



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN
PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL
UNIDAD OAXACA**

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO
DE RECURSOS NATURALES

Protección y Producción Vegetal

**“EVALUACIÓN DEL PARASITISMO NATURAL EN
Spodoptera frugiperda (SMITH)
(LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) EN MAÍZ”**

TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en Ciencias

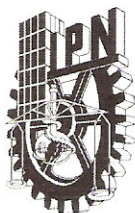
Presenta:

Elizabeth Cruz Sosa

Directora de tesis:

M. en C. LAURA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. Junio de 2009.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez siendo las 13:00 horas del día 19 del mes de junio del 2009 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: **“Evaluación del parasitismo natural en *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz”**

Presentada por el alumno:

Cruz

Apellido paterno

Sosa

materno

Elizabeth

nombre(s)

Con registro:

B	0	7	1	1	1	3
---	---	---	---	---	---	---

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 COMISIÓN REVISORA
Directora de tesis

M. en C. Laura Martínez Martínez

Dr. Jaime Ruiz Vega

Dr. José Antonio Sánchez García

Dr. Héctor González Hernández

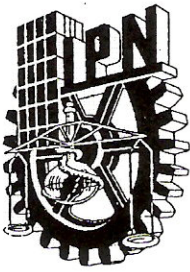
M. en C. Gladys Isabel Manzanero Medina

EI PRESIDENTE DEL COLEGIO

Dr. Juan Rodríguez Ramírez



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
CIIDIR-UNIDAD-OAXACA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de Oaxaca de Juárez el día **19** del mes **junio del año 2009**, el (la) que suscribe **Cruz Sosa Elizabeth** alumno (a) del Programa de **MAESTRÍA EN CIENCIAS EN CONSERVACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES** con número de registro **B071113**, 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 del la M. en C. Laura Martínez Martínez y cede los derechos del trabajo titulado: **“Evaluación del parasitismo natural en *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz”** 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 ó ecsosa@hotmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Cruz Sosa Elizabeth



RESUMEN

El gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) es considerado uno de los principales insectos plaga del maíz (*Zea mays* L.) ya que causa daños severos al alimentarse de los meristemos apicales del cogollo, evitando el crecimiento de la planta. En distintas regiones del país se ha encontrado varias especies de parasitoides de *S. frugiperda*. Sin embargo, en el estado de Oaxaca no se tiene un estudio detallado sobre el papel que desempeñan los parasitoides sobre *S. frugiperda*, por lo que, en el presente estudio se identificaron las especies de parasitoides que atacan a *S. frugiperda* en cuatro localidades de Valles Centrales; se calculó la diversidad de especies por localidad; se estimaron los niveles de parasitismo en campo de las diferentes especies de parasitoides; y además se evaluó el impacto de los parasitoides empleando el método de exclusión. Durante los años 2007 y 2008, se realizaron muestreos semanales de larvas de *S. frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas. Las larvas colectadas fueron llevadas a laboratorio y criadas para que continuaran su desarrollo, y observar si estaban parasitadas. A partir de larvas de *S. frugiperda* se encontraron 12 especies de parasitoides. Cuatro especies 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. Además se encontró a *Euplectrus comstockii* Howard (Hym.: Eulophidae), *Archytas* sp. (Dip.: Tachinidae) y *Lespesia* sp. (Dip.: Tachinidae). San Lorenzo Cacaotepec fue la localidad que presentó el mayor número de especies parasitoides con un total de 11. La localidad de Coatecas Altas tuvo la mayor diversidad alfa con H' de 1.85 y 1.19, mientras que la localidad de San Lorenzo Cacaotepec tuvo la menor diversidad alfa con H' de 1.51 y 1.26 para los muestreos aleatorios y no aleatorios respectivamente. La diversidad beta mostró que las localidades más similares fueron Santa Cruz Xoxocotlán y Cuilapam de Guerrero con un 78% y un 80% de similitud para los muestreos aleatorios y no aleatorios respectivamente. De manera general las especies que tuvieron mayor proporción y mayor abundancia relativas fueron

Chelonus insularis y *Campoletis sonorensis*. Para los muestreos aleatorios el mayor parasitismo se encontró en Cuilapam de Guerrero con un 26.2% y el menor fue en Santa Cruz Xoxocotlán con un 15.1%. En los muestreos no aleatorios Cuilapam de Guerrero tuvo el mayor parasitismo con 20.3% y San Lorenzo Cacaotepec el menor con 15.3%. En la evaluación del parasitismo por el método de exclusión, no se detectaron diferencias significativas entre los dos tratamientos (jaula abierta y jaula cerrada), con respecto al número de larvas hospederas recuperadas; sin embargo en las cajas abiertas sólo se detectó al parasitoide *C. sonorensis* atacando a larvas de 2º instar de *S. frugiperda*.

ABSTRACT

The fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), is considered one of the principal insect pests of corn (*Zea mays* L.) due to the severe damage it causes by feeding on the apical meristem, avoiding the growth of the plant. Several species of parasitoids of *S. frugiperda* have been identified in different regions of México. However, in the state of Oaxaca not detailed studies of the role of the parasitoids of *S. frugiperda* have been made. Thus, this study has identified the species of parasitoids that attack *S. frugiperda* in four locations in Valles Centrales; the diversity of species was calculated by locality; the levels of parasitism by the different species of parasitoids were estimated in the field and, in addition, the impact of the parasitoids was evaluated using the method of exclusion. During the year 2007 and 2008, weekly samplings of larvae of *S. frugiperda* were made in Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec and Coatecas Altas. The larvae collected were taken to the laboratory to observe if they were parasited. In the larvae of *S. frugiperda* 12 species of parasitoids were found: four species of the family Braconidae: *Chelonus insularis* Cresson, *Chelonus* sp., *Cotesia marginiventris* (Cresson), *Homolobus truncator* (Say). And five species of the family Ichneumonidae: *Campoletis sonorensis* (Cameron), *Campoletis* sp., *Pristomerus spinator* (Fabricius), *Ophion flavidus* Brullé, *Mesochorus* sp. Specimens of *Euplectrus comstockii* Howard (Hym.: Eulophidae), *Archytas* sp. (Dip.: Tachinidae) and *Lespesia* sp. (Dip.: Tachinidae) were also found. San Lorenzo Cacaotepec was the locality showing the highest number of parasitoid species with a total of 11. Coatecas Altas had the highest alpha diversity with H' values of 1.85 and 1.19, whereas the locality of San Lorenzo Cacaotepec had the lowest alpha diversity with H' values of 1.51 and 1.26 for the random and non-random samplings, respectively. The beta diversity showed that the most similar localities were Santa Cruz Xoxocotlán and Cuilapam de Guerrero with 78% and 80% similarity for the random and not random samplings, respectively. In general, the species that had the highest proportion and greater abundance were *Chelonus insularis* and *Campoletis sonorensis*. For the random samplings, the highest parasitism was found in Cuilapam de Guerrero with 26.2% and the lowest was in Santa

Cruz Xoxocotlán with 15.1%. In the non-random samplings, Cuilapam de Guerrero had the highest parasitism with 20.3%, and San Lorenzo Cacaotepec the lowest with 15.3%. In the evaluation of parasitism by the method of exclusion, there were not significant differences detected between the two treatments (open-cage and closed-cage) with respect to the number of host larvae recovered; however, in the open cages only the ichneumonid parasitoid *C. sonorensis* was detected attacking larvae of second instar of *S. frugiperda*.

AGRADECIMIENTOS

A la M. en C. Laura Martínez Martínez, por haber dirigido la presente tesis, por su amistad, sabios consejos, desinteresada enseñanza y paciente orientación, muchas gracias.

Al CONACYT por la beca otorgada para la realización de mis estudios de Maestría.

Al Instituto Politécnico Nacional, proyecto SIP-20070656 y SIP-20080386 por el apoyo brindado para la realización de la presente tesis.

A los miembros de la comisión revisora de tesis: Dr. José Antonio Sánchez García, Dr. Jaime Ruiz Vega, Dr. Héctor González Hernández y M. en C. Gladys I. Manzanero Medina, por sus comentarios y sugerencias para la mejora del presente trabajo.

Al Dr. Alejandro González Hernández, de la Universidad Autónoma de Nuevo León, y al Dr. Andrei Kalahim por corroborar las especies de parasitoides identificadas en el estudio.

A la M. en C. Roselia Jarquín López por su amistad y todo el apoyo brindado en campo y laboratorio.

A todos y cada uno de los compañeros de maestría por que colaboraron para hacer inolvidable mi posgrado. Gracias principalmente a Malinalli, Santos y Saúl, por el gran cariño y amistad que nos une.

A mis padres por creer siempre en mí, por sus sacrificios, dedicación, apoyo moral, económico y los ánimos de seguir adelante. Gracias mamá, esto también es tuyo.

Y principalmente a Dios por darme vida, por quererme y estar conmigo todos los días.

CONTENIDO GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE CUADROS	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
2. 1. OBJETIVO GENERAL	3
2. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3. 1. <i>Zea mays</i> L.	4
3. 1. 1. Importancia del maíz.....	4
3. 1. 2. Razas de maíz	6
3. 2. Plagas del maíz.....	7
3. 2. 1. <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).....	7
3. 3. Control biológico.....	8
3. 3. 1. Parasitoides	9
3. 3. 1. 1. Orden Hymenoptera	10
3. 3. 1. 1. 1. Familia Ichneumonidae.....	10
3. 3. 1. 1. 2. Familia Braconidae	11
3. 3. 1. 1. 3. Familia Eulophidae	12
3. 3. 1. 2. Orden Diptera	12
3. 3. 1. 2. 1. Familia Tachinidae.....	12
3. 4. Diversidad de especies	13
3. 5. Métodos de evaluación de enemigos naturales	14
3. 5. 1 El método de exclusión	15
4. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4. 1. Especies de parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i>	17
4. 1. 1. Sitios de muestreo	17
4. 1. 2. Colecta de larvas	18
4. 1. 3. Emergencia de parasitoides.....	19
4. 1. 4. Identificación de parasitoides.....	19
4. 1. 4. 1. Análisis de diversidad de especies de parasitoides	20
4. 2. Niveles de parasitismo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en campo	21
4. 2. 1. Porcentaje de parasitismo.....	21

4. 3. Evaluación del parasitismo por el método de exclusión	21
4. 3. 1. Selección de parcela.....	21
4. 3. 2. Siembra de maíz.....	22
4. 3. 3. Reproducción de <i>Spodoptera frugiperda</i>	22
4. 3. 4. Evaluación del parasitismo	22
4. 3. 5. Distribución de jaulas en campo	23
4. 3. 6. Inoculación de larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i>	24
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5. 1. Especies de parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i>	26
5. 1. 1. Diversidad de especies	27
5. 1. 2. Proporción de especies de parasitoides	30
5. 2. Niveles de parasitismo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en campo	33
5. 2. 1. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide.....	37
5. 3. Evaluación del parasitismo por el método de exclusión	39
6. CONCLUSIONES	41
7. RECOMENDACIONES	42
8. LITERATURA CITADA.....	43

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Localidades de muestreo de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Valles Centrales de Oaxaca.	18
2. Diseño de las jaulas usadas en campo para el experimento de exclusión de parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i> . A. Jaula Cerrada, B. Jaula Abierta.	23
3. Distribución de jaulas en la parcela experimental de maíz. A. Jaula Abierta, B. Jaula Cerrada, b. Bloque.	24
4. Proporción de especies de parasitoides asociados a <i>Spodoptera frugiperda</i> en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.	30
5. Proporción de especies de parasitoides asociados a <i>Spodoptera frugiperda</i> en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca.	31
6. Proporción de especies de parasitoides asociados a <i>Spodoptera frugiperda</i> en San Lorenzo Cacaotepec, Oaxaca	32
7. Proporción de especies de parasitoides asociados a <i>Spodoptera frugiperda</i> en Coatecas Altas, Oaxaca.	32
8. Porcentajes de parasitismo semanal de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.	34
9. Porcentajes de parasitismo semanal de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca.	35
10. Porcentajes de parasitismo semanal de <i>Spodoptera frugiperda</i> en San Lorenzo Cacaotepec, Oaxaca.	36
11. Porcentajes de parasitismo semanal de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Coatecas Altas, Oaxaca.	37
12. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.	37
13. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca.	38
14. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide de <i>Spodoptera frugiperda</i> en San Lorenzo Cacaotepec, Oaxaca.	38
15. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Coatecas Altas, Oaxaca.	39

16. Número de larvas de *Spodoptera frugiperda* recuperadas en el experimento de exclusión en campo, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

40

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca.	26
2. Medidas de diversidad de las especies de parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca.	28
3. Coeficiente de Jaccard de las especies de parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca, para los muestreos aleatorios.	29
4. Coeficiente de Jaccard de las especies de parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca, para los muestreos no aleatorios.	30
5. Porcentaje de parasitismo promedio de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca.	33

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz (*Zea mays* L.) es un alimento importante, debido a que junto con el frijol aportan el 75% de la ingesta calórica, sobre todo a la clase de bajos ingresos y es un soporte importante de la economía campesina. Por ejemplo, para el estado de Oaxaca el 95% de la superficie cultivada con este grano se ubica en áreas de temporal (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 combate de *S. frugiperda* se realiza principalmente utilizando productos químicos, lo que eleva los costos de producción, se favorece la resistencia de la plaga a estos productos (Valdés y Castrejón, 1994), además afecta la fauna benéfica presente en el cultivo, lo que provoca la aparición de plagas secundarias.

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

En distintas regiones del país se ha detectado la actividad de varias especies parasitoides de *S. frugiperda*. Así tenemos que Cortez *et al.* (1993) encontraron en el estado de Tabasco las especies: *Chelonus* sp., *Euplectrus* sp., *Eiphosoma* sp. En Michoacán León y López (1994) encontraron a los parasitoides: *Campoletis* sp., *Eutanyarca* sp., *Stenichneumon* sp., *Spilochalcis*

sp. y dos especies de la familia Tachinidae. Martínez-Martínez *et al.* (1998) reportan para el Estado de Morelos las especies de parasitoides siguientes: *Chelonus insularis*, *Campoletis* sp. y *Pristomerus spinator*. Molina-Ochoa *et al.* (2001) encontraron en los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Tamaulipas, las especies: *Ophion flavidus*, *Campoletis flavicincta*, *Pristomerus spinator*, *Aleiodes laphygmae*, *Meteorus* sp., *Chelonus insularis*, *Chelonus* sp. probablemente *cautus*, *Chelonus* sp., y *Euplectrus platyhypenae*. Molina-Ochoa *et al.* (2004) durante colectas realizadas en Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Veracruz, encontraron los géneros de parasitoides siguientes: *Aleiodes*, *Chelonus*, *Cotesia*, *Glyptapanteles*, *Homolobus*, *Meteorus*, *Campoletis*, *Eiphosoma*, *Ophion*, *Pristomerus*, *Aprostocetus*, *Euplectrus* y *Horismenus*. En el Estado de Oaxaca, Arce y García (1991) encontraron a los parasitoides *Chelonus insularis*, *Pristomerus spinator*, *Campoletis flavicincta* y *Ophion* sp., además de dos especies del orden Díptera. Mientras que Cruz-Sosa *et al.* (2007) reportaron para el Estado de Oaxaca la presencia de los parasitoides: *Campoletis sonorensis*, *Campoletis* sp., *Chelonus insularis*, *Chelonus cautus*, *Chelonus* sp., *Pristomerus spinator*, *Ophion* sp., *Homolobus truncator*, *Cotesia marginiventris*, *Euplectrus comstockii*, *Archytas* sp. atacando a *S. frugiperda*. Sin embargo, en el estado de Oaxaca no se tiene un estudio detallado sobre el papel que desempeñan los parasitoides sobre *S. frugiperda*, por lo tanto, en el presente estudio se pretende estimar los niveles de parasitismo en campo que causan diferentes especies de parasitoides, obtener los índices de diversidad de los parasitoides en cuatro localidades y además evaluar el impacto de estos parasitoides mediante el método de exclusión.

2. OBJETIVOS

2. 1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el parasitismo natural de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en cuatro localidades de los Valles Centrales de Oaxaca.

2. 2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las especies de parasitoides de *S. frugiperda*, y obtener los índices de diversidad de cuatro localidades de los Valles Centrales de Oaxaca
- Obtener los niveles de parasitismo en campo de larvas de *S. frugiperda* colectadas en cuatro localidades de los Valles Centrales de Oaxaca.
- Evaluar el parasitismo sobre *S. frugiperda* en el cultivo de maíz en Santa Cruz Xoxocotlán, utilizando el método de exclusión.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3. 1. *Zea mays* L.

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. El cultivo del maíz es de régimen anual. Su ciclo vegetativo, desde la siembra hasta la cosecha, oscila entre 80 y 200 días, desde la siembra hasta la cosecha (Parsons y Mondoñedo, 2008).

La estructura del maíz está constituida por tallo, hojas, sistema radicular (raíz principal, raíces adventicias, de sostén y aéreas), inflorescencia masculina (espiga o panoja) y la inflorescencia pistilada (femenina) (Parsons y Mondoñedo, 2008).

La forma de crecimiento, desarrollo y fisiología del maíz están determinadas en parte, por el factor genético y las condiciones ambientales (Parsons y Mondoñedo, 2008).

3. 1. 1. Importancia del maíz

México como productor de maíz en el mundo; ocupa el cuarto lugar después de los Estados Unidos, China y Brasil. A pesar de lo anterior es uno de los principales países importadores del mismo (Paredes *et al.*, 2006).

La producción de maíz en México se lleva a cabo en los 31 estados y el Distrito Federal. De esta producción, depende un alto porcentaje de la población rural, cuyo cultivo practican bajo las más diferentes condiciones agroclimáticas, condiciones de humedad, temporal y riego, así como en los dos ciclos productivos primavera-verano y otoño-invierno, con diferencias tecnológicas que van desde la producción de temporal más atrasada, en donde se obtienen rendimientos de 0.5 a 0.7 ton/ha, hasta las áreas de producción con sistemas de riego, con semillas mejoradas y con fertilización, que pueden llegar a obtener de 12 a 14 ton/ha (Vega y Ramírez, 2004).

Salazar (2006) menciona que México posee un área agrícola cultivable de 27.3 millones de hectáreas. La superficie sembrada con maíz en México pasó de 7.6 millones de hectáreas en 1980 a 8.3 millones de hectáreas en 2002. De acuerdo con Luna (2002), el 80% de la superficie se cultiva bajo temporal, de la cual 50% es de baja productividad o marginal. El 92% de los productores siembran menos de 4 ha y generalmente aplican tecnologías de producción tradicionales.

Datos de la Confederación Nacional Campesina indican que alrededor de 12.5 millones de personas están vinculadas directa o indirectamente al cultivo y producción del maíz, lo que representa 55.2% de la población dedicada a la agricultura en México (Cevallos, 2006).

Para 1992 el INEGI reportaba un rendimiento promedio del maíz de 1.8 ton/ha (Blanco, 2005), mientras que Salazar (2006) indica que el rendimiento promedio en nuestro país ha llegado a 2.8 ton/ha.

El maíz constituye el alimento más importante de los oaxaqueños. Junto con el frijol, aporta el 75% de la ingesta calórica de los campesinos de las zonas rurales de este estado. Se consume en formas muy variadas como: tortillas, tlayudas, tostadas, totopos, tamales, atoles, tejate, bebidas refrescantes y alcohólicas, etc. También se utiliza como forraje, medicina y con fines rituales. Por su amplia adaptación se puede producir en todas las regiones agrícolas del estado en diversos sistemas de producción y todas las épocas del año (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

Se estima que en el cultivo del maíz participan alrededor de 208,500 unidades de producción rural oaxaqueñas, las cuales destinan su producción principalmente para el autoconsumo y en muy pequeña escala comercializan el grano y productos transformados para el mercado local (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

De acuerdo a datos de la SIAP-SAGARPA (2007), en Oaxaca se sembraron 596,013 ha, con una producción de 766,994.06 ton y un rendimiento

medio de 1.37 ton/ha y con un valor de la producción total de \$2,555,967.39 MN.

En Oaxaca el 91.6 % de la superficie cultivada con maíz (545, 544 ha) es de temporal y solamente 49,913 ha se cultivan en condiciones de riego (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

3. 1. 2. Razas de maíz

En Oaxaca los campesinos aún siguen conservando sus razas de maíz para autoconsumo. En este estado se encuentran 35 razas de maíz, lo cual representa el 70% de la diversidad existente en México. Alrededor del 90% de la superficie cultivada de maíz en el estado se realiza con materiales criollos de diferente raza, color, textura y ciclo de cultivo (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

En la región de Valles Centrales de Oaxaca las razas cultivadas son: “bolita”, “tepecintle”, “pepitilla” y “tabloncillo”, de estas razas, destaca la “bolita” que tiene su origen en los Valles Centrales de Oaxaca, aunque tiene muchas introgresiones con otras razas, por lo que su área de adaptación es muy amplia. Puede encontrarse desde el trópico (1,010 msnm) hasta los Valles Altos (2,350 msnm). Se caracteriza por sus mazorcas cortas, provistas de una buena cobertura. Los granos tienen una apariencia redonda. Las mazorcas tienen pocas hileras, las plantas son de porte bajo y precoces (60 a 65 días a floración). Existe una amplia variedad de colores en esta raza de maíz. Es un material de amplia adaptabilidad y aceptado por los agricultores debido a su tolerancia a sequía y a pudriciones de mazorca. El criollo Bolita se cultiva en alrededor de 80,000 ha en la región de los Valles Centrales (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

Esta raza podría tener una marca colectiva por que está bien delimitada geográficamente, existe la mayor diversidad genética de la raza, así como por su bien definido uso cultural desde tiempos prehispánicos. La “Tlayuda del Valle”, tortillas elaboradas con maíz bolita, podría ser una denominación del

principal producto tradicional de la región de los Valles Centrales de Oaxaca. También la bebida tradicional de “tejate” es oriunda de la región, y fue desarrollada por los zapotecos del Valle (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

3. 2. Plagas del maíz

El cultivo del maíz es atacado por un complejo de plagas que pueden reducir significativamente el rendimiento. Entre estas plagas destaca el gusano cogollero, *S. frugiperda*, la cual es una plaga de gran importancia económica, ya que ocasiona pérdidas que pueden fluctuar del 10 al 90 % de la producción total de una parcela (Pérez, 2006).

3. 2. 1. *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae)

El gusano cogollero del maíz, *S. frugiperda*, está distribuido desde los Estados Unidos de América hasta América del Sur y las islas del Caribe (Maes, 2003). Puede sobrevivir durante todo el año en áreas tropicales y si las condiciones ambientales se lo permiten, coloniza zonas subtropicales no infestadas. Se presenta principalmente en maíz, sorgo, arroz entre otros cultivos y zacates.

En el caso del maíz, 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).

El ciclo de vida de *S. frugiperda* oscila entre 19 y 48 días dependiendo de la temperatura en las distintas fases; a temperaturas elevadas el ciclo se acorta (Jassic y Reines, 1974; Piedra, 1974).

Durante las etapas de crecimiento vegetativo del maíz, las larvas consumen principalmente las hojas que indirectamente afectan el rendimiento

del cultivo, reduciendo el área fotosintética de éstas; el ataque a plantas pequeñas, daña o destruye el tejido meristemático, ocasionando reducción de la población de plantas o modificación de su arquitectura. En estudios cuantitativos sobre la selectividad de la plaga contra la planta de maíz, se ha demostrado el daño en etapa de crecimiento a las 5, 8 y 13 hojas, las pérdidas son de 26, 26 y 20%, respectivamente. Cuando el ataque se produce en etapas más tempranas, el daño puede ser mayor, ya que las plantas no pueden recuperarse (Pérez, 2006). Los daños más severos son en zonas tropicales y subtropicales. Cuando la temperatura predominante es de 30 °C o más, la larva puede penetrar en la base de la planta, sin que ésta se caiga (Bautista, 2006).

3. 3. Control biológico

El control biológico es considerado desde el punto de vista ecológico, como una fase del control natural y puede ser definido como “la acción de parasitoides, depredadores y patógenos, para mantener la densidad de población de un organismo a un promedio más bajo del que existiría en su ausencia” (DeBach, 1984).

El control biológico, cuando es efectivo, es económico, normalmente persistente y estable, sin necesidad de nueva inversión de capital, no causa resistencia, no ocasiona aumento drásticos de las plagas, no incrementa la contaminación ambiental ni residuos en el medio, no representa una amenaza a los trabajadores que manejan los materiales biológicos, ni a los consumidores de los productos alimenticios, ni a los organismos no-blanco. Además, el control biológico, es generalmente el método disponible en los países en vías de desarrollo o del tercer mundo debido a que es barato comparado con los costos de otros métodos de control. El control biológico puede ser compatible y formar el eje central del Manejo Integrado de Plagas o MIP, ya que el control biológico es manipulable y se puede incrementar, mientras que otros aspectos de control natural como por ejemplo, el clima, no cuenta con esta flexibilidad (Badii *et al.*, 2000).

3. 3. 1. Parasitoides

Los insectos parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en el control biológico aplicado y juegan un papel fundamental en el control biológico natural y aplicado. 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 típicamente se alimentan de varios individuos de diversas especies presa en función de su disponibilidad, los parasitoides sólo son capaces de consumir un huésped. Entonces, la dinámica poblacional de los insectos, comúnmente está más asociada a la de especies parasitoides que a especies depredadoras. Por lo anterior, los parasitoides son identificados con mayor frecuencia como principales responsables de la regulación de las poblaciones de los insectos, en comparación con los depredadores (Bernal, 2007). De acuerdo con Clausen (1978) hasta el año 1969, de 1,193 enemigos naturales empleados en proyectos de control biológico a nivel mundial, el 76% fueron parasitoides y el 24% restante fueron depredadores; entre las especies parasitoides, el 84% fueron del orden Hymenoptera, 14% correspondieron a Díptera, y el 2% restante a otros órdenes.

El parasitoide deposita sus huevos sobre o dentro del cuerpo del insecto hospedero. Se distinguen parasitoides de huevos, de larvas, de pupas y de adultos. El parasitoide puede desarrollarse externamente como ectoparasitoide, o internamente en el cuerpo del insecto como endoparasitoide. Los parasitoides adultos se alimentan del néctar de las flores, del polen, o de los fluidos del cuerpo del hospedero herido por la punción de su ovipositor (Cisneros, 1995).

En los parasitoides se observan dos estrategias de vida diferentes (Gauld, 1987), 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). Además existen los parasitoides secundarios conocidos como hiperparasitoides, estos son parasitoides que atacan a otros parasitoides, existen varios niveles, por ejemplo, un parasitoide secundario ataca a uno primario, un parasitoide terciario ataca uno secundario, y así sucesivamente, todos éstos pueden ser denominados hiperparasitoides (Fernández y Sharkey, 2006).

La larva parasitoide, al emerger, comienza a devorar a su huésped de varias formas, terminando siempre con la muerte de éste. Cuando alcanza un crecimiento maduro, la larva pupa y finalmente emerge como parasitoide adulto (Fernández y Sharkey, 2006).

3. 3. 1. 1. Orden Hymenoptera

El orden Hymenoptera incluye más parasitoides que cualquier otro orden de insectos. Se han descrito entre 115,000 y 199,000 especies de himenópteros y algunas estimaciones apuntan a un número más grande (Fernández y Sharkey, 2006). El grupo Hymenoptera parasítica son avispas diminutas, muy diversas en apariencia, biología, y tipo de hospedero. Muchas especies de insectos son atacadas por una o varias especies de avispas parasíticas durante uno o más de sus estadios de vida. Así pues dentro de Hymenoptera existen avispas parasitoides de huevos, larvas, pupas y adultos (Flint y Dreistadt, 1998).

3. 3. 1. 1. 1. Familia Ichneumonidae

Las avispas parasitoides de la familia Ichneumonidae conforman uno de los grupos de seres vivos más diversos del mundo y constituyen posiblemente la familia más grande del reino animal. Se han descrito casi 22,000 especies de ichneumónidos, pero se estima que existen al menos 100,000. Debido a la abundancia de especies, su amplia distribución, sus particularidades biológicas y a su importancia potencial en el control de plagas, estos insectos han sido

estudiados exhaustivamente. Sin embargo, en las regiones tropicales, particularmente de América, donde cada vez se hace más evidente que la fauna de Ichneumonidae ha sido subestimada. Por lo que estas avispas aún permanecen poco conocidas tanto desde el punto de vista sistemático como biológico. La publicación de revisiones taxonómicas globales del grupo es escasa (Fernández y Sharkey, 2006).

Un fenómeno común dentro de Ichneumonidae es el hiperparasitismo o parasitismo secundario. Los casos más sobresalientes se presentan en las subfamilias Mesochorinae y Eucerotinae, que se han especializado en este estilo de vida. Las especies de Mesochorinae son hiperparasitoides de Ichneuomonoidea y menos frecuentemente de Tachinidae (Diptera); aunque se conoce solo un registro de parasitismo primario en Lepidoptera (Fernández y Sharkey, 2006).

3. 3. 1. 1. 2. Familia Braconidae

La familia Braconidae tiene una considerable importancia en el control biológico en todo el mundo. Los integrantes de esta familia prefieren los climas cálidos y húmedos, razón por la cual estos parasitoides frecuentemente se han usado en programas de control biológico de una gran cantidad de cultivos en los trópicos. Constituye una de las familias más diversas dentro de los insectos; ya que se han descrito cerca de 17,500 especies. La gran diversidad y las numerosas estrategias de parasitismo hacen de esta familia un grupo dominante en la regulación de especies; por este motivo su estudio se centra en la eficiencia para el control biológico de insectos plaga, el gran potencial como indicador de riqueza y estabilidad de ecosistemas naturales e intervenidos y su utilidad en el estudio de las interacciones parasitoide-hospedero. La mayor parte de los bracónidos son benéficos (Fernández y Sharkey, 2006). Wharton *et al.* (1998) hacen una revisión de esta familia en donde se incluyen claves para la identificación de los géneros del Nuevo Mundo.

3. 3. 1. 1. 3. Familia Eulophidae

En términos del número de especies, esta familia, junto con Pteromalidae y Encyrtidae, es una de las más importantes dentro de la superfamilia Chalcidoidea. Estas avispas son comunes en todos los hábitat, con más de 4,288 especies en 294 géneros (Fernández y Sharkey, 2006).

La mayoría de Eulophidae son parasitoides, los hospederos incluyen un extenso número de taxones desde arañas y huevos de insectos, nematodos, ácaros, trips, u otros himenópteros, y abarca más de 100 familias en 10 órdenes de artrópodos. Los eulófidos atacan comúnmente larvas de insectos holometábolos de los órdenes Lepidoptera, Diptera, Coleoptera e Hymenoptera, cada orden con numerosos registros de hospederos. Sin embargo, también hay parasitismo de huevos y algunos otros grupos pueden atacar prepupas y pupas (Fernández y Sharkey, 2006).

3. 3. 1. 2. Orden Diptera

Los dípteros son los segundos en importancia como parasitoides, sólo después del orden Hymenoptera. Se estima que 16,000 especies de moscas son parasitoides, es decir alrededor del 20% de todos los insectos parasitoides conocidos. La biología y apariencia de las moscas parasitoides varía grandemente entre los cientos de especies que se conocen (Flint y Dreistadt, 1998).

3. 3. 1. 2. 1. Familia Tachinidae

Las moscas parasíticas más comunes de plagas agrícolas pertenecen a esta familia (Cave, 1995). Se conocen más de 1,500 especies. Los adultos son generalmente negros, robustos, peludos (parecidos a las moscas domésticas) pero con cerdas muy fuertes para el tipo de abdomen que poseen (Flint y Dreistadt, 1998).

Estos parasitoides atacan larvas de Lepidoptera, Coleoptera, Hemiptera, Ortoptera, y en menor proporción a otros artrópodos. Algunas especies de taquínidos se restringen a hospederos específicos y otras se pueden desarrollar en una amplia variedad de hospederos. Muchos taquínidos depositan sus huevos directamente en el cuerpo de sus hospederos, y es poco común encontrar hospederos con varios huevos de taquínidos dentro, al eclosionar el huevo, la larva taquínida, llamada “planidia” por su aspecto plano, usualmente excava dentro de su hospedero y se alimenta internamente, cuando completa su desarrollo abandona al hospedero y pupa. Algunos taquínidos depositan sus huevos en el follaje, cuando eclosionan, las larvas se cubren con residuos del follaje y se adhieren al hospedero cuando este pasa cerca. En otras especies, los huevos se depositan en el follaje y eclosionan cuando son ingeridos (con el follaje) por la plaga. Una vez dentro del hospedero la larva taquínida procede a alimentarse de los órganos. Los insectos que son atacados por taquínidos eventualmente mueren (Triplehorn y Johnson, 2005).

3. 4. Diversidad de especies

La biodiversidad es el grado de variación entre los organismos vivos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Se encuentra distribuida heterogéneamente entre paisajes, hábitats y regiones, por lo que su cuantificación a distintas escalas permite planear estrategias para su manejo y conservación (Crist y Veech, 2006).

Se reconocen tres componentes de la diversidad: 1) La riqueza espacial ó diversidad alfa que es el número total de especies por sitio; 2) La riqueza regional o diversidad gamma que se refiere al número de especies de una región y 3) El reemplazamiento espacial o diferenciación de diversidad mejor conocido como diversidad beta, que se refiere a la variación en la composición de especies entre sitios (Koleff y Gaston, 2002; Chandy *et al.*, 2006).

Existe un gran número de índices para medir la diversidad, además de los modelos de abundancias relativas. Los índices que consideran la abundancia proporcional de las especies en una comunidad son muy eficientes para comprender las relaciones entre la riqueza específica y la equitatividad, y no dependen del tamaño de la muestra (Moreno, 2001).

3. 5. Métodos de evaluación de enemigos naturales

En control biológico como en otros métodos convencionales de combate de plagas o enfermedades, es necesaria la aplicación de distintas técnicas para evaluar el papel que juegan los enemigos naturales en la regulación poblacional de la plaga. En los sistemas naturales y en los agroecosistemas existen casos de control biológico natural y/o aplicado, que requieren de una explicación a través de métodos experimentales, de cómo una plaga es controlada por la acción de los enemigos naturales (González-Hernández, 2001).

De acuerdo a Van Driesche y Bellows (1996) es necesario evaluar o muestrear a los enemigos naturales por las razones siguientes: 1) Para determinar los enemigos naturales asociados a ciertas plagas; 2) Monitorear la efectividad de las acciones dentro de un programa de control biológico; 3) Evaluar el impacto de un programa de control biológico sobre la población plaga; y 4) Evaluar el impacto económico de un programa de control biológico. Otras de las razones para evaluar los enemigos naturales es para determinar si en efecto es un enemigo natural, un factor abiótico o la combinación de ambos son los responsables de la regulación poblacional de una plaga. También es necesario evaluar la actividad de los enemigos naturales nativos, en dado caso de que sea necesaria la introducción de especies exóticas de enemigos naturales.

En el control biológico aplicado, existen dos grupos de metodologías generales para determinar el papel de los enemigos naturales en la regulación de sus presas u hospederos. Uno de esos grupos comprende aquellos

métodos usados para determinar los mecanismos involucrados en la regulación de plagas; esto es mediante la aplicación de modelos poblacionales y de tablas de vida (Bellows *et al.*, 1992). Estas últimas permiten crear un marco de referencia cuantitativo para deducir las consecuencias potenciales de las interacciones biológicas, pero no demuestran la eficiencia de los enemigos naturales (Luck *et al.*, 1988). El otro grupo comprende el uso de métodos comparativos experimentales, de evaluación, los cuales pueden demostrar la contribución precisa de los enemigos naturales en la regulación poblacional de sus presas (hospederos). DeBach y Bartlett (1964) consideran que los métodos comparativos son los mejores para evaluar la efectividad de los enemigos naturales. Los métodos comparativos de evaluación nos indican que tan efectivo es un enemigo natural, mientras que los modelos poblacionales y tablas de vida definen en el porqué éstos son efectivos, o cómo es que la regulación realmente ocurre. Dentro de los métodos comparativos de evaluación se encuentran los siguientes: adición, exclusión y de interferencia (González-Hernández, 2001).

3. 5. 1 El método de exclusión

Este método consiste en la eliminación y subsiguiente exclusión de enemigos naturales de un determinado número de parcelas o unidades experimentales, las cuales se comparan con otra serie de parcelas en donde los enemigos naturales no sean excluidos. Los enemigos naturales se mantienen fuera de una serie de plantas mediante el uso de cajas o bolsas de tela de organdí cerradas, mientras que en la otra serie de plantas, los enemigos naturales tienen libre acceso, pues se usan cajas o bolsas similares en diseño, pero con aberturas para facilitar la entrada o salida de los enemigos naturales. Por lo anterior, este método es comúnmente conocido como el de la “caja par” (González-Hernández y Pacheco-Sánchez, 2007).

González-Hernández (2001) menciona que en 1942 Smith y DeBach fueron los primeros en desarrollar este método para demostrar

cuantitativamente el control biológico del parasitoide *Methaphycus helvolus* (Compere) sobre la escama negra *Saissetia oleae* (Bern.).

Las jaulas han sido empleadas extensamente para evaluar a los enemigos naturales residentes, al excluirlos de las parcelas, plantas o partes infestadas de la planta con la plaga (DeBach *et al*, 1976).

El diseño clásico para las pruebas de exclusión, consiste en tres tratamientos: una jaula cerrada, una jaula abierta y un tratamiento sin jaula derivado al muestrear la población no manipulada (DeBach y Huffaker, 1971; Knutson y Gilstrap, 1989). La jaula abierta se supone debe tener el mismo microclima que la jaula cerrada pero debe permitir a los enemigos naturales alcanzar a la plaga. Cuando la densidad de la plaga y la sobrevivencia son similares entre las jaulas abiertas y el tratamiento sin jaula, esto sugiere que posiblemente hay efectos importantes de las jaulas. Las diferencias entre los tratamientos de jaula cerrada y abierta, pueden ser consideradas para reflejar el efecto de los enemigos naturales. El potencial del efecto de las jaulas incluye el incremento de la temperatura (la tasa de desarrollo de la plaga es más rápida), restricción del movimiento de la plaga y/o del agente de control (mayor concentración local en el interior de la jaula) y humedad más alta (aumento potencial de las tasas de enfermedades fungosas). La temperatura y la humedad en el interior de las jaulas deberían ser monitoreadas usando aparatos de registro, datos que se comparan con la temperatura exterior (Van Driesche *et al.*, 2007).

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se dividió en tres secciones:

- Especies de parasitoides de *S. frugiperda*.
- Parasitismo de *S. frugiperda* en campo.
- Evaluación del parasitismo por el método de exclusión.

4. 1. Especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda*

4. 1. 1. Sitios de muestreo

Para la realización de los muestreos, se eligieron cuatro localidades pertenecientes a la región de los Valles Centrales de Oaxaca (Figura 1):

A) Santa Cruz Xoxocotlán, Municipio del mismo nombre. Se localiza en las coordenadas 17° 02' latitud norte, 96° 44' longitud oeste y a una altura de 1,530 msnm. Su clima es templado, con una temperatura media anual de 21° C y una precipitación media anual de 706mm, el tipo de suelo es vertisol pélico. El 3% de la población se dedica a actividades del sector primario (Álvarez, 1994).

B) Cuilapam de Guerrero, Municipio del mismo nombre. Se localiza en las coordenadas 16° 59' latitud norte, 96° 47' longitud oeste y a una altura de 1,560 msnm. Su clima es generalmente templado, con una temperatura media anual de 22° C y una precipitación media anual de 735mm, el tipo de suelo es luvisol crómico. El 60% de la población se dedica a la agricultura, cosechando principalmente maíz, frijol y alfalfa (Álvarez, 1994).

C) San Lorenzo Cacaotepec, Municipio del mismo nombre. Se localiza en las coordenadas 17° 08' latitud norte, 96° 48' longitud oeste y a una altura de 1,600 msnm. El clima va de templado a cálido, con una temperatura media anual de 21° C y una precipitación media anual de 900mm, el tipo de suelo es vertisol pélico. Aproximadamente un 20% de la población se dedica a actividades del campo (Álvarez, 1994).

D) Coatecas Altas, Municipio del mismo nombre. Se localiza en las coordenadas 16° 32' latitud norte, 96° 40' longitud oeste y a una altura de 1,540 msnm. Su clima es cálido, con una temperatura que oscila entre los 20° y 25° C y su precipitación media anual va de 450 a 644mm, el tipo de suelo es cambisol dístico. La agricultura es su principal actividad económica, y la constituyen los cultivos de maíz y frijol (Álvarez, 1994).

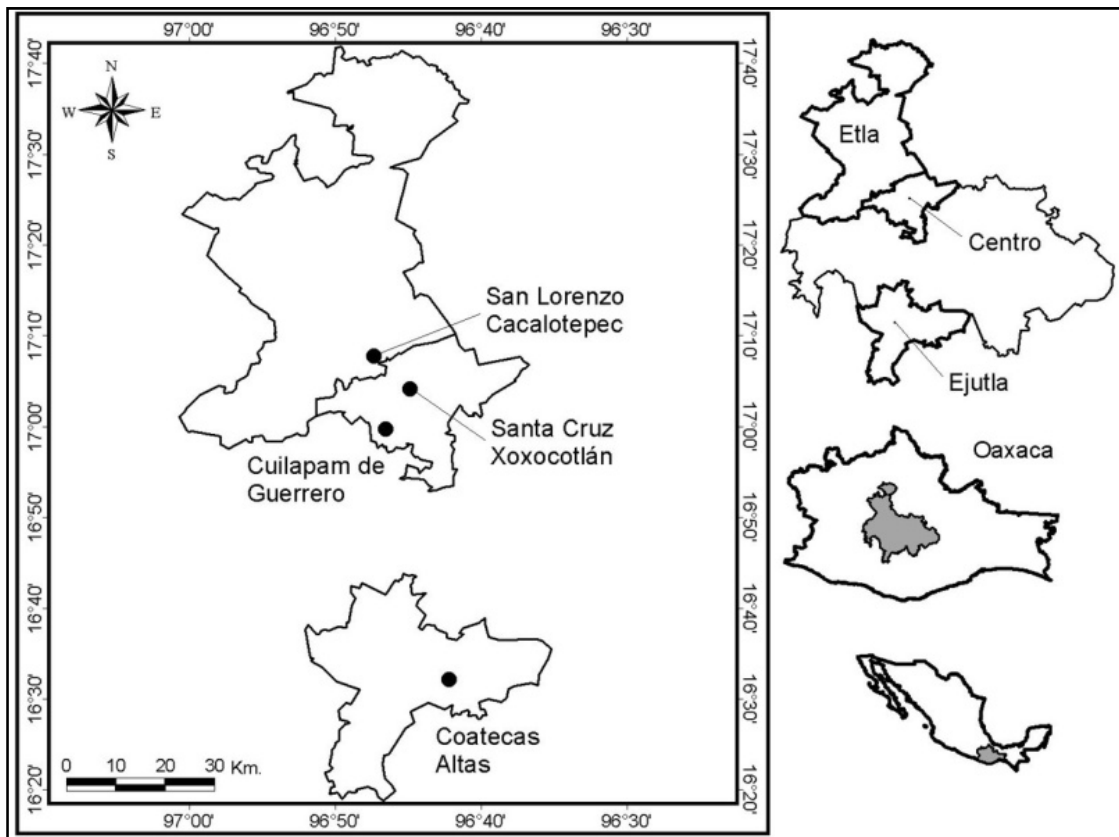


Figura 1. Localidades de muestreo de *Spodoptera frugiperda* en Valles Centrales de Oaxaca.

4. 1. 2. Colecta de larvas

A partir del segundo semestre del año 2007 y hasta diciembre del año 2008 se buscaron parcelas de maíz en etapa de verticilio (cogollo), en las cuales se realizaron muestreos semanales, buscando *S. frugiperda* en etapa larval (cualquier ínstar). Para el muestreo se consideraron sólo aquellas plantas con una altura no mayor a 1 m y que carecieran de inflorescencia.

En el periodo julio 2007 a octubre 2008 se realizaron muestreos aleatorios sin considerar un número determinado de plantas por muestreo; y para el periodo junio a diciembre de 2008 los muestreos fueron no aleatorios, tomando 100 plantas por muestreo. La distribución espacial de *S. frugiperda* en el cultivo de maíz es completamente aleatorizada, por lo tanto el método de muestreo más apropiado para estimar la población de *S. frugiperda*, es aquel que consiste en la revisión al azar de cierto número de plantas de maíz (Clavijo, 1978). Cabe señalar que debido a que no en todas las localidades se encontraron parcelas de maíz al mismo tiempo, las colectas fueron variables.

4. 1. 3. Emergencia de parasitoides

Las larvas colectadas durante los muestreos semanales en las cuatro localidades fueron llevadas al laboratorio de Control Biológico del CIIDIR Unidad Oaxaca, Oax., y se colocaron individualmente en cajas Petri de 60x15 mm. Cada caja se rotuló con el instar larval y la fecha de colecta, las larvas se alimentaron diariamente con hojas de maíz de acuerdo a la técnica de Martínez-Martínez *et al.* (1998) para que ésta completara su desarrollo normal u obtener posible pupa de parasitoide.

4. 1. 4. Identificación de parasitoides

Para la identificación, cada parasitoide que se obtuvo se montó con la técnica de punto (Borror *et al.*, 1989) y se identificó con las claves de Cave (1995), además de usar la colección de referencia del CIIDIR Oaxaca y bibliografía complementaria. Para corroborar las identificaciones, se enviaron ejemplares al Dr. Alejandro González Hernández de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en San Nicolás de los Garza, N. L.

4. 1. 4. 1. Análisis de diversidad de especies de parasitoides

Los análisis de diversidad de especies parasitoides se realizaron para los dos tipos de muestreos.

Para calcular la diversidad alfa, se usó el índice de Shannon-Weiner, ya que toma en cuenta la abundancia y riqueza de especies y que consiste en la siguiente ecuación:

$$(H') = H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde p_i es la riqueza de las especies en cada sitio de muestreo (Moreno, 2001). El valor del índice de diversidad de Shannon suele hallarse entre 1.5 y 3.5 y raramente sobrepasa 4.5 (Magurran, 1989).

Para el cálculo de la equitatividad se usó el índice de Pielou que se explica mediante la siguiente ecuación:

$$J = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde H' es la diversidad observada de la comunidad y H_{\max} es la diversidad máxima potencial, la cual se estima a través del logaritmo natural del número total de especies (Moreno, 2001). Este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. El rango de sus valores varía de 0 a 1, de manera que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes y 0 a situaciones donde la abundancia entre especies es muy variable (Moreno, 2001).

El cálculo de la dominancia se realizó utilizando el índice de Simpson, que consiste en la ecuación:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde p_i es la riqueza de especies (Moreno 2001). La dominancia toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Este índice esta

fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001) un alto índice de dominancia nos indica una menor diversidad.

La diversidad beta se estimó con el coeficiente de similitud de Jaccard, que se explica mediante la siguiente ecuación:

$$I_j = \frac{c}{(a+b+c)}$$

Donde a es el número de especies presentes en el sitio A, b es el número de especies presentes en el sitio B y c es el número de especies presentes en ambos sitios (A y B). Este índice nos expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, es una medida inversa de la diversidad beta, que se refiere al cambio de especies entre dos muestras. Sin embargo, a partir de un valor de similitud (s) se puede calcular fácilmente la disimilitud (d) entre las muestras: $d=1-s$ (Moreno, 2001).

4. 2. Niveles de parasitismo de *Spodoptera frugiperda* en campo

4. 2. 1. Porcentaje de parasitismo

Los cálculos de porcentaje de parasitismo por colecta y por especie de parasitoide de *S. frugiperda* se realizaron con la fórmula siguiente:

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

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. 3. Evaluación del parasitismo por el método de exclusión

4. 3. 1. Selección de parcela

La evaluación se realizó en dos parcelas, que se ubican en el Campo Experimental del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo

Integral Regional Unidad Oaxaca (CIIDIR-Oaxaca, IPN), con dimensiones de 21 m de ancho por 20 m de largo. La primera parcela se utilizó en el periodo de julio-agosto del 2008 y la segunda parcela en el periodo septiembre-octubre del mismo año.

4. 3. 2. Siembra de maíz

Se utilizó semilla de maíz criolla de la variedad “bolita” originaria de la región en estudio y fue obtenida de la comunidad de Reyes Mantecón, Zimatlán, Oaxaca. La modalidad adoptada para la siembra fue de temporal, ya que es la forma principal en la que se cultiva el maíz en los Valles Centrales de Oaxaca.

4. 3. 3. Reproducción de *Spodoptera frugiperda*

Para poder inocular plantas de maíz en campo con larvas no parasitadas se estableció un pie de cría de *S. frugiperda*, a partir de larvas colectadas en campo que llegaron hasta etapa adulta (palomillas). Algunos de estos adultos se colocaron en un bote de plástico forrado por dentro con papel toalla, donde se alimentaron con una solución de miel al 10% (Martínez-Martínez, comunicación personal) y se mantuvieron ahí hasta que ovipositaron. Las masas de huevecillos obtenidas se colocaron en cajas Petri de 60 x 15 mm y se esperó hasta que emergieran las larvas, una vez que esto sucedió se tomaron 200 larvas y se alimentaron diariamente con hojas tiernas de maíz. (Martínez-Martínez *et al.*, 1998).

4. 3. 4. Evaluación del parasitismo

Para la realización del experimento, se construyeron ocho jaulas cilíndricas con malla electrosoldada de 3 mm de grosor, con aberturas de 15x15cm. Las dimensiones de cada jaula fueron de 1 m de altura con un diámetro de 0.90 m, cada jaula se forró con tela tricot color blanca de 547.56

hilos/cm² (Figura 2). De estas jaulas, cuatro estuvieron siempre cerradas y las cuatro restantes tuvieron una abertura rectangular lateral de 50 cm de ancho por 30 cm de largo (Figura 2, B).

Cada jaula se utilizó para aislar una planta de maíz. Se tuvieron dos tratamientos: presencia de parasitoides (jaula abierta) y ausencia de parasitoides (jaula cerrada). Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones.

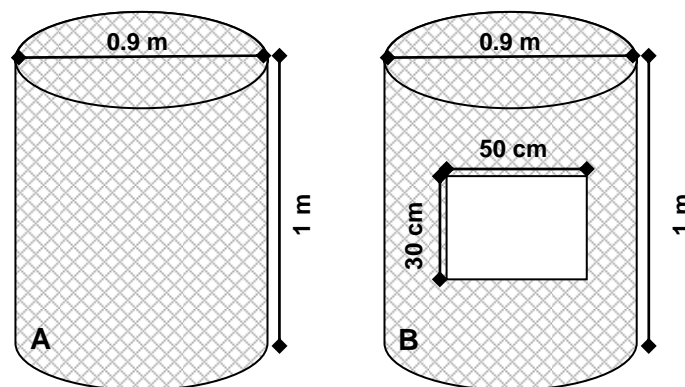


Figura 2. Diseño de las jaulas usadas en campo para el experimento de exclusión de parasitoides de *Spodoptera frugiperda*. A. Jaula Cerrada, B. Jaula Abierta.

4. 3. 5. Distribución de jaulas en campo

Para realizar la distribución de las jaulas se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, se tuvieron cuatro bloques y en cada bloque se colocaron los dos tratamientos, entre cada jaula hubo una separación de 6.5 m. Cada jaula abierta se colocó de manera que la abertura quedará en diferente dirección para cada bloque (Figura 3).

Para la primera parcela el experimento se inició el 15 de julio de 2008 y concluyó el 11 de agosto del mismo año. Para la segunda parcela el experimento se inició el 4 de septiembre de 2008 y concluyó el 9 de octubre del mismo año.

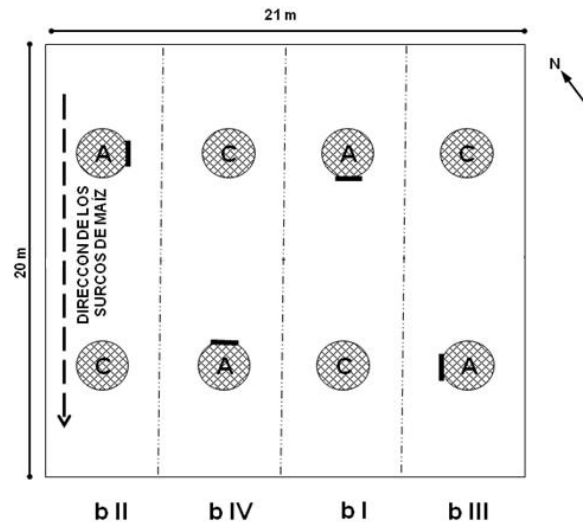


Figura 3. Distribución de jaulas en la parcela experimental de maíz. A. Jaula Abierta, B. Jaula Cerrada, b. Bloque.

4. 3. 6. Inoculación de larvas de *Spodoptera frugiperda*

Con el objetivo de observar que parasitoides atacaban a diferentes instares larvarios de *S. frugiperda*, antes de colocar las jaulas en campo, se revisaron las plantas para verificar que no hubiera larvas de campo. Posteriormente en cada planta previamente seleccionada se inocularon tres larvas de *S. frugiperda* de dos días de edad (primer ínstar) de la cría de laboratorio. Por el hábito caníbal de *S. frugiperda* se quiso tener la seguridad de que por lo menos una larva estaría presente en la planta.

Las larvas inoculadas se dejaron por un lapso de 24 a 48 hr, esperando que en este tiempo y en las jaulas abiertas, las larvas de *S. frugiperda* pudieran haber sido parasitadas.

Posteriormente éstas fueron recolectadas y llevadas al laboratorio donde se colocaron individualmente en cajas Petri de 60 x 15 mm, donde se les alimentó diariamente con hojas tiernas de maíz para que terminaran su desarrollo.

Cada vez que se retiraban las larvas de las plantas, se colocaban otras tres de la misma edad de la cría del laboratorio hasta haber colocado larvas de

6º instar. En la primera parcela esta actividad se repitió tres veces durante cuatro semanas, y en la segunda parcela se repitió nueve veces durante cinco semanas, ya que durante este periodo la planta se encontró susceptible al ataque de gusano cogollero.

Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza de una vía para determinar diferencias entre tratamientos.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5. 1. Especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda*

Durante las colectas de *S. frugiperda* realizadas en las localidades de Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, se encontraron 12 especies de parasitoides, distribuidos en dos ordenes. Del orden Hymenoptera se encontraron las familias: Braconidae, Ichneuomonidae y Eulophidae, y del orden Diptera se encontró a la familia Tachinidae. La familia con más especies de parasitoides fue Ichneuomonidae.

Cuadro 1. Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE
Hymenoptera	Braconidae	<i>Chelonus</i>	<i>insularis</i> Cresson
		<i>Chelonus</i>	sp.
		<i>Cotesia</i>	<i>marginiventris</i> (Cresson)
		<i>Homolobus</i>	<i>truncator</i> (Say)
	Ichneuomonidae	<i>Campoletis</i>	<i>sonorensis</i> (Cameron)
		<i>Campoletis</i>	sp.
		<i>Pristomerus</i>	<i>spinator</i> (Fabricus)
		<i>Ophion</i>	<i>flavidus</i> Brullé
		<i>Mesochorus</i>	sp.
		Eulophidae	<i>Euplectrus</i>
Diptera	Tachinidae	<i>Archytas</i>	sp.
		<i>Lespesia</i>	sp.

En el estudio realizado por Arce y García en 1991 en el distrito de Zimatlán, Valles Centrales de Oaxaca, únicamente se reporta la presencia de seis especies de parasitoides, el hecho de que en este estudio se hayan encontrado más especies se debe principalmente a que fueron más las localidades muestreadas y en algunas de éstas el uso de agroquímicos es reducido y en otras nulo. Además, cercanos a las parcelas muestreadas existe

una gran variedad de cultivos y plantas que pueden servir como refugio a los parasitoides.

Cabe mencionar que para la identificación de *C. sonorensis*, se tuvo un conflicto ya que en la colección existente en el CIIDIR Oaxaca este parasitoide se encuentra identificado como *C. flavicincta*, durante la revisión de literatura se encontró que Cave (1995) hace referencia que en muchas publicaciones, *C. sonorensis* ha sido identificado incorrectamente como *C. perdistincta* (Viereck), un sinónimo de *C. flavicincta* (Ashmead).

Las especies encontradas en este estudio ya han sido reportadas para varios estados del país atacando a *S. frugiperda* (Carrillo-Sánchez, 1993; Cortez *et al.*, 1993; León y López, 1994; Martínez Martínez *et al.*, 1998; Molina-Ochoa *et al.*, 2001; Molina-Ochoa *et al.*, 2003; Hoballah *et al.*, 2004; Molina-Ochoa *et al.*, 2004; Cortez-Mondaca *et al.*, 2008; Armenta-Cárdenas *et al.*, 2008), con excepción de la especie *Mesochorus* sp., de hábito hiperparasitoide, y que ha sido reportado como parasitoide secundario de *Hyposoter hortícola* y *Cotesia melitaeorum* (Ehrlich y Hanski, 2004), además se ha encontrado en colectas de *Plutella xylostella* (Cortez-Mondaca y Macías-Cervantes, 2007) y *Choreutis pariana* (Górska-Drabik, 2003).

5. 1. 1. Diversidad de especies

El análisis de diversidad alfa arrojó valores de índice de Shannon-Weiner (H') en un rango de 1.34 a 1.85 para los muestreos aleatorios y de 1.02 a 1.26 para los muestreos no aleatorios (Cuadro 2). Cortez-Mondaca *et al.* (2008) encontró en el estado de Sinaloa valores de H' en un rango de 1.56 a 1.95, pero no muestra sus H' máx, por lo que no es posible saber en que nivel se encontraban sus diversidades.

Para ambos tipos de muestreo la localidad de Coatecas Altas fue la que tuvo una mayor diversidad alfa respecto a su H' máx, y la localidad que mostró una menor diversidad fue San Lorenzo Cacaotepec, ya que aunque esta

presentó la mayor riqueza de especies, la abundancia de la especie *C. nsularis* fue muy alta, dejando a las demás especies de parasitoides con niveles de abundancia bajos (Cuadro 2).

El índice de equitatividad indicó que la localidad de Coatecas Altas es la que tuvo la mejor distribución en la abundancia de especies, con 0.95 y 0.86 para el muestreo aleatorio y no aleatorio, respectivamente, es decir que todas las especies parasitoides presentes en esta localidad se encuentran de manera igualmente abundantes, a pesar de ser la localidad que presentó la menor riqueza (Cuadro 2).

La dominancia tuvo su valor más alto en Santa Cruz Xoxocotlán para ambos tipos de muestreo (Cuadro 2). Además esta localidad presentó un valor de diversidad bajo, Sosa- Escalante (1997) menciona que mientras mayor sea el valor de dominancia, menor será la riqueza específica y diversidad existente en una comunidad y viceversa.

Cuadro 2. Medidas de diversidad de las especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca

DIVERSIDAD	Santa Cruz Xoxocotlán		Cuilapam de Guerrero		San Lorenzo Cacaotepec		Coatecas Altas	
	A	NA	A	NA	A	NA	A	NA
Riqueza de especies	8	4	8	5	11	7	7	4
No. de individuos	83	26	99	55	530	128	60	18
Shannon-Weiner	1.34	1.02	1.57	1.10	1.51	1.26	1.85	1.19
H máx	2.08	1.39	2.08	1.61	2.40	1.95	1.95	1.39
Equitatividad	0.64	0.74	0.76	0.68	0.63	0.65	0.95	0.86
Índice de Dominancia	0.35	0.42	0.25	0.40	0.27	0.32	0.17	0.33

A: Muestreo Aleatorio. NA: Muestreo No Aleatorio.

La diversidad beta medida con el coeficiente de similitud de Jaccard mostró que la localidad de Cuilapam de Guerrero es similar en un 78% a la localidad de Santa Cruz Xoxocotlán, compartiendo un total de siete especies de parasitoides, esto es razonable ya que las localidades se encuentran relativamente cercanas. Mientras que las localidades de Coatecas Altas con Santa Cruz Xoxocotlán y con Cuilapam de Guerrero tuvieron una similitud del 50%, compartiendo únicamente cinco especies de parasitoides con cada localidad, de igual manera esto se explica debido a que estas localidades se encuentran alejadas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Coeficiente de Jaccard de las especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca, para los muestreos aleatorios.

MUESTREO ALEATORIO	Sta. Cruz Xoxocotlán	Cuilapam de Guerrero	Sn. Lorenzo Cacaotepec
Cuilapam de Guerrero	0.78		
Sn. Lorenzo Cacaotepec	0.58	0.58	
Coatecas Altas	0.50	0.50	0.64

En los muestreos no aleatorios, la diversidad beta mostró que de igual manera las localidades más similares fueron Cuilapam de Guerrero y Santa Cruz Xoxocotlán, con un 80% de similitud, compartiendo cuatro especies de parasitoides. Mientras que las localidades con menor similitud fueron Cuilapam de Guerrero con San Lorenzo Cacaotepec y con Coatecas Altas con un 50% de similitud, compartiendo cuatro y tres especies de parasitoides respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Coeficiente de Jaccard de las especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca, para los muestreos no aleatorios.

MUESTREO NO ALEATORIO	Sta. Cruz Xoxocotlán	Cuilapam de Guerrero	Sn. Lorenzo Cacaotepec
Cuilapam de Guerrero	0.80		
Sn. Lorenzo Cacaotepec	0.57	0.50	
Coatecas Altas	0.60	0.50	0.57

5. 1. 2. Proporción de especies de parasitoides por sitio de muestreo

En la localidad de Santa Cruz Xoxocotlán se encontraron nueve especies parasitoides. La especie con mayor proporción para el año 2007 y los muestreos no aleatorios fue *C. insularis* mientras que para el año 2008 las especies *C. insularis* y *C. sonorensis* tuvieron una proporción similar (Figura 4). Cabe mencionar que el hiperparasitoides *Mesochorus* sp. únicamente se encontró en el año 2008.

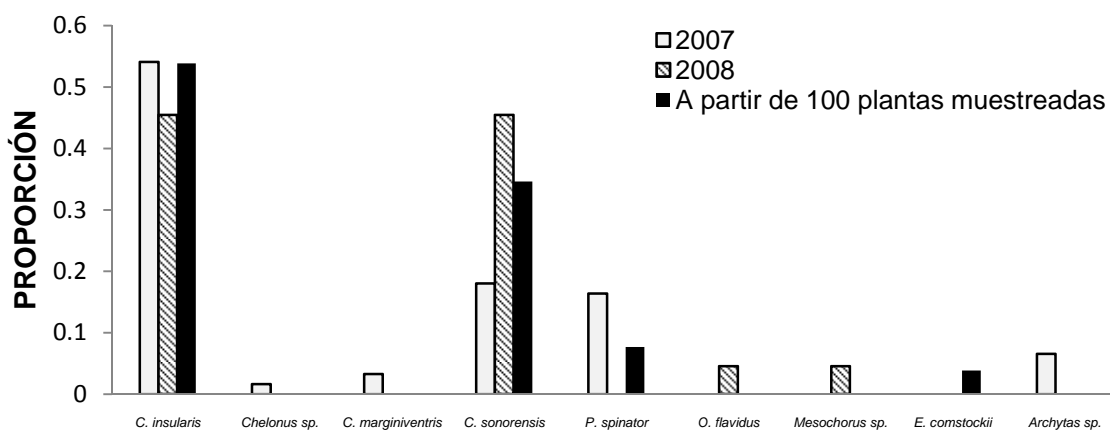


Figura 4. Proporción de especies parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

De acuerdo a las abundancias relativas calculadas con los índices de diversidad para Santa Cruz Xoxocotlán, la especie más abundante fue *C. insularis*, para los dos tipos de muestreo. Esto coincide con el estudio

realizado por Molina-Ochoa *et al.* (2004), en los estados de Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Veracruz, donde menciona además que esta especie es uno de los enemigos naturales más abundantes del estado larval de *S. frugiperda* en la costa del Pacífico y Golfo de México.

Para Cuilapam de Guerrero se encontraron 10 especies parasitoides. La especie más abundante para el año 2007 fue *C. insularis*, para el año 2008 y en los muestreos no aleatorios fue *C. sonorensis* (Figura 5). Esta especie fue la más abundante para los dos tipos de muestreo, esto de acuerdo al cálculo de las abundancias relativas. Hoballah *et al.* (2004) encontraron a esta misma especie como la dominante atacando el estado larval de *S. frugiperda* en Poza Rica, Veracruz.

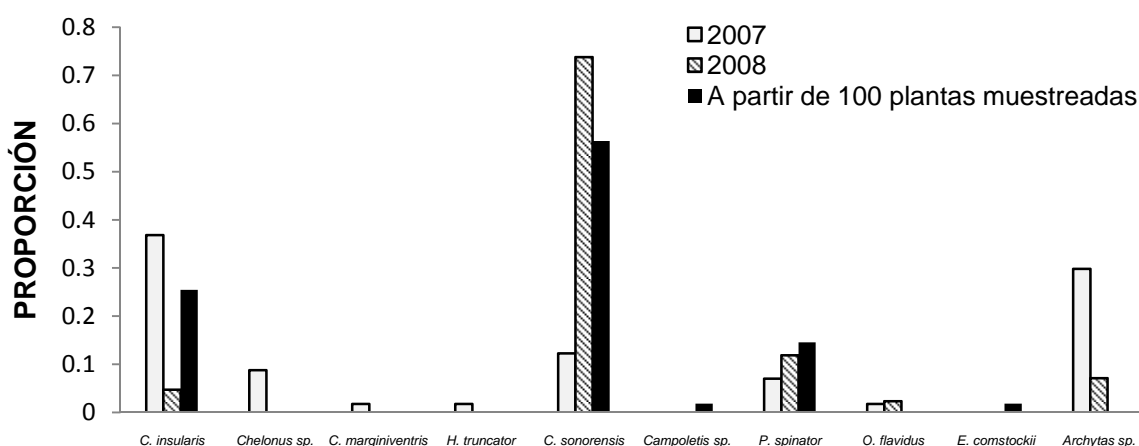


Figura 5. Proporción de especies parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda* en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca.

La localidad de San Lorenzo Cacaotepec fue la que presentó el mayor número de especies parasitoides con un total de 11. Para el año 2007 y 2008 la especie que tuvo mayor proporción fue *C. insularis*, y para los muestreos no aleatorizados la especie con mayor proporción fue *C. sonorensis* (Figura 6). El hiperparasitoide *Mesochorus sp.* únicamente se encontró en el año 2007.

La especie *C. insularis* tuvo la mayor abundancia relativa para el muestreo aleatorio y *C. sonorensis*, para los muestreos no aleatorios.

Armenta-Cárdenas *et al.* (2008), encontraron en el estado de Sonora a *C. sonorensis* como la especie más abundante que ataca a *S. frugiperda*, pero no hace mención alguna de la abundancia en que se encontró a *C. insularis*, esto hace pensar que no fue muy abundante.

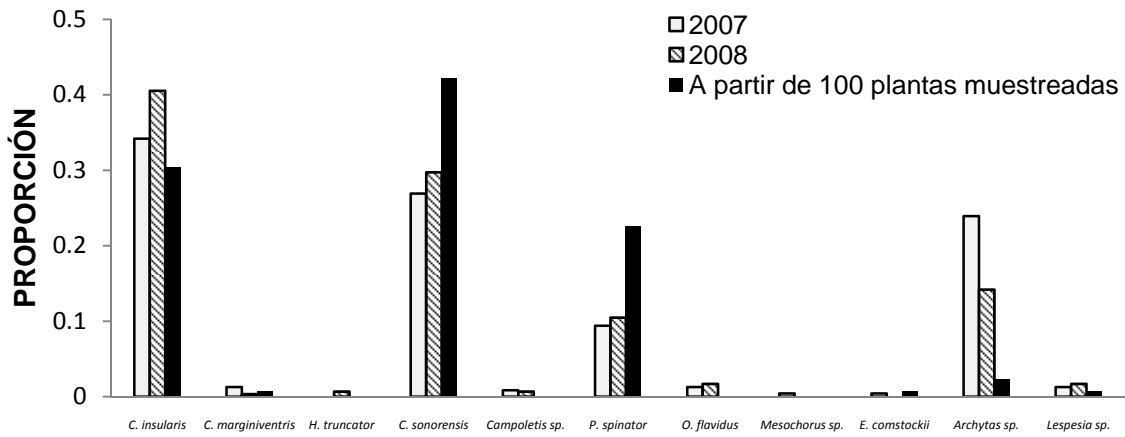


Figura 6. Proporción de especies parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda* en San Lorenzo Cacaotepec, Oaxaca.

En la localidad de Coatecas Altas se encontraron siete especies de parasitoides, esta localidad fue la que presentó el menor número de especies. La especie con mayor abundancia para el año 2007 fue *O. flavidus*, para el año 2008 la mayor proporción la tuvo la especie *C. insularis*. Para los muestreos no aleatorizados las especies *C. insularis* y *C. sonorensis* tuvieron una proporción similar (Figura 7). En esta localidad para el año 2007 se presentó una distribución más o menos uniforme de las proporciones de especies parasitoides.

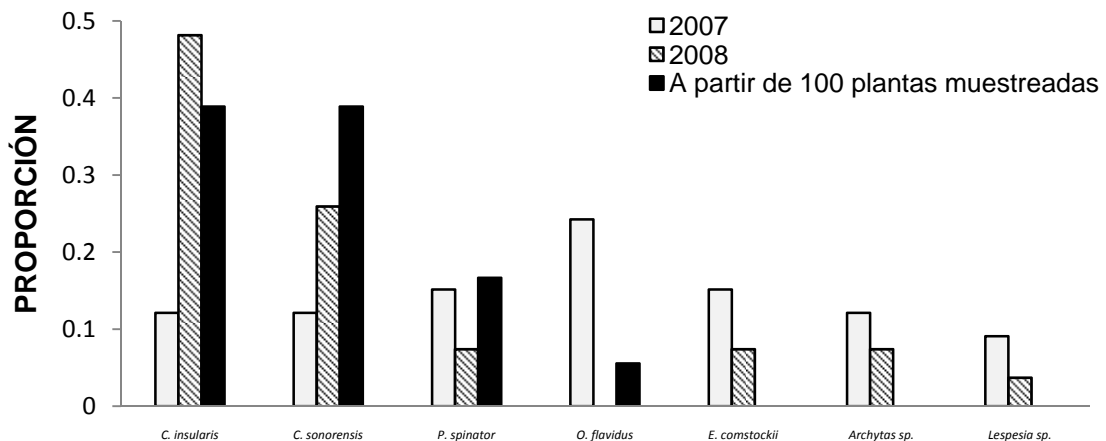


Figura 7. Proporción de especies parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda* en Coatecas Altas, Oaxaca.

En Coatecas Altas la especie *C. sonorensis*, fue la que tuvo una mayor abundancia relativa para el muestreo aleatorio, mientras que para los muestreos no aleatorios la especie *Lespesia* sp. y *C. sonorensis* tuvieron una abundancia relativa igual. *C. sonorensis* ha sido encontrado en diversos estudios como la especie más abundante (Molina-Ochoa *et al.*, 2004; Hoballah *et al.*, 2004), pero se hace poca mención de la abundancia en que se encuentra el género *Lespesia* (Molina-Ochoa *et al.*, 2003; Cortez-Mondaca *et al.*, 2008; Armenta-Cárdenas *et al.*, 2008)

5. 2. Niveles de parasitismo de *Spodoptera frugiperda* en campo

En los dos años de estudio, el mayor porcentaje de parasitismo promedio fue mayor en año 2007 para la localidad de San Lorenzo Cacaotepec y el menor parasitismo se observó el mismo año en Santa Cruz Xoxocotlán (Cuadro 5). En otros estados del país se han detectado niveles similares de parasitismo (Molina-Ochoa *et al.*, 2001; Molina-Ochoa *et al.*, 2004; Cortez-Mondaca *et al.*, 2008; Armenta-Cárdenas *et al.*, 2008) pero los encontrados en el presente estudio superan a los encontrados en Veracruz que fueron de 0.7% y 4.1% (Hoballah *et al.*, 2004).

Cuadro 5. Porcentaje de parasitismo promedio de *Spodoptera frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Cuilapam de Guerrero, San Lorenzo Cacaotepec y Coatecas Altas, Oaxaca.

Parasitismo (%)	Santa Cruz Xoxocotlán	Cuilapam de Guerrero	San Lorenzo Cacaotepec	Coatecas Altas
2007	13.1	23.6	31.9	19.8
S	11.63	15.44	15.05	12.30
2008	17.1	15.7	20.4	17.3
S	23.51	16.21	12.81	10.70
NA	15.8	20.3	15.3	15.4
S	10.93	16.44	13.79	12.77

NA: Muestreo No Aleatorio. S: Desviación estándar de la muestra.

En Santa Cruz Xoxocotlán el parasitismo promedio fue mayor en el año 2007 (Cuadro 5). El porcentaje de parasitismo fluctuó de 0 a 66.7 % en los muestreos aleatorios, en los que el mayor porcentaje de parasitismo se presentó el 14 de agosto del 2008, para los muestreos no aleatorios el porcentaje de parasitismo fue de 0 a 33.3% (Figura 8) los mayores porcentajes de parasitismo se presentaron a finales de junio y principios de julio del 2008.

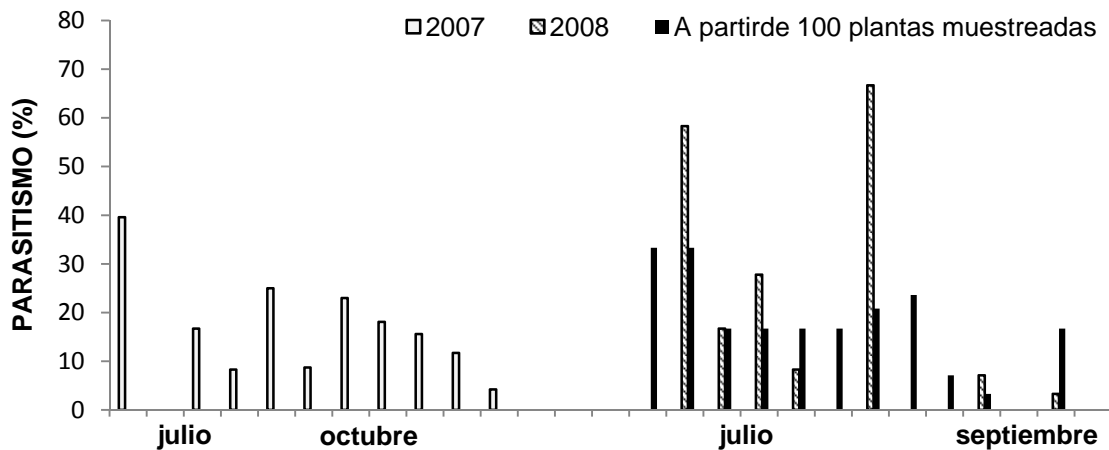


Figura 8. Porcentajes de parasitismo semanal de *Spodoptera frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

En Cuilapam de Guerrero, los porcentajes de parasitismo fluctuaron de 0 hasta un 50 % en los muestreos aleatorios, para los muestreos no aleatorios el porcentaje de parasitismo fue de 0 a 42.6% (Figura 9). Las fechas que mostraron los mayores porcentajes de parasitismo fueron el .22 de septiembre del 2007 para los muestreos aleatorios y el 5 de septiembre del 2008 para los muestreos no aleatorios.

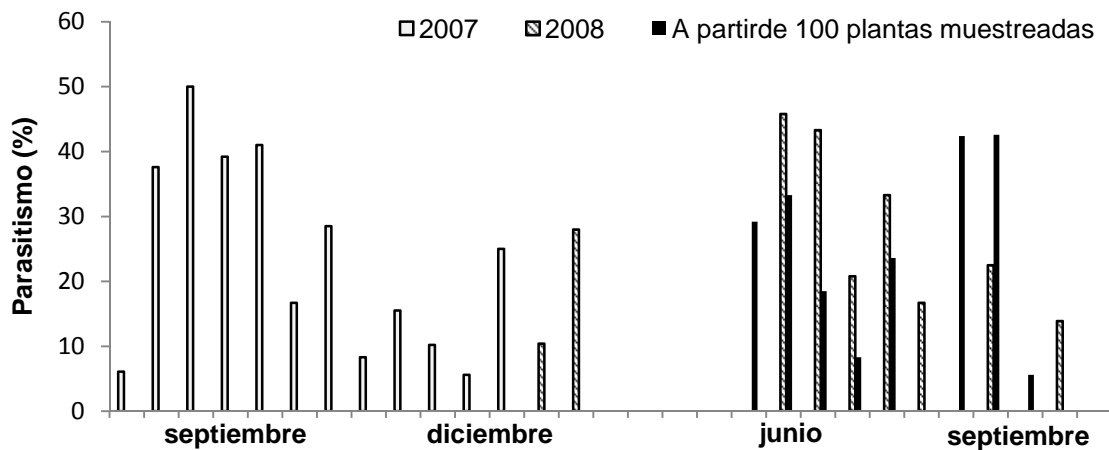


Figura 9. Porcentajes de parasitismo semanal de *Spodoptera frugiperda* en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca.

En San Lorenzo Cacaotepec el porcentaje de parasitismo fluctuó desde 0 hasta un 60.3 % en los muestreos aleatorios, para los muestreos no aleatorios el porcentaje de parasitismo fue de 0 a 54% (Figura 10).

En San Lorenzo Cacaotepec el parasitismo promedio para los muestreos aleatorios fue de 24.5 % y para los muestreos no aleatorios fue de 15.3 % (Cuadro 5). El mayor parasitismo para los muestreos aleatorios se presentó el 9 de noviembre de 2007 y para los muestreos no aleatorios se presentó el 20 de julio del 2008. Esta localidad sobrepasó el parasitismo encontrado por Armenta-Cárdenas *et al.* (2008) y Molina- Ochoa *et al.* (2004), por fecha de muestreo.

Para Coatecas Altas el parasitismo promedio para los muestreos aleatorios fue de 18.5 % y para los muestreos no aleatorios fue de 15.4 % (Cuadro 5). El porcentaje de parasitismo fluctuó desde 0 hasta un 36.1 % para los dos tipos de muestreo; aleatorios y no aleatorios (Figura 11). El mayor parasitismo se encontró el 21 de septiembre del 2008 para los muestreos aleatorios y el 6 de septiembre del mismo año para los no aleatorios.

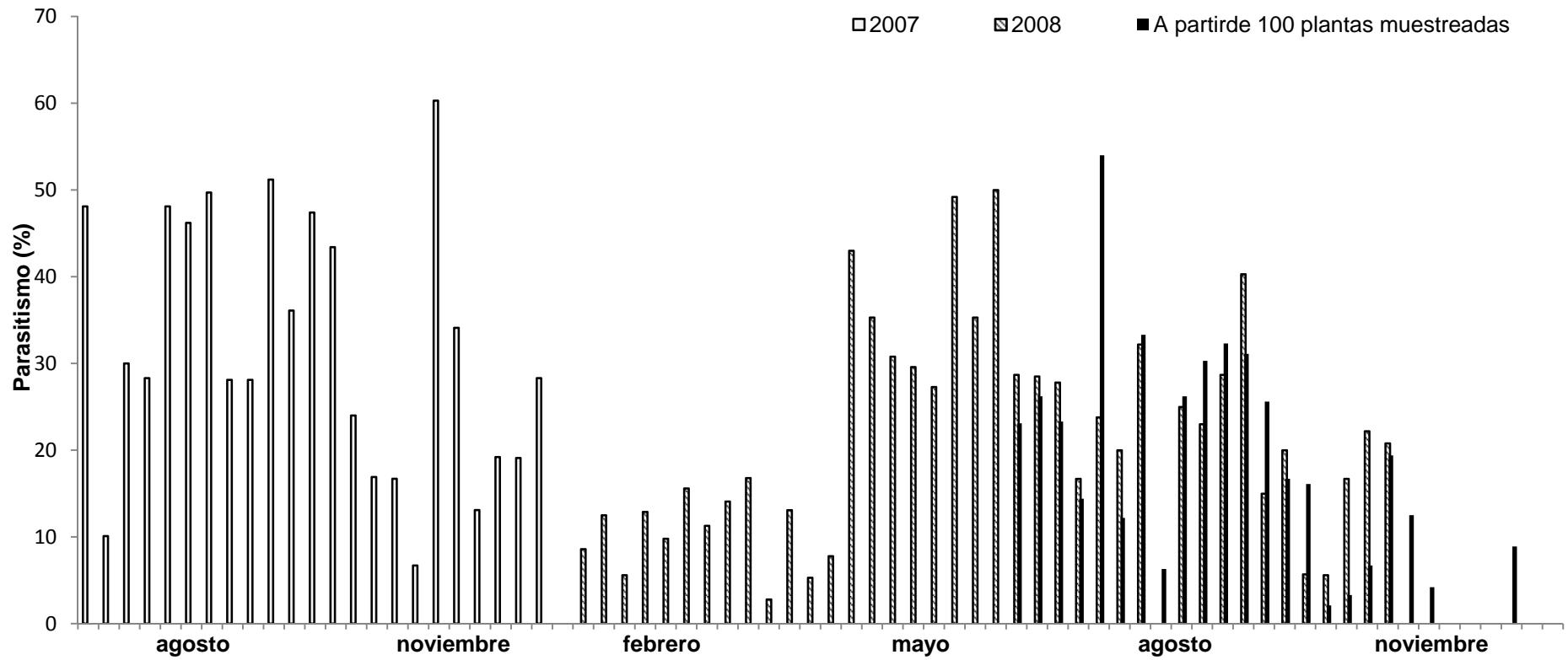


Figura 10. Porcentajes de parasitismo semanal de *Spodoptera frugiperda* en San Lorenzo Cacaotepec, Oaxaca.

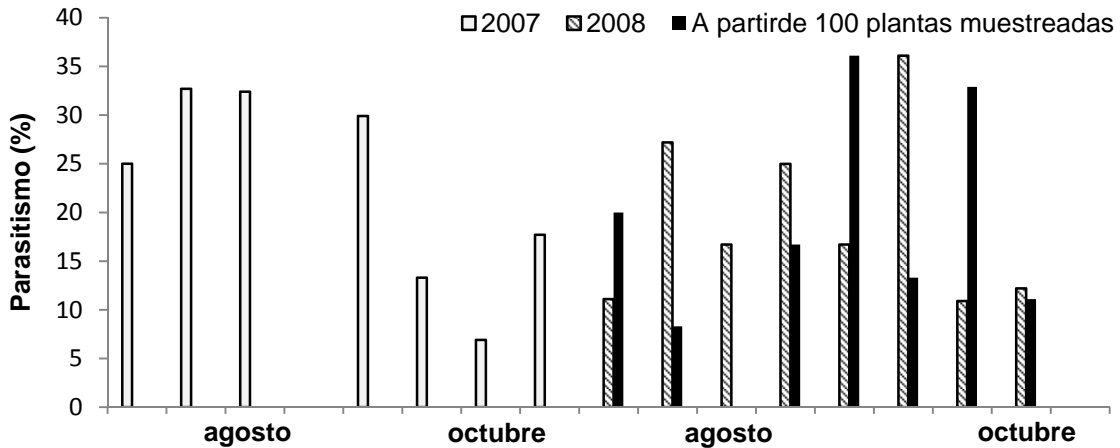


Figura 11. Porcentajes de parasitismo semanal de *Spodoptera frugiperda* en Coatecas Altas, Oaxaca.

5. 2. 1. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide

En Santa Cruz Xoxocotlán, para el año 2007 y los muestreos no aleatorios el mayor porcentaje de parasitismo lo obtuvo el parasitoide *C. insularis*, mientras que para el año 2008 las especies *C. insularis* y *C. sonorensis* mostraron el mayor nivel de parasitismo (Figura 12). Estas especies son las que han presentado un mayor porcentaje de parasitismo en estudios previos en otras regiones del país (Molina-Ochoa *et al.*, 2001; Molina-Ochoa *et al.*, 2004; Hoballah *et al.*, 2004; Cortez-Mondaca *et al.*, 2008; Armenta-Cárdenas *et al.*, 2008)

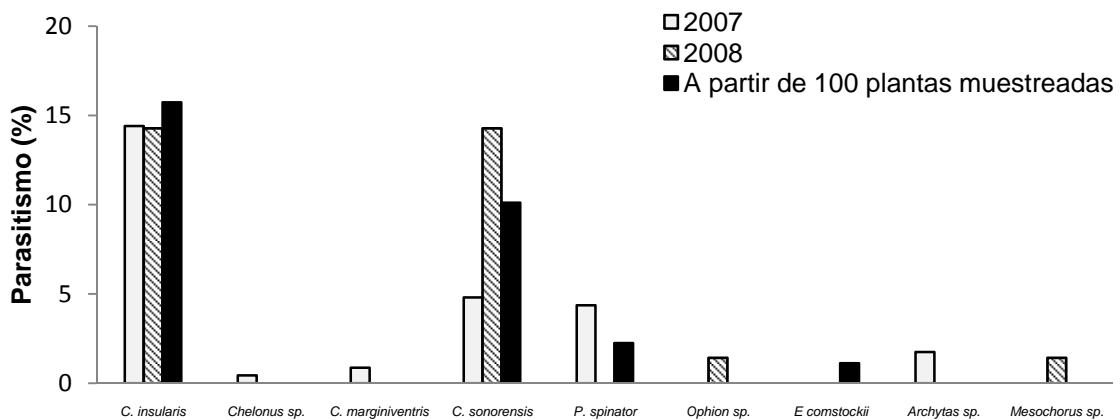


Figura 12. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide de *Spodoptera frugiperda* en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

En Cuilapam de Guerrero la especie parasitoide *C. insularis* fue la que tuvo un mayor porcentaje de parasitismo en el año 2007, mientras que en el año 2008 la especie con mayor porcentaje de parasitismo fue *C. sonorensis*, al igual que para los muestreos no aleatorios (Figura 13).

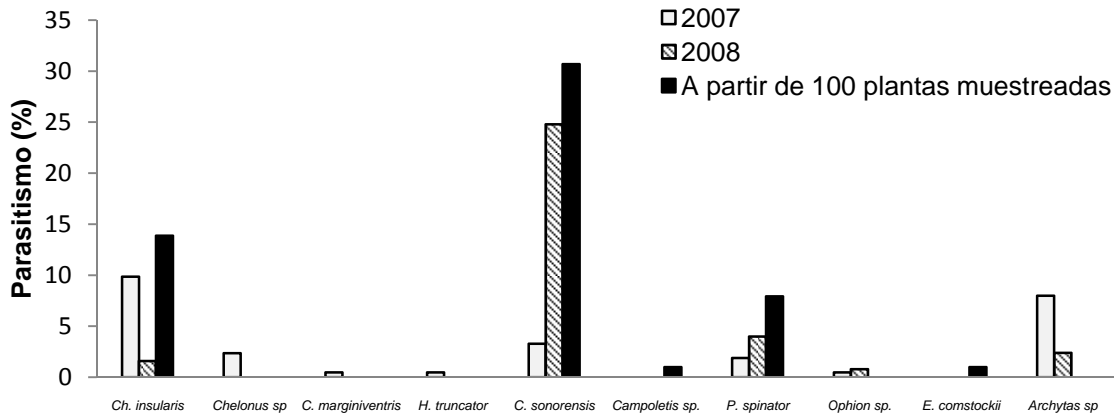


Figura 13. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide de *Spodoptera frugiperda* en Cuilapam de Guerrero, Oaxaca.

Para San Lorenzo Cacaotepec en el año 2007 y 2008 la especie *C. insularis* tuvo el mayor porcentaje de parasitismo, mientras que para los muestreos no aleatorios la especie *C. sonorensis* fue la que la tuvo un mayor porcentaje de parasitismo (Figura 14).

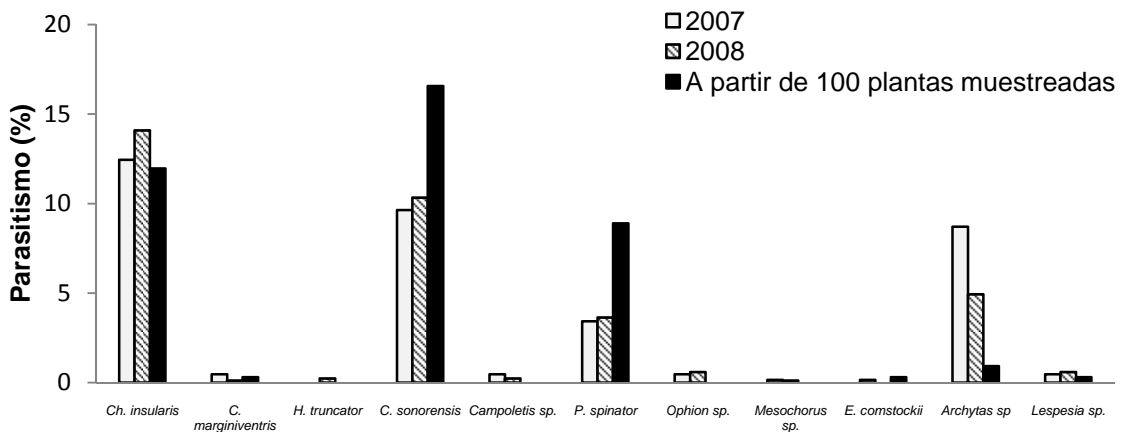


Figura 14. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide de *Spodoptera frugiperda* en San Lorenzo Cacaotepec, Oaxaca.

En la localidad de Coatecas Altas el parasitoide *C. insularis* tuvo el mayor porcentaje de parasitismo en el año 2007, en el año 2008 la especie con mayor parasitismo fue *C. sonorensis*. Para los muestreos no aleatorios las especies *C. sonorensis* y *Lespesia* sp. tuvieron un porcentaje de parasitismo igual (Figura 15). Respecto a *Lespesia* sp., algo diferente fue lo encontrado por Molina-Ochoa *et al.*, 2003; Cortez-Mondaca *et al.*, 2008 y Armenta-Cárdenas *et al.*, 2008, quienes no indican el parasitismo obtenido por *Lespesia* sp., lo que haría pensar que no es una especie que se encuentre en gran abundancia.

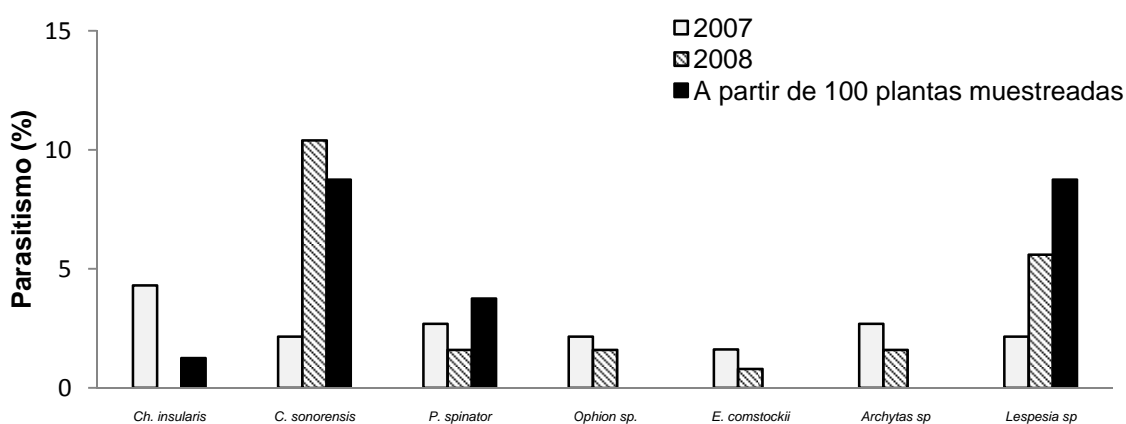


Figura 15. Porcentajes de parasitismo por especie de parasitoide de *Spodoptera frugiperda* en Coatecas Altas, Oaxaca.

5. 3. Evaluación del parasitismo por el método de exclusión

Durante el desarrollo de la evaluación la mayoría de las larvas colocadas en las plantas cubiertas con jaulas murieron, esto probablemente debido a las altas precipitaciones que se presentaron durante el desarrollo del experimento. De acuerdo a Sparks *et al.* (1966) la alteración del ambiente de la planta en la caja afecta el desarrollo o la sobrevivencia de la plaga. La Figura 16 muestra el número de larvas de *S. frugiperda* recuperadas durante el desarrollo del experimento en campo.

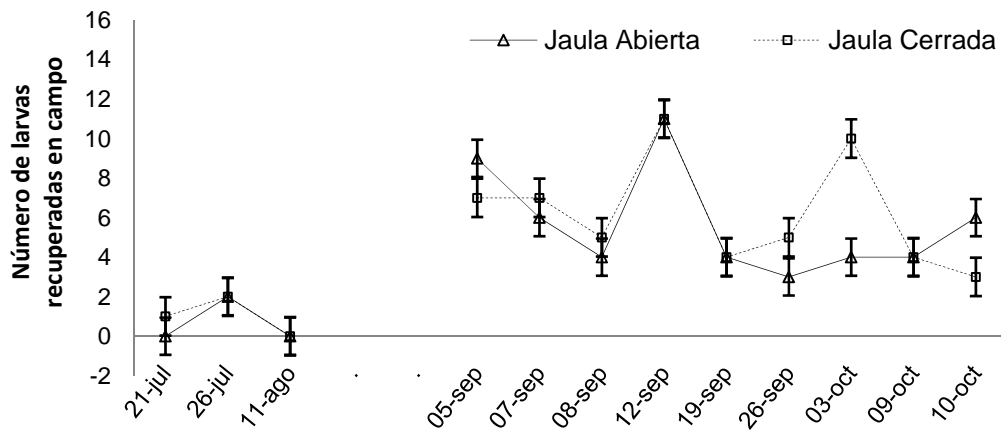


Figura 16. Número de larvas de *Spodoptera frugiperda* recuperadas en el experimento de exclusión en campo, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca.

No se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ($Pr > F: 0.93$) respecto al número de larvas de *S. frugiperda* recuperadas (Figura 16).

Los resultados del experimento arrojaron la presencia, en una baja proporción, del parasitoide *Campoplex sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) en los dos periodos en que se realizó el experimento y solo se encontró atacando al 2º instar de *S. frugiperda* en las jaulas abiertas. En las jaulas cerradas no se detectó presencia de parasitoides. El parasitoide *C. sonorensis* fue uno de los más comunes en las localidades de muestreo del presente estudio. En otras regiones del país *C. sonorensis* es uno de los parasitoides que se encuentra comúnmente atacando a larvas de *S. frugiperda* (Hoballah *et al.*, 2004; Cortez-Mondaca *et al.*, 2008; Armenta-Cárdenas *et al.*, 2008).

Cabe mencionar que en las jaulas cerradas no hubo presencia de parasitoides.

6. CONCLUSIONES

Se encontraron 12 especies de parasitoides, atacando larvas de *S. frugiperda*, éstas fueron: de la familia Braconidae: *Chelonus insularis*, *Chelonus* sp., *Cotesia marginiventris*, *Homolobus truncator*; de la familia Ichneumonidae: *Campoletis sonorensis*, *Campoletis* sp., *Pristomerus spinator*, *Ophion flavidus*, *Mesochorus* sp.; el Eulophidae *Euplectrus comstockii*; los Tachinidae *Archytas* sp. y *Lespesia* sp

Coatecas Altas tuvo la mayor diversidad alfa, mientras que la localidad de San Lorenzo Cacaotepec fue la que tuvo la menor diversidad alfa. Coatecas Altas tuvo el mejor valor de equitatividad de especies en ambos tipos de muestreos. Santa Cruz Xoxocotlán tuvo la mayor dominancia para los dos tipos de muestreo. La diversidad beta mostró que las localidades más similares fueron Santa Cruz Xoxocotlán y Cuilapam de Guerrero para ambos tipos de muestreo.

San Lorenzo Cacaotepec presentó la mayor riqueza de especies de parasitoides con un total de 11, mientras que Coatecas Altas presentó siete especies, la menor riqueza de las cuatro localidades. De manera general las especies que tuvieron mayor proporción y mayor abundancia relativas fueron *C. insularis* y *C. sonorensis*.

Para los muestreos aleatorios el mayor parasitismo se encontró en Cuilapam de Guerrero y el menor fue en Santa Cruz Xoxocotlán. En los muestreos no aleatorios Cuilapam de Guerrero tuvo el mayor parasitismo y San Lorenzo Cacaotepec el menor.

En la evaluación del parasitismo por el método de exclusión, no se detectaron diferencias significativas entre los dos tratamientos (jaula abierta y jaula cerrada), respecto al número de larvas de *S. frugiperda* recuperadas. Sin embargo en las cajas abiertas se detectó al parasitoide ichneumónido *C. sonorensis* atacando a larvas de 2º instar de *S. frugiperda*.

7. RECOMENDACIONES

Todas las localidades muestreadas presentaron un número considerable de especies de parasitoides, estas especies ejercen un buen control a nivel de larva de *S. frugiperda*, esto sin considerar que existe también un control a nivel de huevecillos y pupas. Otro control natural que existe son los depredadores, están presentes en el agroecosistema del maíz y son abundantes. También hay diversas enfermedades que ayudan a controlar a *S. frugiperda*.

Los enemigos naturales se deben conservar evitando el uso indiscriminado de los agroquímicos, manteniendo la vegetación circundante a los cultivos agrícolas, ya que ésta propicia la presencia de fauna benéfica, al servir como reservorio y alimento alternativo a los enemigos naturales.

Por otra parte es conveniente enseñar a los campesinos las diferentes especies de parasitoides y la forma en que actúan para controlar las poblaciones de insectos plaga, para que de esta forma valoren y cuiden este importante recurso natural.

8. LITERATURA CITADA

- Álvarez L. R. 1994. Geografía general del estado de Oaxaca. 2ª ed. Carteles Editores. 456p.
- 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.
- Arce G., F. y J. García G. 1991. Insectos benéficos que parasitan al gusano cogollero del maíz. Boletín N° 8. CIIDIR-Oaxaca, IPN. México. 2p.
- Armenta-Cárdenas, I., E. Cortez-Mondaca, M. M. Colín-Alcántar, J. Pérez-Márquez y F. Bahena-Juárez. 2008. Reporte preliminar de parasitoides asociados a gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en el sur de Sonora, México. XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. Zacatecas, Zacatecas. p.80-83.
- 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.
- 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.
- Bautista M., N. 2006. Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Estado de México. México. 113p.
- Bellows, T. S., R. G. Van Driesche and J. S. Elkinton. 1992. Life-table construction and analysis in the evaluation of natural enemies. Annu. Rev. Entomol. 37: 587-614.
- 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. 303p.
- Blanco, C. 2005. A la hora de comer ¿Qué nos preocupa? Fondo de Cultura Económico. México, D. F. 117p.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A. and Johnson, N. F. 1989. An Introduction to the Study of Insects. Sixth Edition. Harcourt Brace Jovanovich Collegue Publishers. Orlando, Florida, USA. 808p.
- Cave, R. D. 1995. Manual Para el Reconocimiento de Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central. Primera edición. Zamorano Academia Press. Honduras. 202p.
- Carrillo S., J. L. 1993. Síntesis del control biológico de *Heliothis* spp. y *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en México. Folia Entomol. Mex. 87: 85-93.
- Cevallos, D. 2006. Ambiente México: Portazo al maíz transgénico. <http://ipsnoticias.net/nota.asp?idnews=39130>. Fecha de consulta: 9 de Julio de 2007.

- Chandy S., D. J. Gibson y P. Robertson. 2006. Additive partitioning of diversity across hierarchical spatial scales in a forested landscape. *Journal of Applied Ecology* 43:792-801
- Cisneros V., F. 1995. Control de plagas agrícolas. Lima, Perú 304p. http://www.avocadosource.com/books/CisnerosFausto1995/CPA_TOC.htm Fecha de consulta: 9 de Julio de 2007.
- Clausen, C. P. (ed.) 1978. Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review. Agriculture Handbook No. 480, United States Dept. of Agriculture, Washington, D. C.
- Clavijo, S. 1978. Distribución espacial del gusano cogollero del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev. Fac. Agron. (Maracay)* Alcance 26: 93- 99.
- Cortez, H., J. Trujillo y A. González. 1993. Incidencias del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* Smith) (Lep: Noctuidae) y sus enemigos naturales en tres agroecosistemas de maíz en la Chontalpa, Tabasco. *Memorias del XXVIII Congreso Nacional de Entomología*. San Miguel Allende, Guanajuato. 217p.
- 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. p.76-80.
- Crist T. O. and A. J. Veech. 2006. Additive partitioning of rarefaction curves and species area relationships unifying alpha and beta diversity with sample size and habitat area. *Ecology Letters* 9: 923-932
- 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. p70-73.
- DeBach. P. 1984. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Compañía Editorial Continental S. A. México, D. F. 949p.
- DeBach, P. and B. R. Bartlett. 1964. Methods of colonization, recovery and evaluation, pp. 402-426. In DeBach P. (ed.) *Biological Control of Insect Pests and weeds*. Chapman and Hall Ltd, London.
- DeBach, P. and C. B. Huffaker. 1971. Experimental techniques for evaluation of the effectiveness of natural enemies, pp. 113-140. In: Huffaker, C. B. (ed.). *Biological Control*. Plenum Press, New York.
- DeBach, P., C. B. Huffaker and A. W. MacPhee. 1976. Evaluation of the impact of natural enemies, pp: 255-285. In Huffaker C. B. & P. S. Messenger (eds.), *Theory and Practice of Biological Control*. Academic Press. New York.
- 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. de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 102p.

- Fernández, F. y M. J. Sharkey. 2006. Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 894p.
- Flint, M. L., and S. H. Dreistadt. 1998. Natural enemies Handbook. The illustrated Guide to Biological Pest Control. UC Division of Agriculture and Natural Resources and the University of California Press. Oakland, Canada. 154p.
- Gauld, I. D. 1987. Some factors affecting the composition of tropical ichneumonid faunas. *Biological Journal of the Linnean Society* 30: 299-312.
- González-Hernández, H. 2001. Métodos de evaluación de enemigos naturales, pp.69-75. En: C. Guijón- López, A. W. Guzmán-Franco y G. Barajas (eds.), XII Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 222p.
- González-Hernández, H. y C. Pacheco-Sánchez. 2007. Métodos de evaluación de enemigos naturales, pp.48-60. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.), Teoría y Aplicación del Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico, México. 303p.
- Hoballah, M. E., T. Degen, D. Bergvinson, A. Savidan, C. Tamo, and T. C. J. Turlings. 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.
- Jassic, J y M. Reinés. 1974. Estudio experimental de la influencia de la temperatura en la palomilla del maíz. *Ciencias (Sec.4)*. 44:1-19.
- 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 par su reconocimiento y control. Administración de Desarrollo Extranjero (ODA). Londres. 182p.
- Knutson, A. E. and F. E. Gilstrap. 1989. Direct evaluation of natural enemies of the southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in Texas corn. *Environmental Entomology* 18: 732-739.
- Koleff P. y A. J. Gaston. 2002. The relationship between local and regional species richness and spatial turnover. *Global Ecology and Biogeography* 11: 363-375
- León R., A. y E. López B. 1994. Parasitismo de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en el municipio de Tarimbaro, Michoacán. XXIX Congreso Nacional de Entomología. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey. 278p.
- Luck, R. F., B. M. Shepard and P. E. Kenmore. 1988. Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. *Annu. Rev. Entomol.* 33: 367-391.
- Luna F., M., 2002, El cultivo del maíz en Zacatecas. SAGARPA-INIFAP, México D.F., 128p.

- Maes, J. M. 2003. Ficha "Insectos plagas" N° 2. El cogollero del maíz. Insectarium Virtual, Revista electrónica. Nicaragua. <http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/DOCUMENTOS%20DE%20INTERES/PLAG-2.htm>. Fecha de consulta: 10 de Julio de 2007.
- Magurran, A. E. 1989. Diversidad Ecológica y su medición. Ediciones Vedra. Barcelona, España. 200p.
- Martínez-Martínez, L., M. E. Valdés E., L. Aldana L. y R. Arzuffi. 1998. Parasitoides del gusano cogollero en el estado de Morelos. VI Encuentro de entomólogos del IPN. San Isidro, Yautepec, Morelos. 32p.
- Molina-Ochoa, J., J. J. Hamm, R. Lezama-Gutiérrez, M. López-Edwards, M. González-Ramírez, y A. Pescador-Rubio. 2001 A survey of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) parasitoids in the mexican states of Michoacán, Colima, Jalisco, and Tamaulipas. Florida Entomologist 84:31-36.
- Molina-Ochoa, J., J. E. Carpenter, R. Lezama-Gutiérrez, J. E. Foster, M. González-Ramírez, C. A. Ángel-Sahagún, y J. Farías-Larios. 2004. Natural distribution of Hymenopteran parasitoids of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae in Mexico. Florida Entomologist 87 (4): 461-472.
- Molina-Ochoa, J., J. E. Carpenter, E. A. Heinrichs y J. E. Foster. 2003. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean basin: an inventory. Florida Entomologist 86 (3): 254-289.
- Moreno, C. E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, España. 84p.
- Hoballah, M. E., T. Degen, D. Bergvinson, A. Savidan, C. Tamo, and T. C. J. Turlings. 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.
- 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.
- Parsons, D. B. y Mondoñedo, J. R. 2008. Maíz. Manuales para educación agropecuaria. Producción Vegetal; 10. 3ª ed. Trillas. 72p.
- Pérez, M. E. 2006. Control biológico de *Spodoptera frugiperda* Smith en maíz. Departamento de Manejo de Plagas. Ciudad de la Habana, Cuba. <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTTE.htm>. Fecha de consulta: 10 de Julio de 2007.
- Piedra, F. 1974. Effect of different forage diets on the biology of *Spodoptera frugiperda* (Lep:Noctuidae). Cuban. J. Agric. Sci. (English Ed.).8: 99-103.
- Salazar A., H. C. 2006. El maíz perspectivas y propuestas para enfrentar el 2008. Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de

- México. http://www.iiec.unam.mx/media/pres/seminario_economia_agri cola/2006/1 Fecha de consulta: 9 de Julio de 2007.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ventana.php?idLiga=1043&tipo=1>. Fecha consultada: 23 de febrero de 2008.
- Sosa-Escalante, J. E. 1997. Ecología de la comunidad de mamíferos terrestres del noreste de la península de Yucatán, México: diversidad, distribución y estructura. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. México. 190p.
- Sparcks, A. N. , Chiang, H. C., Burkhardt, C. C., Fairchild, M. L. and Weekman, G. T. 1966. Evaluation of the influence of predation on corn borer populations. *Journal of Economic Entomology*, 59, 104-7.
- Triplehorn, C. A., and N. F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's. Introduction to the Study of Insects. 7th Edition. Thomson Brooks/Cole. USA. 864p.
- 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.
- Van Driesche, R. G. & T. S. Bellows, Jr. 1996. Biological Control. Chapman and Hall, New York. 539p.
- 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.
- Vega V., D. D. y P. Ramírez M. 2004. Situación y perspectivas del maíz en México. Universidad Autónoma Chapingo. 56p.
- Wharton, R. A., P. M. Marsh y M. J. Sharkey (eds.). 1998. Manual para los géneros de la familia Braconidae (Hymenoptera) del nueva mundo. Edición en español, International Society of Hymenopterists, Washington D. C. 439p.