye un momento cumbre de la humanidad (Lira y Payan, 2012).

La milpa es un agroecosistema mesoamericano cuyos principales componentes productivos son maíz, frijol y calabaza (apodados a veces "las tres hermanas"), complementados por el chile en algunas regiones. Este término se utiliza, en regiones fuera del ámbito mesoamericano, a los campos sembrados de maíz. El nombre milpa deriva del náhuatl "*milli*", parcela sembrada, y pan, encima, en, literalmente, "lo que se siembra encima de la parcela". La milpa es entonces, tanto el espacio físico, la tierra, la parcela, como las especies vegetales, la diversidad productiva que sobre ella crece (Milpa, 2014).

Adicionalmente la milpa es también el reflejo de los conocimientos, la tecnología y las prácticas agrícolas necesarias para obtener de la tierra y del trabajo humano los productos necesarios para satisfacer las necesidades básicas de la familia campesina. "Hacer milpa" significa realizar todo el proceso productivo, desde la selección del terreno hasta la cosecha (Milpa, 2014).

El cultivo simultáneo de dos o más especies vegetales ha sido práctica usual en la agricultura tradicional de subsistencia. Las asociaciones maíz-haba, maíz-frijol y maíz-calabaza son comunes en el Altiplano de México. Los agricultores señalan varias ventajas de este sistema sobre el monocultivo. Dentro de los más destacados se pueden mencionar la obtención de dos o más productos que permiten diversificar la dieta alimenticia familiar. Aunque el

rendimiento de cada cultivo en la asociación es inferior al de su monocultivo, la suma de los rendimientos de la asociación supera al monocultivo, es más eficiente la utilización de los recursos ecológicos, luz, agua y nutrientes vegetales. Un cultivo asociado, en general, es menos atacado por plagas y enfermedades que un monocultivo (Milpa, 2014).

2.2.2. Monocultivo

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), los monocultivos son la práctica agrícola de cultivar un único tipo de planta en toda una finca o área determinada. El sistema agrícola convencional/productivista, también conocido como modelo agrícola industrial, se caracteriza por preferir los monocultivos y la producción a gran escala, utilizar prácticas de producción intensivas recurriendo fuertemente al uso de capital, tecnología e insumos petroquímicos externos, y orientarse al mercado nacional y cada vez más al global (Altieri, 2009).

El monocultivo se refiere a las plantaciones de gran extensión con el cultivo de una sola especie, con los mismos patrones, resultando en una similitud genética, utilizando los mismos métodos de cultivo para toda la plantación control de plagas, fertilización y alta estandarización de la producción, lo que hace más eficiente la producción a gran escala (Altieri, 1999).

2.3. Efectos de los policultivos sobre los insectos plagas

Frecuentemente las plagas insectiles son menos abundantes en los policultivos que en monocultivos. El uso de los sistemas de policultivos puede aumentar la importancia de parasitoides y depredadores como controladores naturales de las poblaciones de insectos dañinos. Las posibles razones

son incrementos en la variedad y cantidad de fuentes disponibles de alimento, mejores condiciones de micro hábitats, cambios en señales químicas que afectan la ubicación de las especies plagas e incrementos en la estabilidad de dinámica de poblaciones de depredadores, presas y parasitoides (Andow, 1991).

Estos factores pueden ayudar a mejorar el éxito en la reproducción, sobrevivencia, y eficacia de los enemigos naturales. Otro factor importante es que las plagas de insectos, especialmente las especies con un limitado índice de huéspedes, tienen mayor dificultad para ubicar y permanecer en sembradíos pequeños y dispersos que para hacerlo en cultivos grandes y densos (Andow, 1991).

2.4. Policultivos como prevención de enfermedades

Las plantas de especies susceptibles a plagas se pueden cultivar con una menor densidad en policultivos que en monocultivos, pues el espacio entre ellas se puede ocupar con otras especies de plantas resistentes que son de gran valor para el agricultor. Esta menor densidad de plantas susceptibles puede aminorar la propagación de las enfermedades al disminuir la cantidad de tejido infectado y que posteriormente sirva como una nueva fuente de inóculo. En algunas enfermedades el sólo hecho de aumentar la distancia entre plantas susceptibles mediante una reducción de densidad puede también disminuir la propagación del inóculo. Ésto se ha observado en monocultivos y combinaciones de cebada y trigo expuestos a la necrosis de la cebada (Andow, 1991).

Las plantas resistentes diseminadas entre plantas susceptibles, pueden interceptar la diseminación del inóculo por el viento o el agua e impedir el microclima de los policultivos haciendo que éste sea menos favorable para el

desarrollo de enfermedades. Se ha observado que varias enfermedades de la arveja han disminuido en su gravedad cuando las enredaderas están asociadas con cereales, que cuando permanecen enredadas en el suelo, el asocio de estas especies mejora la circulación del aire y reduce la humedad (Leyva, 1992; Cano *et al.*, 2004).

2.5. Plagas del maíz

El maíz es susceptible de ser atacado por diferentes tipos de plagas como el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda*(Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) que es considerado como la principal plaga de este cultivo. Este se encuentra distribuido en toda la república Mexicana causando daños severos ya que se alimenta del meristemo apical del cogollo, evitando su crecimiento. Con infestaciones altas puede llegar a causar la pérdida total del cultivo (Domínguez y García, 1995).

2. 5. 1. *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

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

El daño más común lo realiza en el cogollo de la planta, en donde las plantas jóvenes pueden ser destruidas o debilitadas. Las plantas mayores son defoliadas o afectadas seriamente en su desarrollo; las inflorescencias y las mazorcas sufren daño, los tallos aparecen cortados o minados al nivel del suelo (King y Saunders, 1984).

La oviposición de *S. frugiperda* en maíz ocurre a partir del primer día de emergencia, encontrándose la mayor parte de las masas de huevos en el envés de la primera hoja formada. Las hembras ovipositan masas de 40 a 300 huevecillos, que son esféricos de color verde aperlado y cambian a café claro al final de la maduración y son cubiertos por escamas de la misma palomilla. Dos o tres días después nacen las larvas, las cuales exhiben hábitos canibalísticos y se destruyen entre sí cerca de la masa original. Las que sobreviven se dispersan iniciando su alimentación en el follaje, el cual raspan dejando manchas traslúcidas (Agredo y Polo, 1995).

La larva del primer estadio consume el tejido foliar por un lado, sin llegar a perforarlo, dejando intacta la capa epidérmica del haz de la hoja. A partir del segundo o tercer estadio la alimentación de las larvas en el cogollo se manifiesta con una hilera de perforaciones en las hojas. Los últimos estadios pueden ocasionar una defoliación completa, dejando únicamente las nervaduras o tallo de la planta (Capinera, 1999).

El daño económico de esta plaga es importante. Una infestación no controlada de *S. frugiperda* puede ocasionar una reducción del rendimiento de 13 a 60%, debido a la pérdida de área foliar y a un retraso o inhibición en la emisión de las inflorescencias (García, 2008).

Este insecto pasa por cuatro fases de desarrollo conocidas como huevo, larva, pupa y adulto, y es la fase de larva la que ocasiona el daño al maíz, cuando se alimenta de las hojas que forman el cogollo de las plantas (Covarrubias, 2006).

Cuando el daño ocurre durante las primeras dos a tres semanas después de emergido el cultivo, la larva puede llegar fácilmente hasta el punto de crecimiento del maíz y destruirlo, con lo que la planta ya no crece y muere. Si las

plantas están más desarrolladas, el daño al cogollo disminuye el rendimiento en grano del cultivo al momento de la cosecha(Covarrubias, 2006).

2.6. Control biológico

El control biológico es un método de control de plagas, enfermedades y malezas que consiste en utilizar organismos vivos (depredadores, parasitoides y patógenos), con la finalidad de controlar las poblaciones de otro organismo(Nájera y Souza, 1998).

Spodoptera frugiperda es una plaga regulada biológicamente por diversas especies de parasitoides, depredadores y entomopatógenos las cuales en forma natural, reducen más del 50% de la población de larvas y pupas (García *et al.*, 1999).

Esta importante fauna benéfica inicia su colonización al cultivo desde época muy temprana, incrementando sus poblaciones paralelamente con la infestación de la plaga (Nájera y Souza, 1998).

Hasta el momento, se conoce más de un millón de especies de insectos distribuidas en todo el mundo. De esta enorme diversidad, se estima que en los agroecosistemas únicamente el 1% de las especies se comporta como plaga y el 99% está integrado por fauna auxiliar, de la cual, el 35% está representado por enemigos naturales de las plagas, entre los que destacan diversas especies de insectos depredadores y parasitoides, y el 64% restante lleva a cabo otras funciones (Nájera y Souza, 1998).

El control de insectos plaga en la agricultura se ha realizado principalmente con la aplicación de insecticidas químicos. Estos insecticidas han generado problemas de contaminación ambiental, de toxicidad a insectos no blancos y, de

manera más importante, a los agricultores que los aplican. Se estima que cada 40 segundos muere un humano por problemas generados por contaminación con plaguicidas. Por otra parte, los insecticidas químicos han perdido su eficacia en el control de insectos, ya que su aplicación ha generado la aparición de poblaciones de insectos resistentes (Soberón y Bravo, 1998).

2.6.1. Insectos parasitoides

Los insectos parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en el control biológico aplicado y juegan un papel fundamental como reguladores naturales. En gran medida, el uso preferencial de parasitoides sobre depredadores se debe a un mayor nivel de especialización de los primeros, es decir, mientras los insectos depredadores se alimentan generalmente de muchas especies de presas, los parasitoides solo son capaces de consumir a uno, o unos cuantos hospederos (Bernal, 2007).

En este sentido, la dinámica poblacional de los insectos, en particular las plagas, generalmente está más ligada a la de los insectos parasitoides. En consecuencia, los parasitoides son identificados con mayor frecuencia como los principales responsables de la regulación de poblaciones de insectos (Bernal, 2007).

Los parasitoides son organismos generalmente monófagos, en su estado inmaduro, las larvas se alimentan y desarrollan dentro, o sobre el cuerpo de un solo insecto hospedero, al cual matan lentamente, ya sea que se trate de huevo, larva, pupa o muy raramente adulto de éste. En la mayoría de los casos consumen todo o la mayor parte del hospedero. Al término de su desarrollo larvario le causan la muerte y forman una pupa ya sea en el interior o fuera del

cuerpo. Normalmente, son más pequeños que el hospedero (Leyva, 1992; Cano *et al.*, 2004).

En el estado adulto, los parasitoides son de vida libre y frecuentemente se alimentan de mielecilla, néctar, polen o desechos orgánicos de origen vegetal o animal. Sin embargo, existen muchas especies parasíticas cuyas hembras deben alimentarse de los hospederos para poder producir sus huevecillos. Este tipo de enemigos naturales pueden tener una generación al año (univoltinos), o presentar dos o más generaciones al año (multivoltinos) (Leyva, 1992; Cano *et al.*, 2004).

Tomando en cuenta su localización en el hospedero se considera ectoparasitoide cuando se encuentran y se alimentan en el exterior del cuerpo del hospedero y endoparasitoide cuando se localizan y se alimentan en el interior del cuerpo del hospedero (Askew y Shaw, 1986).

De acuerdo al número de individuos que emergen en el hospedero los parasitoides se clasifican como solitarios cuando solo un individuo se desarrolla dentro de su hospedero y gregarios cuando se desarrollan varios parasitoides en su hospedero (Askew y Shaw, 1986).

En los parasitoides se observan dos estrategias de vida diferentes, una es la “idiobionte”, que se presenta en las especies que paralizan permanentemente a sus hospederos, evitando que continúen su desarrollo después de haber sido parasitados. La otra es la estrategia “koinobionte”, en la que el parasitoide paraliza temporalmente a la víctima, permitiéndole continuar su crecimiento y eliminándola solo cuando ha alcanzado un tamaño o un estadio de desarrollo determinado (Askew y Shaw, 1986).

La mayoría de los insectos parasitoides que participan en el control biológico de plagas agrícolas, ya sea natural o inducido, se mencionan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Principales órdenes y familias de insectos parasitoides.

Orden	Familia	Tipo de hospedero
Hymenoptera	Aphelinidae	Escamas, pulgones, mosquitas blancas, psílidos, chinches y moscas entre otros.
	Braconidae	Larvas de escarabajos, moscas, mariposas, así como pulgones y chinches.
	Chalcididae	Larvas o pupas de mariposas, moscas, escarabajos, crisópidos y otras avispas.
	Encyrtidae	Escamas, huevos o larvas de escarabajos, moscas, mariposas, crisópidos y avispas, huevos de chapulines y chinches.
	Eulophidae	Huevos, larvas, pupas y adultos de 10 órdenes de insectos, inclusive acuáticos.
	Figitidae	Larvas de moscas, crisópidos y avispas.
	Ichneumonidae	Larvas de escarabajos, mariposas y avispas.
	Mymaridae	Huevos de cícadas, chapulines, grillos, escarabajos, chinches, pulgones y moscas.
	Perilampidae	Pupas de avispas, escarabajos y crisópidos.
	Pteromalidae	Larvas de escarabajos, pulgones, chicharritas, cigarras y moscas.
	Scelionidae	Huevos de mariposa, grillos, chapulines, mántidos, chinches, cigarras, chicharritas, escarabajos y moscas entre otros.
	Torymidae	Parasitan a más de 51 familias en 8 órdenes de insectos, especialmente avispas y moscas formadoras de agallas. Huevos de mariposas, chinches, escarabajos, trips, moscas,
		Trichogrammatidae
Diptera	Tachinidae	Larvas de mariposas, escarabajos, estados inmaduros de chinches, saltamontes y chapulines.

(Bahena, 2008; Cano y Carballo, 2004; Goulet y Huber, 1993; Morón y Terrón, 1988)

2.6.2. Insectos depredadores

Estos son organismos de vida libre y matan a sus presas al alimentarse de ellas. En forma general las hembras de los depredadores depositan sus huevos

cerca de las posibles presas. Al eclosionar los huevos, las larvas o ninfas buscan y consumen a sus presas. Los insectos depredadores acechan a sus presas cuando éstas están inmóviles o presentan poco movimiento. En ocasiones las atacan directamente sin acecharlas (Badiiet *al.*, 2000; García *et al.*, 2000).

Los depredadores generalmente se alimentan de todos los estados de desarrollo de sus presas; en algunos casos, los mastican completamente y en otros les succionan el contenido interno. En este caso, es frecuente la inyección de toxinas y enzimas digestivas (Badiiet *al.*, 2000; García *et al.*, 2000).

De acuerdo a sus hábitos alimenticios, los insectos depredadores se clasifican como polífagos, cuando se alimentan de especies que pertenecen a diversas familias y géneros; oligófagos cuando se alimentan de presas que pertenecen a una familia, varios géneros y especies o se consideran monófagos a los insectos que se alimentan de especies que pertenecen a un solo género (Nájera y Sousa, 2009).

Los insectos depredadores se diferencian de los parasitoides debido a que sus larvas o ninfas se alimentan de muchas presas individuales para completar su ciclo de vida, además se alimentan externamente, es decir, no penetran al interior de la presa y generalmente son de mayor tamaño que su presa (Nájera y Sousa, 2009).

La mayoría de los insectos depredadores que participan en el control biológico de plagas agrícolas, ya sea natural o inducido, se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Principales órdenes y familias de insectos depredadores.

Orden	Familia	Principales presas
Coleoptera	Coccinellidae	Pulgones, escamas, cochinillas y moscas blancas.
	Cleridae	Larvas de mariposas, picudos y chicharritas.
	Melyridae	Huevos, larvas, pupas, adultos de tamaño pequeño y cuerpo blando de diversos insectos.
	Carabidae	Larvas y pupas de mariposas y avispa.
Hemiptera	Anthocoridae	Trips, ninfas de mosquita blanca, pequeñas larvas de mariposas, ácaros y pulgones.
	Geocoridae	Pequeños insectos de diferentes grupos.
	Reduviidae	Pulgones, larvas de mariposa, escarabajos y chicharritas.
	Pentatomidae	Escarabajos y catarinitas plaga.
Diptera	Phymatidae	Abejas, moscas, mariposas y otras chinches.
	Asilidae	Chapulines, escarabajos, avispa, abejas, huevecillos de chapulines y otras moscas.
	Syrphidae	Las larvas son depredadores de pulgones y pequeñas larvas de mariposas.
Neuroptera	Chrysopidae	Sus larvas se alimentan de pulgones, escamas, mosquitas blancas, ácaros, huevos, larvas de mariposas, escarabajos y trips.
	Hemerobiidae	Adultos y larvas son depredadores de pulgones, larvas de mariposas y otros insectos de cuerpo blando.
Hymenoptera	Formicidae	La mayoría son depredadores generalistas.
	Vespidae	Depredadores generalistas.
Dermaptera	Forticulidae	Pulgones, huevos y larvas de mariposas y palomillas.
Mantodea	Mantidae	Depredadores generalistas.
Odonata	Calopterygidae	Moscas, mosquitos y otros insectos pequeños.
	Coenagrionidae	Moscas, mosquitos y otros insectos pequeños.

(Bahena, 2008; Cano y Carballo, 2004; Morón y Terrón, 1988)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del área de estudio

Para la realización de este estudio se eligieron dos parcelas ubicadas en la comunidad de Barranca Fierro misma que se localiza en las coordenadas $16^{\circ} 47' 18''$ latitud norte, longitud $96^{\circ} 55' 02''$ Este; y se encuentra a una altura de 1600 metros sobre el nivel del mar, perteneciente al municipio de San Miguel Mixtepec, Distrito de Zimatlán de Álvarez, Estado de Oaxaca (Nuestro México, 2014).

El estado de Oaxaca se divide en 8 regiones, Zimatlán de Álvarez se encuentra en la región de valles centrales. En esta se localiza el municipio de San Miguel Mixtepec y dentro de este se ubica la comunidad de Barranca Fierro.

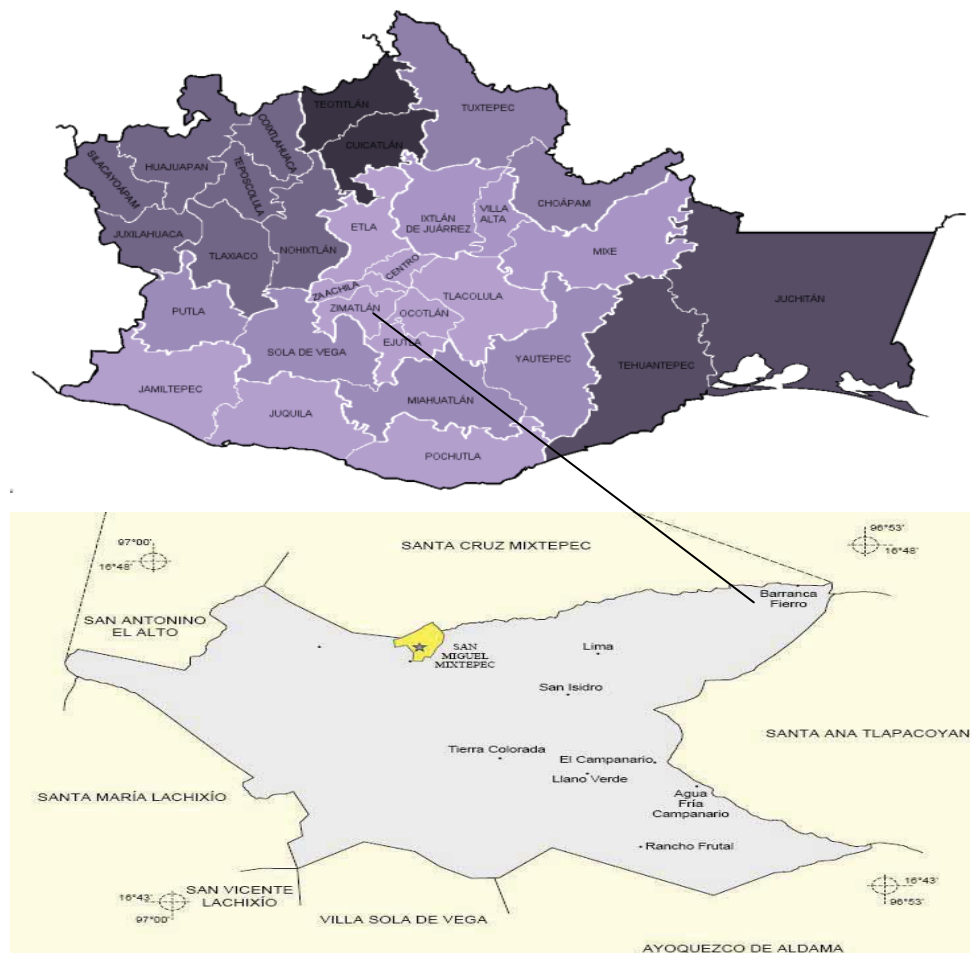


Figura 1. Ubicación de Barranca Fierro, Municipio de San Miguel Mixtepec; en el estado de Oaxaca.

3.2. Establecimiento de la siembra

3.2.1. Monocultivo

Antes de establecer la siembra, se realizaron distintas labores, entre las cuales destaca el corte de maleza. Esta faena se realizó con una hoz. Posteriormente se procedió a regar la parcela con la finalidad de mantener la humedad en el suelo a la hora de la siembra, tres días después se barbechó con tractor, y al día siguiente se establecieron surcos con tiro de bueyes.

Las labores de surqueo se realizó en dos ocasiones, la primera fue para eliminar raíces de malezas y la siguiente para establecer la siembra. Todo esto se realizó el día 8 de enero del 2013, en una parcela con dimensiones de 50 metros de largo por 30 de ancho. Esta faena se estableció bajo el sistema tradicional de la comunidad, es decir dos personas siguiendo a la yunta para depositar tres o cuatro granos de maíz en cada paso quedaban (Fig. 2).

Las semillas que se utilizaron para la siembra son de variedad criolla, y no tienen un nombre oficial, las personas de la comunidad la reconocen por sus características físicas (color del totomoxtle, color del olote, color y tipo del grano, altura y precocidad de las plantas) además de que cada familia tiene guardado su propio germoplasma.



Figura 2. Sistema tradicional de siembra en la comunidad de Barranca Fierro.

Después que las plantas emergieron se dio a la tarea de observarlas y tomarles datos de su desarrollo fenológico (Fig. 3), como fueron: conteo del número de hojas, altura de la planta (Fig. 4), fecha de floración y de marchitez (Fig. 5). Este trabajo se realizó semanalmente por las mañanas hasta llegar a la cosecha.



Figura 3. Plantas de maíz con 9 y 10 hojas con una altura de 45 centímetros aproximadamente.



Figura 4. Plantas con un desarrollo fenológico óptimo, con 13 hojas y altura de 180 a 190 cm.



Figura 5. Corte del tallo aéreo para acelerar la marchitez de los frutos y así realizar un poco antes la pizca.

3.2.2. Policultivo

Para realizar la siembra, primero se eliminaron las malezas y los residuos de la cosecha anterior, esta labor se efectuó con una quema en la parcela. Posteriormente se realizó un riego para que la tierra se ablandara y pudiera penetrar mejor el arado, también para adquirir la humedad necesaria para que las semillas germinaran.

Terminado este trabajo se procedió a barbechar, primero con el tractor y al siguiente día con la yunta. Antes de tirar las semillas al suelo se tuvo que mezclar semilla de maíz con lade frijol y calabaza en una proporción de 50, 40 y 10%, respectivamente (Fig. 6). Esta labor se realizó el 9 de enero del 2013. La siembra se llevó cabo bajo el método tradicional de esta localidad. El terreno donde se llevó a cabo este trabajo medía 40 metros de ancho por 70 de largo.

Una vez que las plantas brotaron, se efectuaron las observaciones de sus fenologías semanalmente por las mañanas, hasta la cosecha (Fig. 7).



Figura 6. Maíz, frijol y calabaza en policultivo.



Figura 7. Policultivo presentando madurez fenológica.

3.3. Estimación del nivel de infestación de *Spodoptera frugiperda*

Para el monitoreo sobre incidencia del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* se realizaron muestreos semanales en cinco puntos, (Figura 8) en ambas parcelas. Cada uno de los sitios midió 3 m² y en cada uno de ellos se tomaron 10 plantas por semana. Esta actividad empezó a efectuarse a partir del 4 de febrero hasta el 8 de abril de 2013.

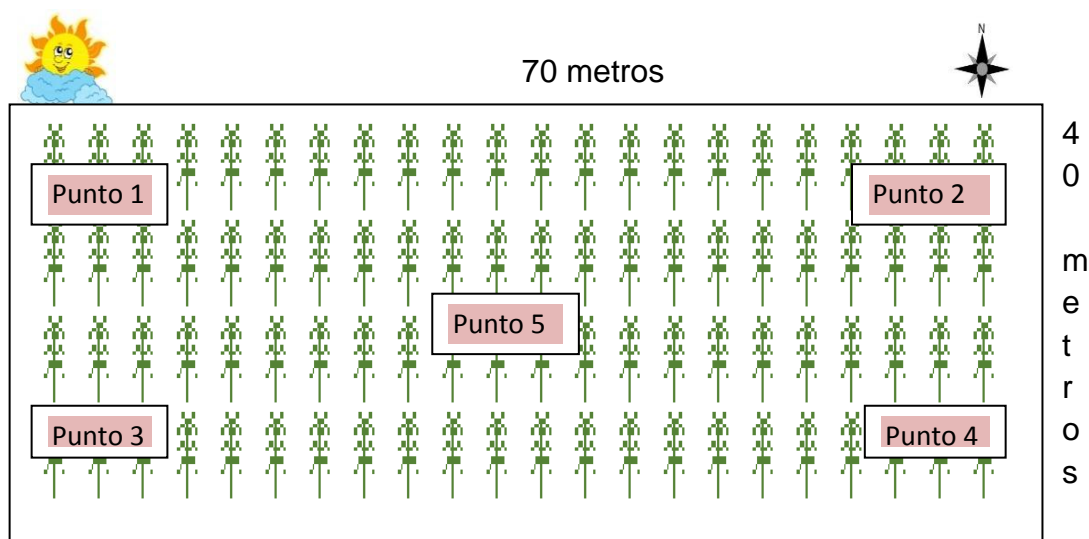


Figura 8. Puntos de muestreo de gusano cogollero en la parcela localizada en Barranca Fierro.

Las larvas encontradas en los sitios de muestreo se colectaron utilizando pinzas entomológicas y se colocaron individualmente en cajas Petri de plástico con sus respectivos datos. Las larvas colectadas se alimentaron diariamente por las mañanas y por las tardes con hojas tiernas de maíz hasta llegar a formar la pupa.

3.4. Estimación del nivel de parasitismo de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en un mono y policultivo de maíz

Para estimar el nivel de parasitismo las pupas eran revisadas diariamente, para observar y registrar emergencia de parasitoides o de palomillas. La

identificación de los parasitoides se realizó con las claves de Cave (1995), en el laboratorio de control biológico del CIIDIR unidad Oaxaca.

El porcentaje de parasitismo se estimó con la fórmula:

$$\text{Parasitismo (\%)} = \frac{\text{No de parasitoides} \times 100}{(\text{No. De parasitoides} + \text{No. de larvas no parasitadas})}$$

Donde No. de parasitoides es el total de parasitoides obtenidos por colecta, y No. de larvas no parasitadas es el total de larvas por colecta que completaron su ciclo normal.

4. RESULTADOS

4.1. Infestación de *S. frugiperda* en un monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca

Desde el primer momento en que se muestrearon ambas parcelas se observó la presencia del gusano cogollero siendo el monocultivo donde se produjo la mayor infestación, caso contrario a los resultados obtenidos en el policultivo de maíz, frijol y calabaza (Cuadro 3.). Al concluir la fase de muestreo, en el monocultivo se capturaron en total 31 larvas de gusano cogollero mientras que en el policultivo solo se colectaron 25 larvas.

Cuadro 3. Infestación de *S. frugiperda* en un monocultivo de maíz y policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca.

Fechas de muestreo	Maíz		MFC	
	Total de larvas por muestreo	Larvas acumuladas	Total de larvas por muestreo	Larvas acumuladas
04-feb	2	2	1	1
14-feb	5	7	5	6
20-feb	2	9	0	6
25-feb	3	12	3	9
04-mar	5	17	4	13
11-mar	4	21	1	14
18-mar	3	24	2	16
25-mar	5	29	6	22
01-abr	2	31	3	25
08-abr	0	31	0	25

Considerando los datos acumulados de presencia de gusano cogollero (Figura 9), se puede apreciar, que con la misma tendencia, esta plaga es más abundante en el monocultivo que en el policultivo.

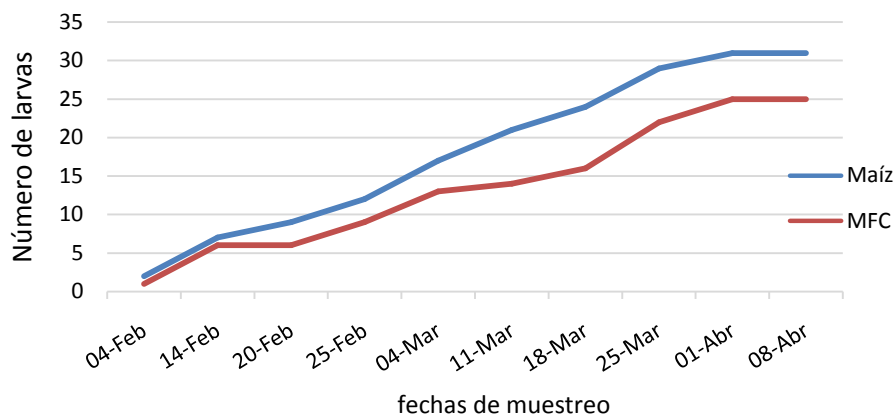


Figura 9. Infestación de *Spodoptera frugiperda* en un monocultivo de maíz y en un policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca.

4.2. Nivel de parasitoidismo de *S. frugiperda* en un monocultivo de maíz y en un policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca

Los niveles de parasitoidismo que se obtuvieron en ambas parcelas indicaron una diferencia importante. En el monocultivo se registró el 22.22% mientras que en el policultivo de maíz, frijol y calabaza se obtuvo el 35.71%. Estos resultados indican que existió una mayor actividad de insectos parasitoides en el policultivo a comparación del monocultivo (Cuadro 4), aun cuando la abundancia de cogollero fue mayor en el monocultivo.

Aunque también existió mortalidad de gusano cogollero en campo y en caja Petri, esto se debió probablemente a otros factores ambientales y biológicos.

Cuadro 4. Porcentaje de parasitoidismo de *S. frugiperda* en un monocultivo de maíz y en un policultivo de maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro Oaxaca.

Fechas de parasitoidismo	Larvas acumuladas en maíz	Parasitoidismo en maíz	% de parasitoidismo en maíz	Larvas acumuladas en mfc	parasitoidismo en mfc	% de parasitoidismo en mfc
4 -feb.	2	1	50	1	1	100
14 - feb.	7	3	42.8	6	1	16.6
20 - feb.	9	3	33.3	6	1	16.6
25 - feb.	12	3	25	9	2	22.2

4 - mar.	17	4	23.5	13	5	38.4
11 - mar.	21	4	19	14	5	35.7
18 - mar.	24	4	16.6	16	5	31.2
25 - mar.	29	4	13.7	22	5	22.7
1 - abr.	31	4	12.9	25	5	20
8 - abr.	31	4	12.9	25	5	20

La diferencia de porcentajes de parasitoidismo encontrados en cada fecha de muestreo en ambas parcelas, se muestran de manera gráfica en la figura 10.

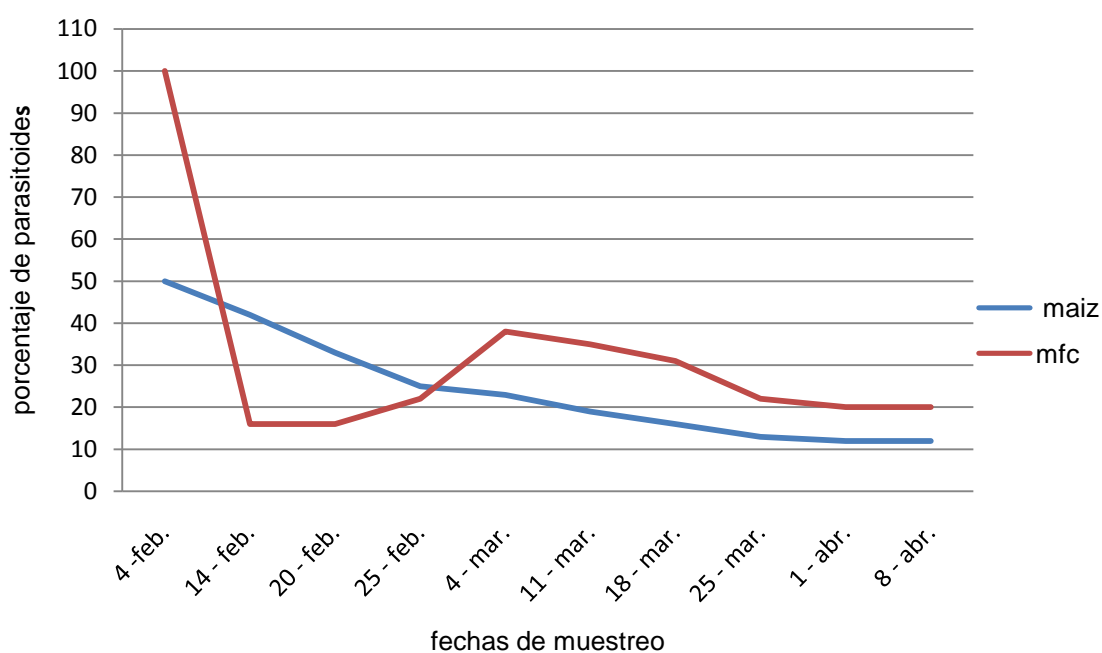


Figura 10. Diferencias de porcentajes de parasitoides en una parcela de maíz y una de policultivo de maíz, frijol, calabaza.

La especie de parasitoide del gusano cogollero que eclosionaron de las pupas de *S. frugiperda* fueron los de *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Figura 11).



Figura 11. Parasitoide *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae).

4.3. Fluctuación poblacional de *S. frugiperda*

La fluctuación poblacional de gusano cogollero, *S. frugiperda*, tuvo una importante variación, ya que en cada muestreo se capturaron diferentes números de larvas, aunque al inicio de esta labor se capturó una menor cantidad de larvas, pero estas incrementaron de acuerdo al desarrollo fenológico de las plantas. En la parcela del policultivo se registró una mayor fluctuación.

4.4. Fluctuación población de los parasitoides de gusano cogollero

La fluctuación poblacional de insectos parasitoides registró mayor actividad en los inicios del periodo de muestreo en ambas parcelas, posteriormente la actividad de estos insectos no mostró mayor exaltación.

4.5. Fenología del monocultivo maíz y policultivo maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, San Miguel Mixtepec, Oaxaca

El monocultivo de maíz tardó 140 días después de la siembra para su cosecha, mostrando una precocidad de 30 días comparado con el policultivo (Cuadro 5) aunque el sistema milpa presentó una diferencia de 10 centímetros mayor en la altura de la planta, este factor no cambió el número máximo de hojas

registradas en ambas parcelas y tampoco influyo positivamente en la cosecha ya que el monocultivo registró mayor rendimiento en grano. Las diferencias fenológicas registradas se dieron probablemente por causas de factores microclimáticas o a diferencias en la cantidad de nutrientes en el suelo de ambas parcelas.

Cuadro 5. Fenología de los cultivos de maíz y maíz-frijol-calabaza en Barranca Fierro, Oaxaca.

Días después de siembra	Desarrollo del maíz	Desarrollo de MFC
15 dds	Germinación de plantas al 100%, La mayoría de estas constan de 5 hojas.	Germinación al 100%. La mayoría de las plantas poseen 3 hojas.
61 dds	35% de flor masculina y 15% de flores femeninas.	Plantas con 10 hojas y 72 cm. de altura, 0% de flores.
90 dds	Elotes al 10% de su maduración, las flores masculinas con un alto nivel de polen.	Plantas con 80% de flores femeninas y 70% de flores masculinas.
110 dds	Elotes al 100% de su madurez, mientras que las plantas alcanzaron una altura promedio de 185 cm con 13 hojas.	Los elotes han alcanzado el 35% de su madurez fisiológica y las flores masculinas en plena polinización.
125 dds	el 80% de las plantas presentan marchitez y el totomoxtle un 90%.	Fruto con madurez optima, las plantas alcanzaron una altura promedio de 2 metros y 13 hojas.
140 dds	Pizca.	Se presentó una marchitez de forma uniforme en toda la parcela.
170 dds		Se realiza la pizca.

5. DISCUSIÓN

Los niveles de parasitoidismo encontrados en este estudio (22 a 36%), son similares a los encontrados en maíz como monocultivo por Martínez-Martínez *et al.* (2013) para *Campoletis sonorensis* en Etna, Oaxaca.

La especie de parasitoide que se encontró en ambas parcelas fue *Campoletis sonorensis*, esta especie se encuentra presente en otras regiones de Oaxaca (Cruz-Sosa *et al.*, 2007) y del país (Bahena, 2008).

La fluctuación poblacional de *S. frugiperda* mostró bastantes diferencias, una menor población del gusano, al inicio y al final del cultivo en ambas parcelas y una población más o menos constante desde mediados de febrero y hasta finales de marzo. Martínez-Martínez *et al.* (2013) encontraron que la mayor presencia de *S. frugiperda* en maíz en Etna, Oaxaca, fue del 23 de marzo al 25 de mayo y que hubo una menor densidad de cogollero al inicio del cultivo, es decir en febrero.

La fluctuación poblacional del parasitoide fue variable en ambas parcelas, principalmente se presentó al inicio del cultivo, lo cual coincide con lo encontrado por Martínez-Martínez *et al.* (2013) en el estado.

Se presentaron diferencias entre la precocidad del monocultivo de maíz y el policultivo de maíz-frijol-calabaza. También hubo diferencias cualitativas en el rendimiento del maíz entre ambas parcelas, con una mayor producción de maíz en el monocultivo. Estos resultados concuerdan con Martínez (2004) quien indica que el rendimiento de grano en maíz depende de la fecha de siembra, densidad de población y de la interacción de otros factores como la competencia. Así mismo Lepiz (1982), indica que en la asociación ocurre un efecto de competencia de genotipos que abaten los rendimientos de maíz-frijol-calabaza, aunque una menor producción de maíz se compensaría finalmente con el cultivo de frijol y

calabaza, obteniendo así más producto en el policultivo, además de obtener una mayor variedad de alimento para el consumo familiar.

Liebman (1997), menciona que una de las principales razones por la cual los agricultores a nivel mundial se deciden a sembrar policultivos, es que frecuentemente se puede obtener un mayor rendimiento en la siembra de una determinada área sembrada como policultivo que de un área equivalente en monocultivo.

La infestación de gusano cogollero fue mayor en el monocultivo, en comparación con el policultivo. Posiblemente en el policultivo la menor infestación se debió a la acción de depredadores y parasitoides como lo propone Gutiérrez-Martínez (1999) y Nicholls (2008) para sistemas con asociaciones heterogéneas de plantas que poseen más especies de insectos depredadores y parasitoides.

El nivel de parasitoidismo total general fue mayor en el policultivo (35.71%), comparado con el monocultivo (22.22%), como se esperaría en los sistemas diversificados que 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 lo tanto poseen más especies de insectos benéficos asociados en contraste con los sistemas de monocultivo, tal abundancia se ve reflejada en el aumento de depredadores y parasitoides (Nicholls, 2008).

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo se concluye que la hipótesis planteada es aceptada, ya que los niveles de parasitoidismo en *Spodoptera frugiperda* en un monocultivo fueron menores comparados con los del policultivo.

Se determinó que *Campoletis sonorensis*, es la especie parasitoide predominante en la comunidad de Barranca Fierro para el control biológico natural del gusano cogollero, ya que es la única especie encontrada en ambas parcelas.

Se reafirma que el rendimiento del maíz en un monocultivo es superior comparado con el policultivo, debido a que no existe mayor competencia por nutrientes en este sistema de producción.

Se ratifica que en el monocultivo de maíz la infestación de gusano cogollero es más alta por falta de diversidad vegetal para la atracción de mayor variedad de entomofauna para el control de la plaga, caso contrario con la parcela de policultivo.

Esta es la primera investigación realizada en la comunidad de Barranca Fierro, por lo que la información aquí recabada es de gran importancia para futuras investigaciones sobre parasitoides de *Spodoptera frugiperda* y sobre fenología del maíz.

7. LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A. and C. I. Nicholls. 1999. Classical biological control in Latin America, past, present, and future. In: Handbook of biological control. T. S. Bellows and T. W. Fisher (Eds.). Academic Press. Pp. 975-991.
- Altieri, M.A., J. Trujillo; L. Campos; C. Klein-Koch; C.S. Gold; J. R. Quezada. 1989. El control biológico clásico en América Latina en su contexto histórico. *Manejo Integrado de Plagas*, 12: 82-107.
- Aragón-Cuevas, F. S. Taba, J. M. Hernández Casillas, J. de D. Figueroa C., V. Serrano Altamirano y F. H. Castro García. 2006. Catálogo de maíces criollos de Oaxaca. INIFAP-SAGARPA: Libro Técnico Núm. 6. Oaxaca, Oaxaca, México. 344p.
- Askew, R. R. y M. R. Shaw. 1986. Parasitoid communities: their size, structure and development. pp. 225-264. En: Waage, J. Y. y D. Greathead (eds.). *Insect Parasitoids*. Academic Press, London. Bahena (2008), Cano y Carballo (2004), Goulet y Huber (1993) y Morón y Terrón (1988).
- 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.
- Badii, M. H., A. E. Flores y L. J. Galán W. 2000. Fundamentos y perspectivas de control biológico. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 462p.
- Bahena, J.F.; R. Sánchez; R. Peña M. 2004. Entomófagos asociados a las plagas de canola en Michoacán. *Memorias del XXVII Congreso Nacional de Control Biológico*. Los Mochis, Sinaloa. Pp. 210-213.

- Bautista, M., N. 2006. Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. México. 113p.
- Bernal, J. S. 2007. Biología, ecología y etología de parasitoides, Pp. 61-74. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.), Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303 p.
- Castañeda, Y., y J. L. García. 2007. Papel estratégico de la diversidad genética del maíz y situación de los pequeños productores campesinos y los cambios tecnológicos. México, ponencia presentada en el VI de la asociación Mexicana de Estudios rurales. Veracruz.
- Cave, R. D. 1995. Manual Para el Reconocimiento de Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central. Primera edición. Zamorano Academia Press. Honduras. 202p.
- CONABIO. 2006. Documento base sobre centros de origen y diversidad en el caso de maíz en México. [En línea]. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/Doc_CdeOCdeDG.pdf. (Fecha de consulta 5/08/2014).
- Cortez-Mondaca, E., J. M. Fierro-Corrales y F. Bahena-Juárez. 2008. Reporte preliminar de parasitoides de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en maíz, en Sinaloa, México. XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. Zacatecas, Zacatecas. Pp.76-80.
- Cruz-Sosa, E., L. Martínez M., R. Jarquín L. y N. Pérez P. 2007. Parasitismo del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera:

- Noctuidae), en Oaxaca, México. XXX Congreso Nacional de Control Biológico- Simposio del IOBC. Mérida, Yucatán. Pp.70-73.
- Domínguez, N. A. y I. C. García. 1995. Control biológico del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en maíz, en la localidad de Acatlipa, Morelos. Resúmenes de la VIII Semana de la Investigación Escolar, F.C. B.
- Fernández, F. y M. J. Sharkey. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C. 894 pp.
- García, J.A.; Mohamed, M.H.; Flores, A.E.; Fernández S.I.; Rodríguez, T. M.L. 2000. Etología de depredadores y parasitoides. Pp.61-72
- Kato, T. A., C. Mapes, L. M. Mera, J. A. Serratos, R. A. Bye (2009), Origen y diversificación del maíz. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, p. 116.
- King, A. B. S: y J. L. Saunders. 1984. Las plagas de invertebrados de cultivos anuales alimenticios en cultivos anuales alimenticios en América Central. Un guía para su reconocimiento y control. Administración de Desarrollo Extranjero (ODA). Londres. 182p.Capinera, 1999.
- Lepiz, I. R. 1982. Asociación de cultivos maíz-frijol. Folleto técnico. No. 58. INIA, SAG, México.58 p.
- Leyva, V.J.L. 1992. Biología y Comportamiento de Insectos parasitoides. En memorias III curso de control biológico. SMCB - UNAM. Cuautitlán, Edo. de México. Pp. 61-74.

- Liebman. 2013. Sistemas de policultivos. [En línea]. <http://www. Ayuntamiento motril. es/fileadmin/ areas/medioambiente /ae/ presentación/ documentos/ IO Policultivos.pdf>. (Fecha de consulta, 10/10/2013).
- Maíz, alimento completo. 2014. (MAC. 2014.) [En línea].http://www.agrytec.com/agricola/index.php?option=com_content&view=article&id=13382:maiz-alimento-completo&catid=7:articulos-tecnicos. (Fecha de consulta 11/01/2014).
- Martínez-Martínez, L., R. Jarquín-López y J. A. Sánchez. 2013. Fluctuación poblacional de dos especies de parasitoides del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Smith). Entomología Mexicana 12: 360-364.
- Martínez-Martínez, L., E. Cruz-Sosa y R. Jarquín-López. 2008. Control Natural de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en cultivos de maíz en valles centrales, Oaxaca, México. Entomología Mexicana 7: Pp. 418-421.
- Martínez, P. M. 2004. Tiempos de asociación del maíz (*Zea mays* L.) al cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en Villaflores, Chiapas. 68 p.
- Morón, M.A.; R. Terrón. 1988. Entomología Práctica. Publicación No. 22. Instituto de Ecología. México, D.F. 504 p.
- Paliwai. 2001. El maíz en los trópicos. [En línea]. <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s02.htm> (fecha de consulta 12/11/2013).
- Paredes L., O., F. Guevara L. y L. A. Bello P. 2006. Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México, D. F. 197p.
- Pérez, M. E. 2006. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz. Departamento de Manejo de Plagas, Ciudad de la Habana, Cuba. [En

línea]<http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTTE.htm>
. (Fecha de consulta 5/12/2013).

Ramírez L., A. 2013. Maíces Criollos de Oaxaca. [En línea].
http://www.mexicocampo dentro.org/maices_oaxaca.php (Fecha de
consulta: 5/11/2013).

Sánchez, A. C. 2007. Insectos depredadores en el cultivo de maíz en el Altiplano
de Puebla. UPAEP. 62 pp.

Van Driesche, R. G., M. S. Hoddle, T. D. Center, E. R. Cansino, J. M. Coronado B.
y J. M. Álvarez. 2007. Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales.
U. S. D. A. Washington, D. C. 751p.

Valdés, E. M. E. y E. F. Castrejón A. 1994. Bioensayos con polvos vegetales para
el control de *Spodoptera frugiperda* (Lep. Noctuidae). XXIX Congreso
Nacional de Entomología. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad
de Ciencias Básicas. Monterrey, México. 278p.