

# ***Instituto Politécnico Nacional***



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

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

**Protección y Producción Vegetal**

**Tesis:**

**“Factores que afectan la dinámica poblacional de  
*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en dos cultivos  
hospederos en Oaxaca”**

**Alumna:**

**Elia Jirón Pablo**

Director: Dr. José Antonio Sánchez García

Junio 2019



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

## ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Oaxaca siendo las 13:00 horas del día 9 del mes de Mayo del 2019 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de CIIDIR OAXACA

para examinar la tesis titulada:  
"Factores que afectan la dinámica poblacional de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Policultivo y monocultivo de maíz en Oaxaca"

Presentada por el alumno:

Jirón Pablo  
Apellido paterno Nombre(s) Elia Apellido materno

Con registro: 

B	1	5	0	5	4	4
---	---	---	---	---	---	---

Doctorado en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales

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

### LA COMISIÓN REVISORA

Director(a) de tesis

Dr. José Antonio Sánchez García

Dr. Jaime Ruiz Vega

Dr. Rafael Pérez Pacheco

Dr. Julián Hernández Cruz

Dr. Teodulfo Aquino Bolaños

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Salvador Isidro Belmonte Jiménez



CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL MAÍZ INTEGRAL REGIONAL  
CIIDIR  
UNIDAD OAXACA  
I.P.N.



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

**CARTA CESION DE DERECHOS**

En la Ciudad de Oaxaca el día 6 del mes de junio el año 2019, el (la) que suscribe Elia Jirón Pablo alumno(a) del Programa de Doctorado en Ciencias en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales con número de registro B150544, adscrito a 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 Dr. José Antonio Sánchez García y cede los derechos del trabajo intitulado **“Factores que afectan la dinámica poblacional de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en Policultivo y monocultivo de maíz en Oaxaca”** al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección [elياجiron@hotmail.com](mailto:elياجiron@hotmail.com). Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Elia Jirón Pablo

Nombre y firma



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

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, porque siempre ha estado conmigo.

Al CONACYT, por haberme otorgado la beca para poder realizar mis estudios de doctorado.

Al Instituto Politécnico Nacional y en especial al CCIDIR-Unidad Oaxaca por la oportunidad brindada para realizar mis estudios.

A la M. en C. Laura Martínez Martínez, por su ayuda, paciencia, consejos y enseñanzas. Gracias maestra.

A los integrantes de mi comité revisor, Dr. Julián Hernández Cruz, Dr. Teodulfo Aquino Bolaños, Dr. Jaime Ruíz Vega, Dr. José Antonio Sánchez García, y Dr. Rafael Pérez Pacheco, por sus acertadas sugerencias para enriquecer este trabajo.

A la M. en C. Roselia Jarquín López, por su colaboración en este trabajo y por su amistad.

Al ing. Antelmo Zárate, de la comunidad de Cuilápam de Guerrero y a Don Francisco, de la comunidad de Rosario. Por su disposición y confianza para permitirme trabajar en sus parcelas.

## DEDICATORIAS

A mi hijo, Juan Carlos Jirón porque es mi razón de ser

A mis padres, porque siempre han creído en mí, por sus sacrificios y apoyo incondicional.

A mis hermanos, Cenobio, Miguel Ángel, Sergio y Herminia, porque siempre han estado conmigo en los buenos y los malos momentos.

A mi cuñado Julian, porque siempre me motiva a seguir adelante.

A mis cuñadas, Lety y Chely por su gran apoyo y amistad.

A mis sobrinos y sobrinas; Nelly, Demetrio, Viany, Niza, José Manuel, Miguel Ángel, Didier, Josué y Dolet.





## INDICE

INDICE DE FIGURAS .....	5
INDICE DE CUADROS .....	7
RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
1. INTRODUCCIÓN .....	12
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 La insustentabilidad de la Agricultura Moderna .....	14
2.2. Uso de agroquímicos .....	15
2.3. Hipótesis que explican la aparición de las plagas en los agroecosistemas	18
2.3.1. Hipótesis de la concentración del recurso .....	18
2.3.2. Hipótesis del enemigo natural.....	19
2.3.3. Mecanismos “Bottom- up” y “Top- down” .....	19
2.3.4. La Teoría de la Trofobiosis .....	20
2.4. Hipótesis que explican los mecanismos de regulación natural de poblaciones.....	21
2.4.1 Teoría biótica .....	21
2.4.2. Teoría climática.....	21
2.4.3. Teoría sintética .....	22
2.4.4 Teoría de la autorregulación .....	22
2.4.5. Teoría sintética moderna .....	22
2.5. Hipótesis que explican los mecanismos de regulación natural de poblaciones basadas en la biodiversidad.....	23
2.5.1 Hipótesis de la heterogeneidad de hábitat.....	23
2.5.2. Hipótesis de la depredación.....	23
2.5.3. Hipótesis de la productividad.....	23
2.5.4. Hipótesis de la estabilidad.....	23
3. OBJETIVOS .....	26
3.1 General .....	26
3.2 Específicos.....	26

4. HIPÓTESIS .....	26
5. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.....	27
5.1. Establecimiento de las parcelas.....	28
.....	29
.....	29
5.2. Registro de la precipitación en los ciclos del cultivo 2016 y 2017 .....	29
6. RESULTADOS .....	31
CAPÍTULO 1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LA VEGETACIÓN PERENNE Y ANUAL .....	31
Materiales y métodos.....	31
Resultados y discusión .....	32
Comparación de la vegetación circundante en las parcelas en las temporadas de sequía y lluvias .....	36
Conclusiones .....	38
CAPÍTULO 2. INFESTACIÓN .....	38
Materiales y métodos.....	38
Resultados y discusión .....	39
Conclusiones .....	45
CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DEL PARASITISMO Y DEPREDACIÓN DE HUEVOS A TRAVÉS DE PLANTAS Y HUEVOS CENTINELA. ....	46
Materiales y métodos.....	46
Resultados y discusión .....	49
Conclusiones .....	54
CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN DE PARASITISMO Y DEPREDACIÓN DE LARVAS CENTINELA.....	54
Materiales y métodos:.....	54
Resultados y discusión .....	55
Conclusiones .....	59
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE PARASITISMO A TRAVÉS DE MUESTREOS SEMANALES Y COLECTA DE LARVAS.....	60
Materiales y métodos:.....	60
Resultados y discusión .....	60

Conclusiones .....	66
CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DE PUPAS CENTINELA.....	67
Materiales y métodos.....	67
Resultados y discusión .....	69
Conclusiones .....	73
7. DISCUSIÓN GENERAL .....	73
8.- CONCLUSIONES GENERALES.....	78
9. RECOMENDACIONES .....	79
10. LITERATURA CITADA.....	80
ANEXO I.....	86

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la región de Valles Centrales de Oaxaca. ....	27
Figura 2. División política a nivel distrital de la región de Valles Centrales, Oaxaca .....	28
Figura 3. Parcelas de Maíz y MFC .....	28
Figura 4. Siembra de la parcela de MFC en la comunidad de Cuilápam.....	29
Figura 5. Registro de la precipitación en el ciclo 2016.....	30
Figura 6. Registro de la precipitación en el ciclo 2017 .....	30
Figura 7. Colocación de las tiras de madera, de 1 m de largo, para el conteo de plantas. 31	
Figura 8. Similitud de abundancia de vegetación circundante entre los sitios que ocupan las parcelas de Maíz y MFC en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario en temporada de secas 2016. ....	33
Figura 8. Similitud de abundancia de vegetación circundante entre los sitios que ocupan las parcelas de Maíz y MFC en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario en temporada de sequía 2016.....	33
Figura 9. Similitud de abundancia de vegetación circundante entre los sitios que ocupan las parcelas de Maíz y MFC en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario en temporada de lluvias 2016. ....	34
Figura 11. Comunidad de Reyes Mantecón, parcela MFC (Maíz-Frijol-Calabaza) .....	36
Figura 12. Comunidad Reyes Mantecón, parcela Maíz .....	37
Figura 13. Comunidad Cuilápam, parcela Maíz .....	37
Figura 14. Comunidad Cuilápam, parcela MFC .....	37
Figura 15. Comunidad, El Rosario, parcela Maíz.....	37
Figura 16. Comunidad El Rosario, parcela MFC.....	38
Figura 17. Presencia de arbustos perennes durante la temporada de sequía vs. Presencia de pastos .....	43
Figura 18. Altos porcentajes de infestación de <i>S. frugiperda</i> y deshierbe excesivo. Parcela de maíz en la comunidad de El Rosario .....	43
Figura 19. larvas colectadas en campo, adultos colocados en bolsas para la ovoposición. ....	46
Figura 20. Siembra de maíz en macetas.....	47
Figura 21. Plantas de maíz dentro de la jaula .....	48

Figura 22. Masas de huevos ovopositados en el envés de las hojas de maíz.....	48
Figura 23. Colocación de plantas con huevos centinela en campo .....	49
Figura 24. A) Depredador Hippodamia convergens, B) Depredador Doru taeniatum .....	51
Figura 25. Consumo de las hojas de maíz con huevos centinela por el herbívoro Sphenarium purpurascens.....	52
Figura 26. Planta de maíz con visible ataque de <i>S. purpurascens</i> , y consumo de las masas de huevos de <i>S. frugiperda</i> en la comunidad de El Rosario. ....	53
Figura 28. Infestación artificial de cogollos de plantas de maíz con larvas de <i>S. frugiperda</i> .....	54
Figura 28. Arañas depredadoras encontradas en los cogollos de las plantas de maíz infestadas artificialmente con larvas de <i>S. frugiperda</i> . ....	56
Figura 29. Presencia del depredador <i>Doru taeniatum</i> .....	57
Figura 30. Larvas desalojadas por la lluvia en la comunidad de El Rosario.....	58
Figura 31. Ninfa de tijerilla alimentándose de larva inmovilizada de <i>S. frugiperda</i> , en la parcela MFC de Cuilápam, ciclo 2017. ....	59
Figura 32. <i>Abundancia de parasitoides obtenidos por medio de muestreos y colectas en las parcelas en el ciclo 2016</i> .....	62
Figura 33. <i>Abundancia de parasitoides obtenidos por medio de muestreos y colectas en las parcelas en el ciclo 2017</i> .....	63
Figura 34. Procedimiento para la obtención de pupas centinela. ....	67
Figura 35. Método para enterrar pupas y obtener parasitoides .....	68
Figura 36. Modificación del método para enterrar pupas y obtener parasitoides .....	69
Figura 37. Pupa con orificio y su contenido. Recuperados en la parcela Cuilápam MFC ciclo 2017.....	70
Figura 38. Huizache ( <i>Vachellia farnesiana</i> ) .....	86
Figura 39. Malezas silvestres en floración, A) ojo de gallo ( <i>Sanvitalia procumbens</i> ), Rosa amarilla ( <i>Melampodium divaricatum</i> ), C) aceitillo ( <i>Bidens pilosa</i> ) .....	86

## INDICE DE CUADROS

Cuadro1. Índices de diversidad de vegetación circundante perenne, en las parcelas de maíz y maíz-frijol-calabaza en temporada de secas en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario. Ciclo 2016 .....	33
Cuadro2. Índices de diversidad de vegetación perenne y anual circundante, en las parcelas de maíz y maíz-frijol-calabaza en temporada de lluvias en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario. Ciclo 2016 .....	34
Cuadro3. Índices de diversidad de vegetación circundante perenne, en las parcelas de maíz y maíz-frijol-calabaza en temporada de secas en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario. Ciclo 2017 .....	35
Cuadro4. Índices de diversidad de vegetación circundante perenne y anual en las parcelas de maíz y maíz-frijol-calabaza en temporada de lluvias en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario. Ciclo 2017 .....	35
Cuadro5. Índices de vegetación circundante obtenidos en las seis parcelas, en el ciclo 2016 .....	36
Cuadro6. Índices de vegetación circundante obtenidos en las seis parcelas, en el ciclo 2017. ....	36
Cuadro7. Infestación y edad de las larvas obtenidas en Cuilápam, en las parcelas MFC y Maíz, ciclo 2016.....	40
Cuadro8. Infestación y edad de las larvas obtenidas en Cuilápam, en las parcelas MFC y Maíz, ciclo 2017.....	40
Cuadro9. Infestación y edad de las larvas obtenidas en El Rosario, en la parcela Maíz, ciclo 2016. ....	41
Cuadro10. Infestación y edad de las larvas obtenidas en El Rosario, en las parcelas Maíz y MFC, ciclo 2017.....	41
Cuadro11. Infestación y edad de las larvas obtenidas en Reyes, en las parcelas Maíz y MFC en el ciclo 2016. ....	41
Cuadro12. Infestación y edad de las larvas obtenidas en Reyes M., en las parcelas Maíz y MFC, ciclo 2017. ....	42
Cuadro13. Concentrado del % de infestación y los índices de vegetación circundante no cultivada obtenidos en los seis sitios durante el ciclo 2016.....	42
Cuadro14. Porcentaje de infestación e índices de vegetación circundante no cultivada obtenidos en los seis sitios durante el ciclo 2017.....	44

Cuadro15. Prueba estadística de Kruskal Wallis aplicada a los porcentajes de infestación registrados en las parcelas, en el ciclo 2016.....	44
Cuadro 16. Prueba estadística de Kruskal Wallis aplicada a los porcentajes de infestación registrados en las parcelas, en el ciclo 2017.....	45
Cuadro 17. Exposición de huevos centinela de <i>S. frugiperda</i> en las seis parcelas, ciclo 2016. ....	50
Cuadro 18. Exposición de huevos centinela de <i>S. frugiperda</i> en las seis parcelas, ciclo 2017. ....	53
Cuadro 19. Exposición de larvas centinela en las tres comunidades .....	58
Cuadro 20. Porcentajes de parasitismo e índices de vegetación circundante registrados en las 6 parcelas en el ciclo 2016.....	63
Cuadro 21. Porcentajes de parasitismo en larvas e índices de vegetación circundante registrados en las 6 parcelas en el ciclo 2017.....	64
Cuadro 22. Prueba de Kruskal Wallis para los datos de parasitismo en los seis sitios en el ciclo 2016. ....	65
Cuadro 23. Prueba de Kruskal Wallis para los datos de parasitismo en los seis sitios en el ciclo 2017. ....	66
Cuadro 24. Concentrado de la exposición de pupas en las seis parcelas, ciclo 2017 .....	70
Cuadro 25. Detalle de la situación de las pupas recuperadas en todas las parcelas en el ciclo 2017. ....	70
Cuadro 26. Concentrado de la exposición de pupas en las seis parcelas, ciclo 2018.....	71
Cuadro 27. Detalle de la situación de las pupas recuperadas en todas las parcelas en el ciclo 2018 .....	72
Cuadro 28. Relación entre el control de pupas de <i>S. frugiperda</i> y los índices de vegetación circundante no cultivada en las seis parcelas en el ciclo 2017.....	72
Cuadro 29. Relación entre el control de pupas de <i>S. frugiperda</i> y los índices de vegetación circundante no cultivada en las seis parcelas en el ciclo 2018.....	72
Cuadro 30. Tabla de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i> para las parcelas de MFC en las tres comunidades, ciclo 2016 .....	76
Cuadro 31. Tabla de vida de <i>Spodoptera frugiperda</i> para las parcelas de Maíz en las tres comunidades, ciclo 2016 .....	76
Cuadro 32. Tabla de vida para <i>Spodoptera frugiperda</i> en las parcelas de MFC en las tres comunidades, ciclo 2017 .....	77

Cuadro 33. Tabla de vida para *Spodoptera frugiperda* en las parcelas de maíz en las tres comunidades, ciclo 2017 ..... 77

## RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en tres comunidades en la región de Valles Centrales del estado de Oaxaca. Reyes Mantecón, municipio de San Bartolo Coyotepec; Cuilápam de Guerrero, municipio del mismo nombre y Rancho el Rosario del municipio de Zimatlán de Álvarez. El experimento consistió en conocer y analizar los factores que afectan la dinámica poblacional del gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) en monocultivo y policultivo de maíz, maíz-frijol-calabaza (MFC), en condiciones de temporal. Así mismo, se evaluó el efecto de la vegetación circundante anual y perenne en la abundancia de los enemigos naturales asociados al control de la plaga. Se analizó la infestación y el parasitismo natural en las parcelas a través de muestreos y colectas semanales. Por otra parte, se llevaron a campo huevos, larvas y pupas centinela con la finalidad de conocer sus factores de control. De manera general se observó menor infestación en las parcelas de policultivo (10.89%) en relación a las de monocultivo (28.62%). De manera particular la parcela de Reyes Mantecón con monocultivo, pero con altos índices de vegetación circundante anual y perenne, tuvo porcentajes de control similares a los observados en un policultivo, (parasitismo del 75%), aun cuando el porcentaje de infestación fue alto (20%). En contraste la parcela el Rosario, con bajos índices de vegetación circundante, tuvo la mayor infestación (48.25%) y el menor parasitismo (27.66%). Por lo tanto, se concluye que para que exista un control biológico exitoso del gusano cogollero se recomienda: establecer policultivos de MFC, conservar la vegetación silvestre de los bordes de las parcelas, sembrar en los bordes arbustos perennes resistentes a la sequía como huizaches (*Vachellia farnesiana*) y en el deshierbe dejar dentro de la parcela algunas malezas que en ese momento presenten floración tales como ojo de gallo (*Sanvitalia procumbers*), rosa amarilla (*Melampodium divaricatum*), aceitillo (*Bidens pilosa*), entre otras.

## ABSTRACT

The present study was carried out in three communities in the Valles Centrales region of Oaxaca's state. Reyes Mantecón, municipality of San Bartolo Coyotepec; Cuilápam de Guerrero, municipality of the same name, and Rancho el Rosario municipality of Zimatlán de Álvarez. The experiment consisted in to know and to analyze the factors that affect the population dynamics of the armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in monoculture and polyculture of corn, maize-bean-squash (MFC), under non-irrigated conditions. In the same way, the effect of the annual and perennial surrounding vegetation on the abundance of natural enemies associated with the control of the pest was evaluated. The infestation and natural parasitism in the plots were analyzed through weekly samplings and collections. On the other hand, eggs, larvae and sentinel pupae were taken to the field in order to know their control factors. In general, less infestation was observed in the polyculture plots (10.89%) in relation to monocultures (28.62%). In particular, the plot Reyes Mantecón with monoculture, but with high rates of annual and perennial surrounding vegetation, had control percentages similar to those observed in a polyculture, parasitism (75%), even though the percentage of infestation was high (20%). Unlike, the plot El Rosario with low rates of anual and perennial surrounding vegetation had the highest infestation (48.25%) and the lowest parasitism (27.66%). Therefore, it is concluded and recommended that for there to be a successful biological control of the armyworm, it must: to establish MFC polycultures, to conserve the wild vegetation of the edges of the plots, to sow on the edges drought resistant perennial bushes like huizaches (*Vachellia farnesiana*) and in the weeding leave some weeds in the plot that show flowering at that moment such as "ojo de gallo" (*Sanvitalia procumbers*), "rosa amarilla" (*Melampodium divaricatum*), "aceitillo" (*Bidens pilosa*), among others.

# 1. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una de las actividades más importantes del mundo. En un principio el hombre no la practicaba como tal, ya que vivía solo de lo que la naturaleza le proveía (caza y recolección). Sin embargo, con el paso de los años ha intervenido de manera directa en la evolución de esta actividad, hasta llegar a la agricultura como hoy la conocemos. Haciendo uso de una gran cantidad de insumos externos, lo que ha traído consecuencias lamentables, tanto ecológicas (Tilman *et al.*, 2002; Gliessman *et al.*, 2007) como económicas (Sarandón y Flores, 2014).

Para poder entender la agricultura actual es necesario primero entender la influencia que ha tenido en ella la Revolución Verde. Término que fue acuñado en 1968 por William Gaud (administrador de la Agencia Estadounidense para el Desarrollo Internacional-USAID), para referirse a un sorprendente y repentino incremento de la producción de granos en varios países a mediados de los años 60. Producto de la difusión de variedades de alto rendimiento, desarrolladas después de la segunda guerra mundial (Sarandón y Flores, 2014). Sin embargo, para que estas variedades pudieran expresar su potencial de alto rendimiento era necesario que se les suministraran las condiciones de tecnificación adecuadas.

Si bien es cierto que el modelo de producción de la Revolución Verde logró grandes incrementos en la producción y productividad agrícola, también es cierto que estuvo asociado a una serie de problemas sociales y ambientales, algunos de ellos de gran magnitud, como la pérdida de la biodiversidad en los agroecosistemas (Sarandón, 2011; Sarandón y Flores, 2014).

En los agroecosistemas, el componente dominante son los insectos. Afectan a los cultivos de muchas maneras, algunas especies son plagas y reducen los rendimientos ya sea por daño directo o por transmisión de enfermedades. Otros, son enemigos naturales de las especies plaga y pueden ser usados como agentes de control para reducirlas (Murúa *et al.*, 2006, Gliessman *et al.*, 2007, Candelária y Wilcken, 2014.). Sin embargo, los disturbios del hábitat (fumigación, labranza,

barbecho, cosechas, etc.) destruyen el desarrollo de la comunidad de insectos benéficos con patrones cíclicos de colonización (Letourneau, 1998) obligándolos a refugiarse en otros hábitats, generalmente cultivos perennes.

Cloug *et al.* (2007) encontraron que en la tierra arable la biodiversidad depende de la recolonización de los hábitats perennes circundantes, los cuales sirven como hábitats de hibernación y contienen recursos alternativos para artrópodos, que pueden no ser encontrados en comunidades simples (Franin, 2016). Si estos refugios no están disponibles a una distancia adecuada de la emergencia de la plaga, la abundancia y diversidad de los insectos benéficos se reduce junto con los beneficios que ellos proveen a los campos de cultivo (Letourneau *et al.*, 2015). Así mismo, la reducción en el manejo de pastizales puede ser una herramienta útil a largo plazo en el incremento de la biodiversidad y la conservación de las interacciones planta-animal (Kruess y Tscharrntke, 2002).

En este trabajo de investigación se estudió la principal plaga del maíz *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) es uno de los insectos plaga más destructivos del cultivo de maíz en América (Kranz *et al.*, 1977) (Hoballah, 2004). Aunque es importante señalar que su daño no solo se limita al maíz ya que Casmuz *et al.* (2010), realizaron una revisión bibliográfica encontrando en el continente americano un total de 186 plantas hospederas, incluidas en 42 familias.

Dada la importancia económica de esta plaga, es necesario diseñar proyectos de investigación del impacto de los enemigos naturales en la dinámica de población del gusano cogollero, que tomen en cuenta todos sus estados de desarrollo, diferentes condiciones climáticas y la vegetación circundante, para poder diseñar estrategias de manejo integrado de plagas eficientes y ecológicas. Así, este estudio se enfocó a: a) Identificar los enemigos naturales asociados al gusano cogollero en todas sus etapas de desarrollo y evaluar sus efectos en la dinámica de población en monocultivo y policultivo de maíz b) Comparar los impactos de los enemigos naturales a diferentes condiciones de vegetación circundante y c) conocer el efecto de la precipitación en el control de la plaga.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 La insustentabilidad de la agricultura moderna

Si bien es cierto, que la tecnificación de la agricultura ha logrado incrementar los rendimientos de los cultivos, también es cierto que en el intento por brindarles el ambiente adecuado a estas nuevas variedades implicó que, paulatinamente, se incorporaran masivamente fertilizantes, agroquímicos para el control de plagas, enfermedades y malezas, maquinarias, combustibles y riego (Sarandón y Flores, 2014), además de la compra de las semillas. Todos estos factores han conducido a la insustentabilidad de la agricultura actual (Gliessman *et al.*, 2007, Altieri, 1994). Insustentabilidad que se ve reflejada en la pérdida de los recursos naturales por una serie de impactos ecológicos, económicos y sociales, derivados de las prácticas “modernas” de producción (Sarandón y Flores, 2014).

El principal impacto ecológico es la pérdida de la biodiversidad, que constituye la base de la vida en el planeta y la sustentabilidad de los agroecosistemas. Además de ser fuente de genes, proporciona una variedad de servicios ecológicos que, entre otras cosas, permiten reducir el uso de insumos externos, tales como el uso indiscriminado de insecticidas, ya que un ecosistema biodiverso se mantiene en equilibrio. Sin embargo, el beneficio que la biodiversidad aporta al agroecosistema no es valorado correctamente desde el enfoque de agricultura convencional (Sarandón y Flores, 2014).

Sarandón (2011) menciona que, aunque los problemas ambientales de la agricultura tecnificada son admitidos actualmente por una gran mayoría de científicos, técnicos y académicos, no ha habido una discusión profunda, sobre las causas que los han originado. Existen dos posiciones al respecto, en la primera, están quienes consideran que los problemas ambientales que han aparecido, solo se deben a algunos desajustes o pequeños errores en la aplicación de la tecnología. Es decir, una buena tecnología aplicada de manera incorrecta. Por ello se considera que sólo se requieren algunos pequeños cambios para que los estos problemas

ambientales se solucionen. Por otro lado, están quienes, haciendo un análisis más profundo, consideran que el problema no es sólo de las técnicas aplicadas, sino del enfoque con que se han encarado los sistemas de producción. Es decir, cuestiona el modelo de agricultura y las bases filosóficas y de pensamiento que la originaron. Considera que la agricultura no es una sola, y que se debe entender la relación del hombre con la naturaleza y a la naturaleza en sí misma.

Algunas de las principales causas que han llevado a este modelo de agricultura insustentable y que constituyen un impedimento para el logro de una mayor sustentabilidad de la agricultura, se detallan a continuación según Gliessman *et. al*, 2007; Sarandón y Flores, 2014.

## 2.2. Uso de agroquímicos

Este proceso de producción se ha caracterizado por el incremento en el uso de insumos químicos. A pesar de las promesas del control total de plagas que surgieron cuando aparecieron los primeros plaguicidas, el uso de insecticidas y herbicidas ha aumentado en los últimos años mostrando una tendencia preocupante. En Argentina, se incrementó el consumo de agrotóxicos en un 323% del año 1995 a 2005 (CASAFE, 2011) (Sarandón y Flores, 2014). Brasil superó a los Estados Unidos y se constituyó en el mayor mercado mundial de estas sustancias. Pero, además, de los 50 productos más utilizados en ese país, 22 están prohibidos en la Unión Europea (ABRASCO, 2012; Sarandón y Flores, 2014).

Gliessman (2002), Tilman *et. al* (2002), Hajek (2004) y Sarandón y Flores (2014) resumen las consecuencias del creciente uso de agroquímicos, dentro de las que mencionan:

-Contaminación de alimentos, aguas, suelos y personas por plaguicidas y productos derivados del uso de fertilizantes sintéticos.

- Desarrollo de resistencia a los plaguicidas de ciertas plagas y patógenos, así como aparición de plagas secundarias.
- Pérdida de la capacidad productiva de los suelos, debido a la erosión, degradación, salinización y desertificación de los mismos.
- Pérdida de nutrientes de los suelos debida a la falta de reposición, junto con lixiviación y baja eficiencia en el uso de fertilizantes.
- Colmatación de cuerpos de agua (sedimentos).
- Eutrofización de embalses.
- Disminución de los acuíferos en zonas de regadío.
- Dependencia creciente de combustibles fósiles y la disminución de la eficiencia productiva en términos energéticos (cada vez se requiere más energía para mantener o aumentar la productividad de los cultivos).
- Pérdida de biodiversidad: Efecto de agroquímicos y simplificación de hábitats.
- Pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos (erosión génica).
- El desplazamiento de algunas técnicas de cultivo propias de agricultores/as tradicionales por la tecnología “moderna” supuestamente de aplicación universal (erosión cultural).
- Contribución al calentamiento global del planeta y disminución de la capa de ozono.
- No ha sido aplicable a todos los agricultores.
- No ha solucionado el problema de la pobreza rural.

Ante este panorama que presenta el uso indiscriminado de insecticidas para el control de plagas, se hace necesario el desarrollo de estrategias de manejo basadas en principios más ecológicos. Antes que nada, se debe asumir que las plagas son parte del agroecosistema y que, por su biología, es prácticamente imposible eliminarlas. Por lo tanto, hay que cambiar la lógica de “eliminar y controlar” por la

de “manejar y mantener” las densidades poblacionales a niveles que no produzcan un daño económico (Sarandón y Flores, 2014). Para ello se requiere entender el papel ecológico que juegan las plagas dentro del agroecosistema. Se requiere entender además las interacciones entre el herbívoro, la defensa inherente de la planta, los enemigos naturales y otros componentes de los sistemas agrícolas para poder plantear un manejo de plagas sostenible (Braman, 2004). El Manejo Ecológico de Plagas (MEP) se refiere al manejo de un conjunto de técnicas adecuadas que estimulan, protegen y respetan el equilibrio biológico y ecológico (Olivera, 2001; Abrahams *et al.*; 2017, Jeger *et al.* 2017; Landis *et al.* 2000). Estas técnicas están basadas en la calidad del suelo y en la biodiversidad (BD)

Sin embargo, la principal amenaza contra la BD es el modelo agrícola dominante actual. Conduce a la pérdida de especies silvestres beneficiosas, por su rol ecológico en los ecosistemas, y a la merma de recursos genéticos valiosos. En los sistemas simplificados, de baja biodiversidad, las funciones que llevan a cabo las especies silvestres, tienen que ser suplidas mediante el empleo de insumos externos (Altieri & Nicholls, 1994, Swif *et al.*, 2004). En contraposición, el aprovechamiento de los servicios que provee la BD en los agroecosistemas, permite reducir el uso de insumos externos y el impacto ambiental sobre otros sistemas (Sarandón y Flores, 2014; Landis *et al.* 2000).

Por otra parte, Sarandón y Flores (2014) mencionan un concepto más dentro del universo de la biodiversidad, la diversidad asociada, que comprende a todos los organismos cuya presencia en el agroecosistema está determinada por la estructura y manejo del mismo, sin la mediación directa de la intervención humana. Se refiere por una parte a los insectos y aves que se alimentan del cultivo y por otra a la vegetación que crece espontáneamente dentro y en el borde de las parcelas. La vegetación espontánea puede ser muy importante en los sistemas que mantienen una alta diversidad cultivada y donde el control por el agricultor es menos intensivo (Stupino *et al.*, 2008; 2011). Los márgenes de los cultivos, límites de las parcelas, cercos y los acotamientos de las carreteras son elementos del paisaje agrícola importantes para la conservación de la BD (Altieri, 1999; Marshall & Moonen, 2002.

Sin embargo, en la agricultura moderna, normalmente se eliminan (con glifosato) o modifican los bordes de vegetación natural con fines, casi siempre, productivos.

Limitar o prescindir del uso de insecticidas en la agricultura, requiere un cambio filosófico para abordar la problemática de las plagas, la idea de eliminar a los fitófagos de los sistemas agrícolas sólo puede conducir al fracaso. Esto implica avanzar hacia un Manejo Ecológico de Plagas (MEP) que logre compatibilizar la regulación de insectos perjudiciales con la conservación de los recursos naturales y la salud de los consumidores y de los trabajadores rurales.

Con la finalidad de entender por qué aparecen las plagas en los agroecosistemas, se han desarrollado varias hipótesis, dentro de las que destacan “Hipótesis de la concentración del recurso” y la “Hipótesis del enemigo natural” (Root, 1973).

### 2.3. Hipótesis que explican la aparición de las plagas en los agroecosistemas

Bernal y Medina (2018) argumentan que la intensificación de la agricultura es la causante del incremento de las plagas aseguran que es la propia agricultura la que ha sido responsable de crearlas. Si existe un insecto cuyo hospedero es una planta silvestre, y el hombre en su afán de tener más tierra de cultivo invade esos microambientes, afecta ese hábitat que estaba auto controlado. Por lo tanto, ese insecto tiene que buscar un nuevo hospedero y es posible que sea el cultivo que se acaba de introducir. Sin embargo, debido al desequilibrio que se provocó en ese ecosistema, los enemigos naturales ya no efectuarán su función.

Estas afirmaciones complementan además las hipótesis que explican la aparición de plagas en los agroecosistemas.

#### 2.3.1. *Hipótesis de la concentración del recurso*

“En los sistemas agrícolas altamente simplificados, como los monocultivos, existe una reducción extrema de la diversidad, tanto específica, como estructural,

funcional y fenológica. Esto lleva a que la vegetación cultivada, recurso alimenticio de las plagas, se encuentre disponible combinando una alta calidad alimenticia, alta disponibilidad y fácil localización. Por el contrario, en un sistema diverso (por ejemplo, un policultivo), la gran gama de colores y olores liberados por la vegetación dificulta la ubicación del alimento por parte de los insectos”. Actualmente, la ausencia de diversidad en los agroecosistemas favorece la localización del alimento por parte de los individuos fitófagos, dando como consecuencia la explosión de la población. Es decir, la gran disponibilidad de alimento en un monocultivo llevará a que la densidad de la plaga crezca para poder hacer uso de todo ese alimento disponible (Sarandón y Flores, 2014).

### *2.3.2. Hipótesis del enemigo natural*

“La reducción de la diversidad en los sistemas agrícolas actuales lleva a una simplificación de la calidad y cantidad de microhábitats presentes. Estos microhábitats ofrecen las condiciones necesarias para el desarrollo y supervivencia (sitios de refugio, ovoposición, fuentes de alimentos alternativas) de muchos grupos de organismos con funciones importantes, como los enemigos naturales. Es así que en agroecosistemas con baja diversidad, los organismos controladores de plagas no encuentran las condiciones óptimas para su presencia, afectando drásticamente su abundancia en el sistema”.

### *2.3.3. Mecanismos “Bottom- up” y “Top- down”*

La dinámica poblacional de la plaga está establecida por las características de su ciclo de vida, así como también por la intensidad y la forma de acción de los agentes de mortalidad bióticos y abióticos

En los agroecosistemas, aquellas estrategias de manejo que buscan alterar esta relación de “comer” y “ser comidos” y favorecer así la regulación de insectos plagas son denominadas “Bottom- up” y “Top- down”. Las estrategias “Bottom- up” son aquellas que tienden a modificar la calidad del recurso alimenticio (cultivo) para que no sea apetecible o fácilmente localizable por la plaga. Estas estrategias, en general, tratan de contrarrestar las causas del origen de las plagas asociadas a la

hipótesis de la “concentración del recurso”. Ejemplos de estrategias de control “Bottom-up” son la utilización de asociaciones de cultivos y/o de variedades resistentes. Las estrategias “Top- down” son aquellas estrategias que tienden a contrarrestar las otras causas del origen de las plagas asociada a la hipótesis del “enemigo natural”. Un ejemplo de estrategias de este tipo es el control biológico por enemigos naturales.

#### *2.3.4. La Teoría de la Trofobiosis*

La teoría de la Trofobiosis desarrollada por Francis Chaboussou, sostiene que una planta “sana” es menos atacada por insectos, nematodos, virus y bacterias que una planta “enferma”. Es decir, una planta cuyas funciones metabólicas se cumplen de manera óptima y eficiente presenta una mayor resistencia y se torna menos deseable para los organismos plaga y enfermedades (Chaboussou, 1967).

Sin embargo, de manera natural las poblaciones no se disparan de manera infinita. La mayoría de especies permanecen muy por debajo del tamaño poblacional que sus capacidades reproductivas les permitirían alcanzar. Esto se debe a que dentro del propio ecosistema existen interacciones entre el herbívoro, la defensa inherente de la planta, los enemigos naturales y otros componentes de los sistemas agrícolas. Se requiere entender estas interacciones para plantear un manejo de plagas sostenible (Braman, 2004), por ejemplo, las plantas responden al ataque de herbívoros con la emisión de volátiles que funcionan como defensa indirecta de la planta a través de la atracción de enemigos naturales, quienes utilizan estas emisiones para localizar a su presa, mejorando así su efectividad (Carrol, 2006, Hoballah *et al.*, 2004).

Como éstas existen múltiples interrelaciones dentro del ecosistema que han llevado a generar las siguientes hipótesis:

## 2.4. Hipótesis que explican los mecanismos de regulación natural de poblaciones

Vera *et al.* (2002) hacen una recopilación de las teorías o corrientes de pensamiento de regulación natural de poblaciones de animales y plantas que han ido surgiendo a través del tiempo. Esto con la finalidad de explicar el por qué las poblaciones no crecen de manera ilimitada o no decrecen hasta cero.

### 2.4.1 Teoría biótica

“Los seguidores de esta teoría coinciden en cuatro conceptos sobre la fluctuación de poblaciones naturales: Primero, si bien reconocían que cualquier población fluctúa a través del tiempo, esta tiende a conservar por sí misma una densidad promedio (balance poblacional). Segundo, se afirma que los factores de control actúan más intensamente cuando el número de individuos fuese alto, siendo estos factores de naturaleza biótica. Tercero, se decía que estos factores de control dependían de la densidad de la población controlada, es decir eran denso-dependientes. Cuarto, aceptaban que los factores abióticos (climáticos) pueden afectar a cualquier población, pero que no la controlaban ya que su acción es denso-dependiente”. (Vera *et al.*, 2002)

### 2.4.2. Teoría climática

“Los iniciadores de esta teoría fueron Bodenheimer (1928) y Uvarov (1931). Estos autores cuestionaron, en primer término, que las poblaciones estén en estado de equilibrio e hicieron énfasis en la inestabilidad de la densidad en condiciones naturales. Ellos fueron los primeros en sostener que la densidad de la población está regulada principalmente por efectos de la temperie (medidas hora a hora de la temperatura, viento, lluvia, etc) basados en el hecho de que la tasa de ovoposición y desarrollo de los insectos, así como su mortalidad está correlacionada con cambios en la temperie, principalmente la temperatura”. (Vera *et al.*, 2002)

#### 2.4.3. Teoría sintética

“Thomson (1929) fue un entomólogo que expuso por primera vez la teoría sintética, en donde incluían factores climáticos como bióticos. Por su parte Schwerdtfeger (1941), otro entomólogo alemán, decía que las erupciones poblacionales son el resultado de la acción conjunta de varios factores, haciendo énfasis en los efectos indirectos del clima sobre los cambios poblacionales de insectos. Cambios que no solo afectaban a los insectos, sino también a su alimento, sus parásitos y depredadores, sus enfermedades. Afectaban también a otras especies y las interacciones entre ellas. Ambos decían que esta red de factores varía de lugar a lugar y de tiempo en tiempo”. (Vera *et al.*, 2002)

#### 2.4.4 Teoría de la autorregulación

“Esta teoría sostiene que las poblaciones naturales son homeostáticas, es decir, tienen sus propios mecanismos de regulación. Cabe aclarar que no rechazaban que factores extrínsecos (bióticos o climáticos) pueden ejercer control sobre las poblaciones, pero si estos factores “fallan” entonces el mecanismo homeostático entrará en acción. Chitty (1960) dijo que no necesariamente todas las poblaciones de una especie dada se autorregularán, ya que las especies bien pueden vivir en hábitats pobres en donde dicho mecanismo rara vez, o nunca, viene a efecto”. (Vera *et al.*, 2002)

#### 2.4.5. Teoría sintética moderna

“Respecto al control natural de poblaciones, se han encontrado tres aspectos fundamentales: Primero, que los procesos denso-dependientes juegan frecuentemente un importante papel en la reducción de las fluctuaciones bajo condiciones naturales (teoría biótica). Segundo, a pesar de estos procesos, no hay población que haya mostrado estar en estado de equilibrio, en el sentido estricto de la palabra (teoría climática). Tercero, hay muchas especies en donde la interferencia intraespecífica es más importante como proceso denso-dependiente que la interacción presa-depredador (teoría de la autorregulación)”. (Vera *et al.*, 2002)

## 2.5. Hipótesis que explican los mecanismos de regulación natural de poblaciones basadas en la biodiversidad

Por su parte, (Altieri y Letourneau, 1982) mencionan que existen hipótesis que apoyan la idea de que los sistemas diversificados estimulan una mayor diversidad de artrópodos

### *2.5.1 Hipótesis de la heterogeneidad de hábitat.*

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

### *2.5.2. Hipótesis de la depredación.*

La abundancia incrementada de depredadores y parasitoides en asociaciones diversas de plantas reduce la densidad de presas/hospederos (Nicholls, 2008), por eso, la competencia entre herbívoros se reduce, lo que a su vez permite la adición de nuevas especies de herbívoros que soportan a más especies de enemigos naturales.

### *2.5.3. Hipótesis de la productividad.*

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

### *2.5.4. Hipótesis de la estabilidad.*

Según esta hipótesis, la productividad en policultivos es más estable y predecible que en monocultivos. Esta mayor productividad, aunada a la heterogeneidad de agroecosistemas complejos, permite a los insectos dividir el ambiente temporal y

especialmente, de modo que coexistan más especies de insectos benéficos como parasitoides y depredadores.

Tomando como base estas hipótesis, se pueden mencionar algunos estudios de caso en los que se observa claramente que el manejo del ambiente ya sea dentro o fuera del cultivo ha repercutido en un manejo exitoso de plagas. Se han logrado mantener las poblaciones de herbívoros a niveles aceptables.

Existen varios factores que permiten a los policultivos limitar el ataque de plagas. El cultivo puede estar protegido de los herbívoros por la presencia física de otro cultivo más alto que estaría actuando como barrera o camuflaje. La asociación de repollo con tomate reduce las poblaciones de polilla del repollo, mientras que las mezclas de maíz, frijol y calabaza tienen el mismo efecto sobre crisomélidos. El olor de algunas plantas también puede afectar la capacidad de búsqueda de ciertas plagas. Los bordes de pasto repelen a cicadélidos del frijol y los estímulos químicos de la cebolla no permiten a ciertas especies de moscas encontrar las zanahorias (Altieri, 1994).

También hay cultivos que dentro de una combinación pueden actuar como cultivo trampa. Franjas de alfalfa en algodón atraen a la chinche *Lygus* sp.; aunque hay una pérdida de alfalfa, esto representa menor costo que lo que costaría el control de *Lygus* sp. en algodón si no hubiera alfalfa. Igualmente, cultivos de repollo y brócoli sufren menos daño por áfidos y crisomélidos cuando se intercalan con crucíferas silvestres que actúan como atrayentes de estas plagas (Altieri, 1994).

Se realizó un experimento en donde se controló la diversidad vegetal en sistemas de praderas, se encontró que la productividad del ecosistema aumentó y que los nutrientes se utilizaron eficientemente, en la medida en que se incrementaba el número de especies de plantas en la pradera (Tilman *et al.*, 1996). Este mismo patrón se presenta en agroecosistemas donde la regulación de insectos plaga se acrecienta con el aumento de especies de plantas. La evidencia demuestra que en la medida que se incrementa la diversidad vegetal, la reducción de plagas alcanza un nivel óptimo resultando en rendimientos más estables (Altieri, 1994).

Por otro lado, Letourneau *et al.* (2011) llevaron a cabo un meta-análisis muy completo, basado en 552 experimentos, con la finalidad de evaluar si los esquemas de diversificación de plantas reducen las poblaciones de herbívoros y/o incrementa las poblaciones de enemigos naturales de herbívoros como lo predicen las hipótesis de: resistencia, enemigos naturales y modelos de atracción y repelencia.

Encontraron un fuerte soporte de esos modelos con esquemas de intercalado, inclusión de plantas con flores y uso de plantas que repelen herbívoros o los alejan del cultivo. En general la supresión de herbívoros, la mejora de enemigos naturales y la supresión de daños a los cultivos fueron significativamente más fuertes en los cultivos diversificados que en los cultivos con menos cantidad de especies (Letourneau, 2011).

De manera especial en este estudio de meta-análisis, Letourneau *et al.* (2011) encontraron que los cultivos diseñados para reducir herbívoros, mejoraron significativamente con la adición de plantas con flores alrededor del campo de cultivo.

Así mismo, en las costas de California, U.S.A. Letourneau *et al.* (2012) muestrearon taquínidos parasitoides, que es un importante supresor de plagas, y encontraron una mayor riqueza de especies pertenecientes a este taxón, en la vegetación perenne semi-salvaje. Vegetación que puede proporcionar un hábitat crítico para los artrópodos móviles, apoyando así a los servicios ecosistémicos y a la agricultura sostenible (Leouternau *et al.* 2012; Gliessman *et al.* 2007; Frannin *et al.* 2016). Sin embargo, la intensificación de la agricultura ha conducido a la remoción de la vegetación silvestre y perenne en los paisajes agrícolas, lo que aunado a las frecuentes perturbaciones de insecticidas, recolección y labranza de los cultivos de ciclo corto interrumpen el establecimiento de comunidades residentes de enemigos naturales (Letourneau, *et al.*; Gliessman *et al.* 2007; Frannin, 2016).

Por su parte, Chaplin-Kramer *et al.* (2011) también condujeron un estudio de meta-análisis de 46 estudios de nivel de paisaje y encontraron que los enemigos naturales tienen una respuesta positiva fuerte a la complejidad del paisaje. Los enemigos

generalistas (depredadores) responden positivamente a la complejidad del paisaje en todas las escalas medidas, los enemigos especialistas (parasitoides) responden mejor a la complejidad del paisaje a pequeñas escalas.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 General

Conocer los factores que afectan la dinámica poblacional del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) en monocultivo y policultivo de maíz en la región de Valles Centrales en el estado de Oaxaca

#### 3.2 Específicos

3.2.1.- Calcular los índices de diversidad, basados en la vegetación circundante e identificar su efecto en el control del gusano cogollero.

3.2.2. Medir la precipitación durante el ciclo de cultivo e identificar su efecto en el control del gusano cogollero.

3.2.3. Conocer y comparar los enemigos naturales de huevo de gusano cogollero, *S. frugiperda* en monocultivo y policultivo de maíz.

3.2.4. Conocer y comparar los enemigos naturales de larvas de gusano cogollero en monocultivo y policultivo de maíz.

3.2.5. Conocer y comparar los enemigos naturales de pupas de gusano cogollero en monocultivo y policultivo de maíz.

### 4. HIPÓTESIS

**H<sub>1</sub>**. Altos índices de diversidad de plantas perennes y anuales circundantes resultarán en una mayor cantidad de enemigos naturales asociados al gusano cogollero, ya que esta diversidad enriquece el ecosistema cumpliendo la función de refugios para los parasitoides y depredadores

**H2.** Se encontrará mayor infestación y menor parasitismo de gusano cogollero en onocultivo que en policultivo de maíz, debido a que el monocultivo ofrece una menor variedad de plantas y por tanto una menor fuente de refugio y alimento para los enemigos naturales

## 5. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se llevó a cabo en tres comunidades de la región de Valles Centrales de Oaxaca (Fig. 1). Reyes Mantecón, municipio de San Bartolo Coyotepec, distrito del Centro; Cuilápam de Guerrero, municipio del mismo nombre, distrito de Zaachila y Rancho el Rosario del municipio de Zimatlán de Álvarez, distrito del mismo nombre (Fig. 2).

En general, la región de Valles Centrales registra una altitud entre 1550 y 1600 msnm, una temperatura promedio de 22°C y una precipitación de 550 ml/cm<sup>2</sup>.



Figura 1. Ubicación de la región de Valles Centrales de Oaxaca.

Fuente: Sandoval, 2017

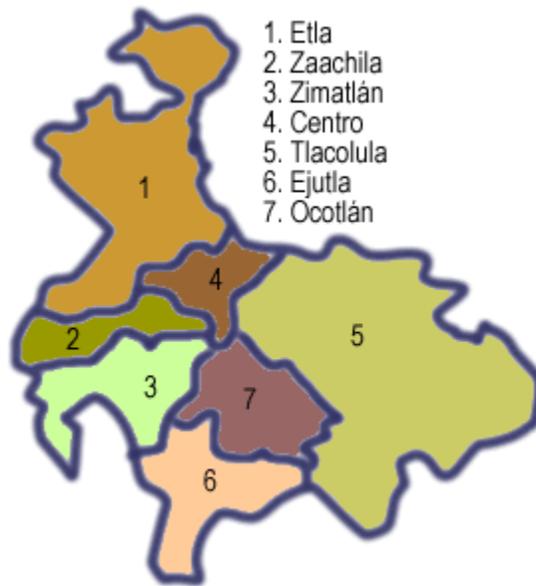


Figura 2. División política a nivel distrital de la región de Valles Centrales, Oaxaca

### 5.1. Establecimiento de las parcelas

En cada una de las tres comunidades estudiadas se establecieron dos parcelas, una con monocultivo y otra con policultivo de maíz (MFC) (Fig. 3). Se establecieron en condiciones de temporal. El experimento se llevó a cabo durante los ciclos de producción 2016 y 2017.



Figura 3. Parcelas de Maíz y MFC

La preparación del terreno se hizo mediante el método tradicional de barbecho, rastreo, surcado y siembra. No se utilizaron insumos agrícolas sintéticos, es decir no se hicieron aplicaciones de fertilizantes, herbicidas ni insecticidas. Para la siembra (Fig. 4), se utilizaron semillas criollas de la raza bolita obtenidas del ciclo anterior.



Figura 4. Siembra de la parcela de MFC en la comunidad de Cuilápam.

## 5.2. Registro de la precipitación en los ciclos del cultivo 2016 y 2017

El registro de la precipitación se llevó a cabo con la ayuda de un pluviómetro que se colocó en un lugar estratégico de manera que se pudiera captar la lluvia de una manera confiable. Después de cada lluvia se registró la cantidad de agua captada, se vació el pluviómetro y se volvió a colocar.

La Figura 5 nos muestra el comportamiento de las lluvias durante el ciclo de producción 2016. El registro se tomó del mes de mayo al mes de agosto, que fue el período en el que se realizaron los muestreos. En esos meses el total de la precipitación fue de 185 cm<sup>3</sup>.

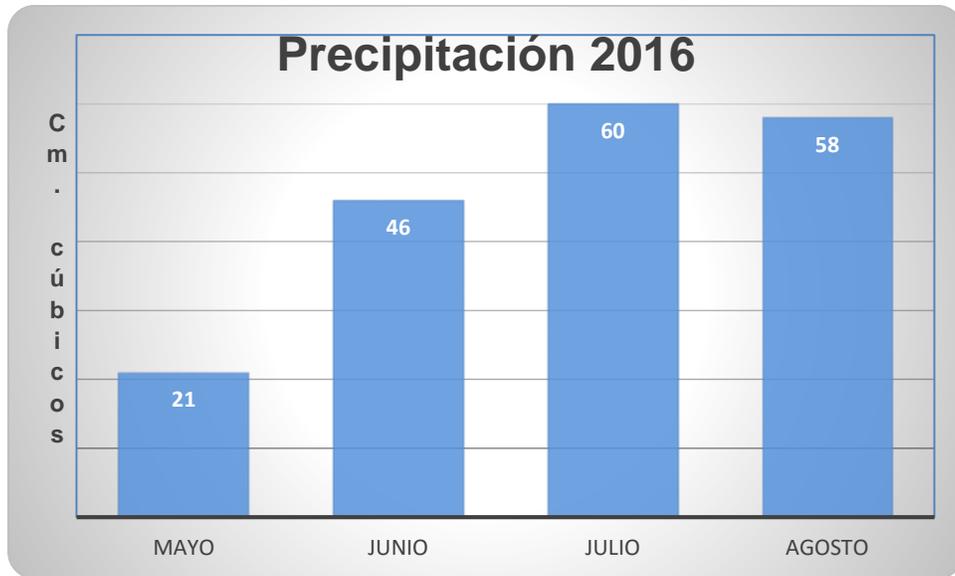


Figura 5. Registro de la precipitación en el ciclo 2016.

La Figura 6 corresponde al registro de la precipitación en el ciclo 2017, de la misma manera las medidas se tomaron del mes de mayo al mes de agosto. El total de la precipitación en este período fue de 428 ml.

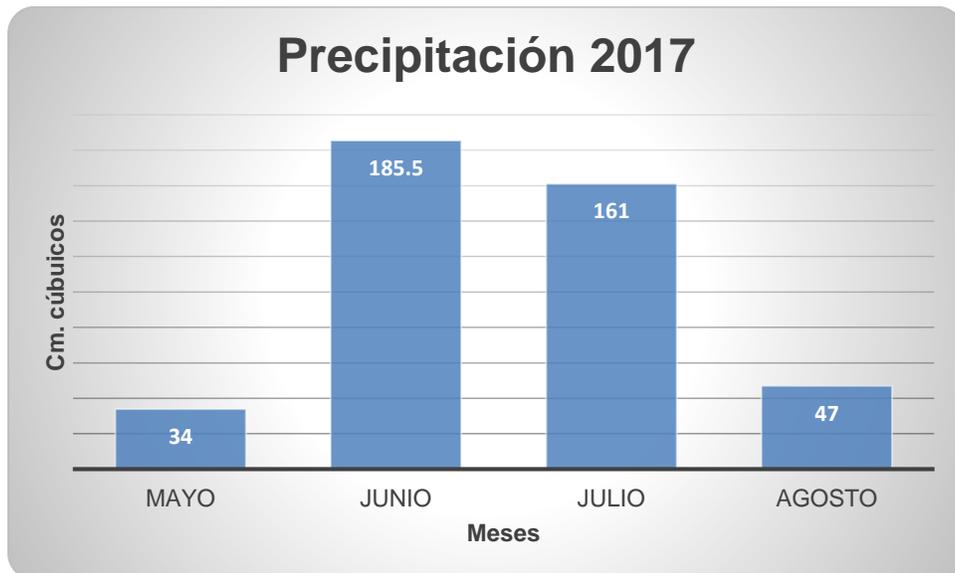


Figura 6. Registro de la precipitación en el ciclo 2017

## 6. RESULTADOS

### CAPÍTULO 1. ÍNDICES DE DIVERSIDAD PARA LA VEGETACIÓN PERENNE Y ANUAL

#### *Materiales y métodos*

Con la finalidad de obtener los índices de la vegetación que circunda a las parcelas, se hicieron mediciones en dos tiempos: el primero, en temporada de secas y el segundo, cuando las lluvias ya estaban establecidas. En el mes de marzo, que aún no empiezan las lluvias, se acudió a las parcelas a hacer las mediciones y conteos de plantas perennes, que son las logran que sobrevivan a las condiciones de sequía. Se siguió el método propuesto por Clough *et al.*, 2007 y Franin 2016; que consiste en muestrear el largo de la parcela. Los muestreos se realizaron a tres metros de distancia del borde de la superficie cultivable, cada cinco metros se muestreó 1m<sup>2</sup>. Se registró cuantas especies de plantas y cuantas plantas por especie había en ese metro cuadrado. Con la información obtenida se generó la base de datos que sirvió para calcular los principales índices de diversidad, utilizando el programa past3.

Para obtener los índices de vegetación circundante en temporada de lluvias, se acudió a las parcelas en el mes de julio, cuando el período de lluvias ya estaba establecido y la vegetación silvestre anual ya era abundante. Se siguió el mismo procedimiento.

Para las mediciones se utilizaron tiras de madera de un metro de largo, de las que se conocen comúnmente como chaflanes (Fig. 7).



Figura 7. Colocación de las tiras de madera, de 1 m de largo, para el conteo de plantas.

## Resultados y discusión

En los cuadros 1, 2, 3 y 4 se presentan los principales índices indicadores de diversidad, de manera general, entre mayor es la diversidad de plantas, mayor es el valor del índice. Los cuadros también nos proporcionan el índice de dominancia, esto es, cuando en la parcela existen muchos ejemplares de una misma especie el índice de dominancia será alto, un índice mayor 0.5 es indicativo de que hay pocas especies de plantas en el lugar.

El programa Past 3 también nos permite hacer análisis multivariados para conocer la similitud que existe entre sitios; en este caso, la información se analizó a través del índice de similaridad Morisita que compara presencia, ausencia y abundancia de especies entre sitios.

La numeración que aparece en los esquemas que arroja el análisis corresponde a las siguientes parcelas:

- 1-MFC Cuilápam
- 2-Maíz Cuilápam
- 3-MFC Reyes
- 4-Maíz Reyes
- 5-Maíz Rosario
- 6-FC Rosario

La Figura 8 nos indica que los sitios Maíz Reyes y FC Rosario son estadísticamente similares en aproximadamente un 62% y comparten una ligera similitud con Maíz Cuilápam. La marcada similitud entre los dos primeros sitios está dada por la existencia de arbustos perenes circundando las parcelas. Por otro lado, MFC Reyes es estadísticamente similar en aproximadamente 40% a MFC Cuilápam y comparten ligera similitud con Maíz Rosario. Cuando la similitud entre sitios es muy ligera, normalmente está dada por una sola especie y casi en todos estuvo presente el pasto ilusión (*Rhynchelytrum repens*). De hecho, en la parcela Maíz Rosario, solo se encontraron algunos ejemplares de esta especie en la temporada de secas.

Es importante señalar que en los sitios Maíz Reyes y FC Rosario, las especies perennes que predominan son arbustos, mientras que en el resto de los sitios la diversidad la conforman hierbas no cultivadas de porte bajo, principalmente pastos.

Cuadro1. Índices de diversidad de vegetación circundante perenne, en las parcelas de maíz y maíz-frijol-calabaza en temporada de secas en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario. Ciclo 2016

	Cuilápam		Reyes Mantecón		El Rosario	
	MFC	Maíz	MFC	Maíz	Maíz	FC
Taxa_S	14	3	2	5	1	6
Individuals	520	22	113	48	15	14
Dominance_D	0.1547	0.4421	0.9483	0.3533	1	0.2449
Simpson_1-D	0.8453	0.5579	0.05169	0.6467	0	0.7551
Shannon_H	2.093	0.9369	0.1225	1.296	0	1.569

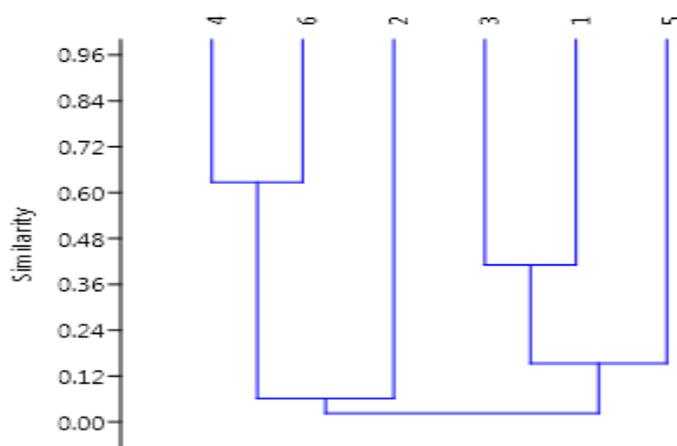


Figura 8. 9Similitud de abundancia de vegetación circundante entre los sitios que ocupan las parcelas de Maíz y MFC en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario en temporada de sequía 2016.

En temporada de lluvias existe una mayor cantidad de plantas anuales no cultivadas, las cuales están presentes en casi todos los sitios. Por esta razón, entre sitios, se observan en general índices de similitud más altos. Como es el caso de las parcelas Maíz Cuilápam y FC Rosario que son estadísticamente similares en aproximadamente 80% y gradualmente va disminuyendo la similitud con Maíz Reyes, MFC Reyes, Maíz Rosario y MFC Cuilápam (Fig. 9)

Cuadro2. Índices de diversidad de vegetación perenne y anual circundante, en las parcelas de maíz y maíz-frijol-calabaza en temporada de lluvias en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario. Ciclo 2016

	Cuilápam		Reyes Mantecón		El Rosario	
	MFC	Maíz	MFC	Maíz	Maíz	FC
Taxa_S	16	10	11	18	4	18
Individuals	583	163	145	152	49	133
Dominance_D	0.1267	0.1835	0.2255	0.08492	0.636	0.1145
Simpson_1-D	0.8733	0.8165	0.7745	0.9151	0.364	0.8855
Shannon_H	2.329	1.865	1.767	2.629	0.6673	2.416

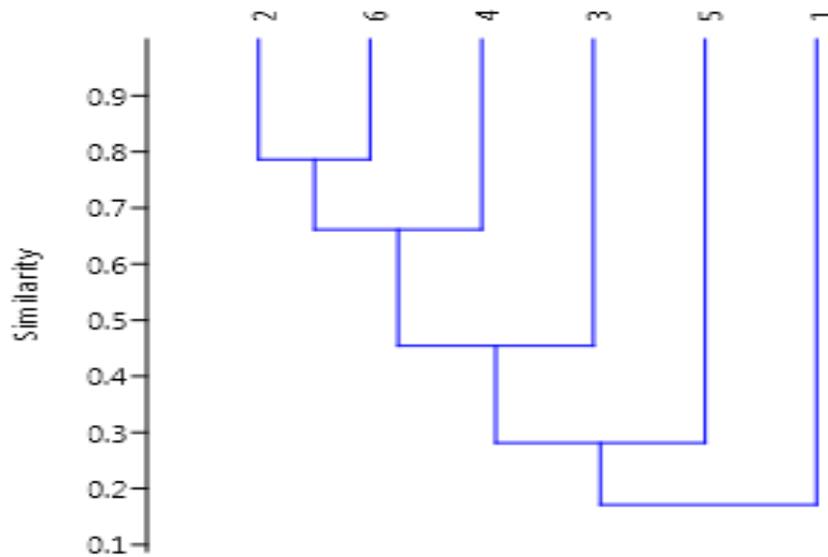


Figura 9. 10 Similitud de abundancia de vegetación circundante entre los sitios que ocupan las parcelas de Maíz y MFC en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario en temporada de lluvias 2016.

En el ciclo 2017 temporada de secas, se observa una similitud estadística de aproximadamente 70% entre los sitios Maíz Cuilápam y Maíz Rosario y una ligera similitud con FC Rosario. Por otro lado, vemos agrupados a los sitios MFC Reyes, MFC Cuilápam y Maíz Reyes con una similitud más estrecha (aprox. 30%) entre los dos primeros (Fig.10)

Cuadro3. Índices de diversidad de vegetación circundante perenne, en las parcelas de maíz y maíz-frijol-calabaza en temporada de secas en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario. Ciclo 2017

	Cuilápam		Reyes Mantecón		El Rosario	
	MFC	Maíz	MFC	Maíz	Maíz	FC
Taxa_S	8	3	2	7	2	5
Individuals	92	23	108	17	3	12
Dominance_D	0.2134	0.4102	0.946	0.1903	0.5556	0.4722
Simpson_1-D	0.7866	0.5898	0.05401	0.8097	0.4444	0.5278
Shannon_H	1.693	0.9724	0.1269	1.789	0.6365	1.099

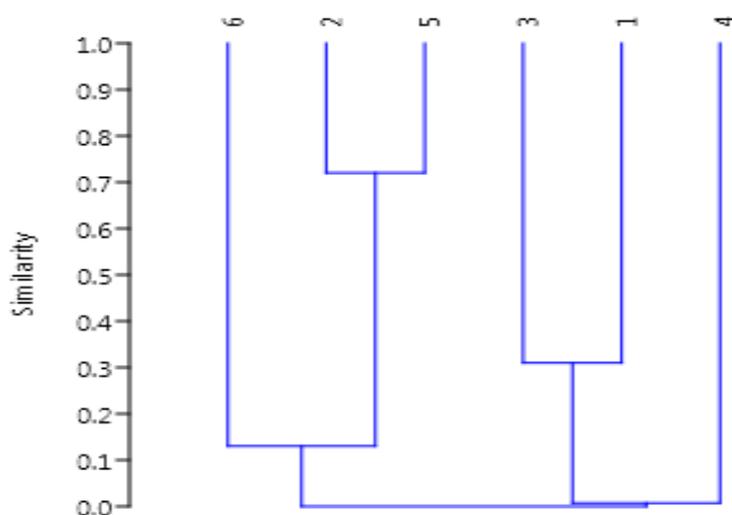


Figura 10. Similitud de abundancia de vegetación circundante entre los sitios que ocupan las parcelas de Maíz y MFC en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario en temporada de secas 2017.

Cuadro4. Índices de diversidad de vegetación circundante perenne y anual en las parcelas de maíz y maíz-frijol-calabaza en temporada de lluvias en las comunidades de Cuilápam, Reyes Mantecón y El Rosario. Ciclo 2017

	Cuilápam		Reyes Mantecón		El Rosario	
	MFC	Maíz	MFC	Maíz	Maíz	MFC
Taxa_S	16	14	13	21	12	30
Individuals	593	162	191	189	100	171
Dominance_D	0.1276	0.2157	0.2	0.0923	0.149	0.1073
Simpson_1-D	0.8724	0.7843	0.8	0.9077	0.851	0.8927
Shannon_H	2.322	1.847	1.89	2.644	2.122	2.704

Los cuadros 5 y 6 concentran la información de los índices de diversidad de plantas no cultivadas obtenidos en los dos ciclos trabajados y en las dos temporadas (secas y lluvias). La literatura frecuentemente basa sus discusiones en los índices Simpson y Shannon, por esta razón en este trabajo de investigación se tomarán solo éstos como referencias.

Cuadro5. Índices de vegetación circundante obtenidos en las seis parcelas, en el ciclo 2016

		INDICES 2016			
Comunidad	Cultivo	I. Simpson (Secas)	I. Simpson (Lluvias)	I. Shannon (Secas)	I. Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	0.8453	0.8733	2.093	2.329
Cuilápam	M	0.5574	0.8165	0.9669	1.865
Reyes	MFC	0.0517	0.7745	0.1225	1.767
Reyes	M	0.6467	0.9151	1.296	2.629
Rosario	FC	0.7551	0.8855	1.569	2.416
Rosario	M	0	0.364	0	0.6673

Cuadro6. Índices de vegetación circundante obtenidos en las seis parcelas, en el ciclo 2017.

		INDICES 2017			
Comunidad	Cultivo	I. Simpson (Secas)	I. Simpson (Lluvias)	I. Shannon (Secas)	I. Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	0.7866	0.8724	1.693	2.322
Cuilápam	M	0.5898	0.7843	0.97	1.847
Reyes	MFC	0.054	0.8	0.13	1.89
Reyes	M	0.8097	0.9077	1.78	2.644
Rosario	MFC	0.5278	0.8927	1.10	2.704
Rosario	M	0.444	0.851	0.64	2.122

*Comparación de la vegetación circundante en las parcelas en las temporadas de sequía y lluvias*



Figura 11. Comunidad de Reyes Mantecón, parcela MFC (Maíz-Frijol-Calabaza)



Figura 12. Comunidad Reyes Mantecón, parcela Maíz



Figura 13. Comunidad Cuilápam, parcela Maíz



Figura 14. Comunidad Cuilápam, parcela MFC

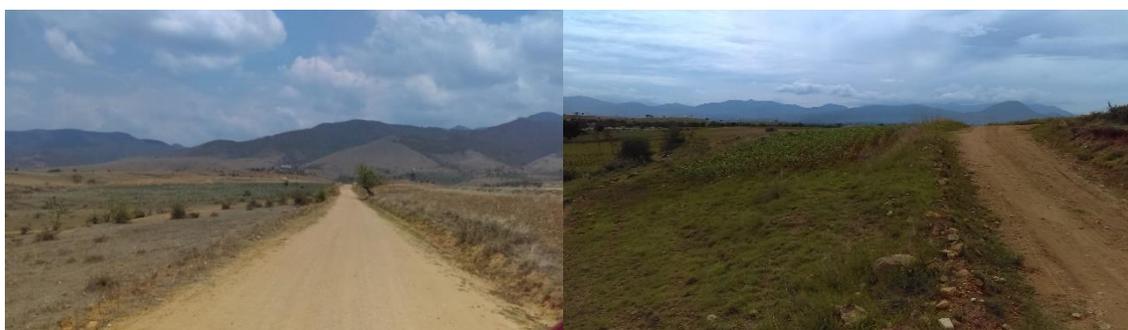


Figura 15. Comunidad, El Rosario, parcela Maíz



Figura 16. Comunidad El Rosario, parcela MFC

### *Conclusiones*

En la temporada de sequía los índices de vegetación circundante están dados por los arbustos perennes.

En la temporada de lluvias los índices de vegetación circundante están dados por los arbustos perennes y las malezas de ciclo anual que crecen en los bordes de las parcelas.

Las relaciones de similitud entre sitios están dadas por la presencia de malezas de distribución cosmopolita, principalmente pastos.

La parcela de El Rosario maíz presenta los más bajos índices de vegetación circundante en secas y en lluvias. Así mismo, el arranque de malezas en el interior de la parcela es excesivo.

## CAPÍTULO 2. INFESTACIÓN

### *Materiales y métodos*

Para la estimación de la infestación, en cada una de las parcelas se realizaron cuatro muestreos semanales a partir de la etapa fenológica V3.

Se siguió el método de muestreo cinco de oros (SAGARPA, s.f.), que consiste en establecer cinco puntos representativos dentro de la parcela, en cada uno de estos

estos puntos se revisan 20 plantas al azar, haciendo un total de 100 plantas por muestreo. Se registran las plantas con presencia de larvas, de esta manera, el porcentaje de infestación por muestreo se obtiene de manera directa. Para calcular el porcentaje de infestación promedio durante el ciclo de producción, se sumaron las infestaciones obtenidas por cada muestreo y se dividieron entre el número de muestreos. Mediante observación se determinó la edad de las larvas, se registraron y se colectaron.

Para el análisis estadístico se utilizó el programa SAS, por tratarse de datos porcentuales se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

### *Resultados y discusión*

Los cuadros 7 al 12, concentran la información de las colectas realizadas en cada uno de los sitios durante los dos ciclos de cultivo. De manera general, se observa que, en ambos ciclos de cultivo, los policultivos de MFC presentaron menores porcentajes de infestación en relación a los monocultivos de maíz. Estos resultados ilustran la hipótesis de la concentración del recurso, esto es, al ser el monocultivo un agroecosistema simplificado es de muy fácil localización por parte del herbívoro ya que no existe confusión de colores ni de olores (kairomonas).

De la misma manera se pudo registrar que en las primeras colectas, al inicio del ciclo de cultivo, la presencia de larvas de instares pequeños es abundante. Conforme pasa el tiempo se van registrando larvas de mayor tamaño, pero en menor cantidad. La información generada en las últimas colectas, las realizadas al final del ciclo de cultivo, nos indica que, a lo largo del desarrollo de las larvas, los enemigos naturales, ya sea parasitoides y/o depredadores, las van controlando.

Cuadro7. Infestación y edad de las larvas obtenidas en Cuilápam, en las parcelas MFC y Maíz, ciclo 2016.

Año	Cultivo	Total de larvas	Instar	cantidad /Instar
2016	MFC	22	Segundo	3
			Tercero	7
			Cuarto	9
			Quinto	3
			% de infestación	
2016	Maíz	92	Primero	28
			Segundo	28
			Tercero	25
			Cuarto	3
			Quinto	4
			Sexto	4
% infestación			<b>23</b>	

Cuadro8. Infestación y edad de las larvas obtenidas en Cuilápam, en las parcelas MFC y Maíz, ciclo 2017.

Año	Cultivo	Total de larvas	Instar	cantidad /Instar
2017	MFC	57	Primero	9
			Segundo	14
			Tercero	21
			Cuarto	10
			Quinto	3
% de infestación			<b>14.25</b>	
2017	Maíz	137	Primero	46
			Segundo	28
			Tercero	37
			Cuarto	18
			Quinto	7
			Sexto	1
% infestación			<b>34.25</b>	

Cuadro9. Infestación y edad de las larvas obtenidas en El Rosario, en la parcela Maíz, ciclo 2016.

Año	Cultivo	Total de larvas	Instar	cantidad /Instar
2016	Maíz	111	Primero	16
			Segundo	27
			Tercero	38
			Cuarto	20
			Quinto	9
			Sexto	1
			% Infestación	27.75

Cuadro10. Infestación y edad de las larvas obtenidas en El Rosario, en las parcelas Maíz y MFC, ciclo 2017.

Año	Cultivo	Total de larvas	Instar	cantidad /Instar
2017	MFC	26	Primero	3
			Segundo	3
			Tercero	7
			Cuarto	8
			Quinto	5
2017	Maíz	193	Primero	103
			Segundo	40
			Tercero	35
			Cuarto	10
			Quinto	4
			Sexto	1
			% Infestación	48.25

Cuadro11. Infestación y edad de las larvas obtenidas en Reyes, en las parcelas Maíz y MFC en el ciclo 2016.

Año	Cultivo	Total de larvas	Instar	cantidad /Instar
2016	MFC	29	Primero	2
			Segundo	12
			Tercero	6
			Cuarto	5
			Quinto	2
			Sexto	2
			% Infestación	7.25
2016	Maíz	73	Primero	18
			Segundo	30
			Tercero	17
			Cuarto	8
			% Infestación	18.25

Cuadro12. Infestación y edad de las larvas obtenidas en Reyes M., en las parcelas Maíz y MFC, ciclo 2017.

Año	Cultivo	Total de larvas	Instar	cantidad /Instar
2017	MFC	102	Primero	28
			Segundo	24
			Tercero	34
			Cuarto	7
			Quinto	9
% Infestación				25.5
2017	Maíz	87	Primero	36
			Segundo	18
			Tercero	16
			Cuarto	10
			Quinto	6
			Sexto	1
% Infestación				21.75

El cuadro 13 concentra la información obtenida de las colectas de larvas y su relación con los índices de vegetación circundante. La parcela de maíz en Reyes Mantecón presentó el segundo más alto porcentaje de infestación, sin embargo, como ya veremos más adelante el porcentaje de control ejercido por los enemigos naturales fue visiblemente mayor que en el resto de las parcelas. Este sitio presentó el segundo mayor índice de vegetación circundante en temporada de sequía, dado básicamente por la presencia de arbustos perennes y tiene también el índice más alto en temporada de lluvias (Fig. 17). En Cuilápam MFC y en Reyes MFC, aunque el número de individuos es alto, la mayoría son pastos.

Cuadro13. Concentrado del % de infestación y los índices de vegetación circundante no cultivada obtenidos en los seis sitios durante el ciclo 2016

Lugar	Cultivo	% Infestación	I. Simpson (Secas)	I. Simpson (Lluvias)	I. Shannon (Secas)	I. Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	5.5	0.8453	0.8733	2.093	2.329
Cuilápam	Maíz	23	0.5574	0.8165	0.9669	1.865
Reyes	MFC	7.25	0.0517	0.7745	0.1225	1.767
Reyes	Maíz	18.25	0.6467	0.9151	1.296	2.629
Rosario	Maíz	27.75	0	0.364	0	0.6673



Figura 17. Presencia de arbustos perennes durante la temporada de sequía vs. Presencia de pastos

La parcela de maíz de la comunidad El Rosario registró los más bajos índices de vegetación circundante en ambos ciclos de cultivo. Como se puede observar en la Figura 18, dentro de la parcela tampoco existe diversidad vegetal, ya que las labores culturales de deshierbe se hacen de forma que tal, que las malezas son eliminadas por completo. Esta ausencia de vegetación silvestre dentro y fuera de la parcela reflejó un bajo porcentaje de control por parte de los enemigos naturales, y los más altos los porcentajes de infestación del experimento. Estos resultados confirman la hipótesis de la concentración del recurso, esto es, la plaga llega directo a la parcela de maíz ya que no existen otros colores ni olores con los que pueda confundirse.



Figura 18. Altos porcentajes de infestación de *S. frugiperda* y deshierbe excesivo. Parcela de maíz en la comunidad de El Rosario

En el cuadro 14 se observa que en el ciclo 2017 hubo un ligero aumento en la infestación y como veremos más adelante, disminución en el parasitismo, esto está directamente relacionado con las abundantes lluvias que se presentaron en este ciclo, lo que coincide con la observación de Varella *et al.* (2015). Ellos mencionan que la presencia de lluvias puede ser un inhibidor de la actividad de los enemigos naturales.

Cuadro14. Porcentaje de infestación e índices de vegetación circundante no cultivada obtenidos en los seis sitios durante el ciclo 2017

Lugar	Cultivo	% Infestación	I. Simpson (Secas)	I. Simpson (Lluvias)	I. Shannon (Secas)	I. Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	14.25	0.7866	0.8724	1.693	2.322
Cuilápam	Maíz	34.25	0.5898	0.7843	0.97	1.847
Reyes	MFC	25.5	0.054	0.8	0.13	1.89
Reyes	Maíz	21.75	0.8097	0.9077	1.78	2.644
Rosario	MFC	6.5	0.5278	0.8927	1.10	2.704
Rosario	Maíz	48.25	0.444	0.851	0.64	2.122

El resultado de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis aplicada a los porcentajes de infestación en las parcelas nos indica que en ambos ciclos de producción sí existieron diferencias significativas entre los sitios en un nivel de confiabilidad del 95% (Cuadros 15 y 16).

Cuadro15. Prueba estadística de Kruskal Wallis aplicada a los porcentajes de infestación registrados en las parcelas, en el ciclo 2016.

Puntuaciones de Wilcoxon (Sumas de rango) for Variable infesta  
Classified by Variable paraje

paraje	N	Sum of Scores	Expected Under H0	Std Dev Under H0	Mean Score
1	4	18.00	42.0	10.559107	4.5000
2	4	60.00	42.0	10.559107	15.0000
3	4	23.50	42.0	10.559107	5.8750
4	4	47.50	42.0	10.559107	11.8750
5	4	61.00	42.0	10.559107	15.2500

Average scores were used for ties.  
Test de Kruskal-Wallis

Chi-cuadrado	11.7207
DF	4
Pr > Chi-cuadrado	0.0196

Esta prueba de Kruskal Wallis se hizo para los datos de infestación 2016, Pr> Chi cuadrado 0.0196 es menor de 0.05, por lo tanto, existe significancia entre los parajes; es decir, por lo menos un par de estos es diferente estadísticamente con un  $\alpha=0.05$ .

Cuadro 16. Prueba estadística de Kruskal Wallis aplicada a los porcentajes de infestación registrados en las parcelas, en el ciclo 2017.

Puntuaciones de Wilcoxon (Sumas de rango) for Variable infesta  
Classified by Variable paraje

paraje	N	Sum of Scores	Expected Under H0	Std Dev Under H0	Mean Score
1	4	30.00	50.0	12.901522	7.5000
2	4	68.50	50.0	12.901522	17.1250
3	4	53.00	50.0	12.901522	13.2500
4	4	46.00	50.0	12.901522	11.5000
5	4	15.50	50.0	12.901522	3.8750
6	4	87.00	50.0	12.901522	21.7500

Average scores were used for ties.

Test de Kruskal-Wallis

Chi-cuadrado	16.6542
DF	5
Pr > Chi-cuadrado	0.0052

Esta prueba de Kruskal Wallis se hizo para los datos de infestación 2017, Pr> Chi cuadrado 0.0052 es menor de 0.05, por lo tanto, existe significancia entre los parajes; es decir, por lo menos un par de estos es diferente estadísticamente con un  $\alpha=0.05$ .

*Conclusiones*

La infestación fue estadísticamente mayor en los monocultivos que en los policultivos.

La infestación es mayor al inicio del ciclo de cultivo, en relación a la registrada al final del ciclo.

En el ciclo 2016 los porcentajes de infestación fueron menores en relación al ciclo 2017.

En el ciclo 2016 la precipitación fue menor en relación al ciclo 2017.

La parcela con menores índices de vegetación circundante tanto anual como perenne y baja diversidad en el interior de la parcela registró los más altos índices de infestación.

### CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN DEL PARASITISMO Y DEPREDACIÓN DE HUEVOS A TRAVÉS DE PLANTAS Y HUEVOS CENTINELA.

#### *Materiales y métodos.*

Se inició una cría de gusano cogollero con larvas colectadas en campo, se colocaron individualmente en cajas Petri de 5 cm. de diámetro, se llevaron al laboratorio, donde se mantuvieron a temperatura ambiente, se alimentaron con hojas tiernas de maíz hasta que completaron su desarrollo. Los adultos emergidos se mantuvieron en bolsas de papel estraza a temperatura ambiente y se alimentaron con agua azucarada, permanecieron ahí para la ovoposición iniciando nuevamente el ciclo (Fig. 19).



Figura 19. larvas colectadas en campo, adultos colocados en bolsas para la ovoposición.

En las mismas fechas de las siembras en campo, se sembraron en el laboratorio, macetas con dos semillas de maíz (Fig. 20).



Figura 20. Siembra de maíz en macetas

Se construyó una jaula entomológica. Cuando las plantas de maíz estaban en la fase fenológica V4-V5 se liberaron, en el interior de la jaula, adultos de *S. frugiperda* con la finalidad de que copularan y ovopositaran en las hojas. En el interior de la jaula se colocaron cajas Petri con agua azucarada para alimentarlos. Las plantas se revisaron todos los días por las mañanas. Cuando se encontraron masas de huevos en las hojas (Fig. 21), se sacaron las plantas de la jaula, y con la ayuda de una lupa se observaron las masas. Se estimó y registró la cantidad de huevos (Fig. 22)



Figura 21. Plantas de maíz dentro de la jaula



Figura 22. Masas de huevos ovopositados en el envés de las hojas de maíz

Estas plantas con huevos centinela se llevaron al campo por la mañana y se colocaron en el interior de la parcela (Fig. 23); 48 horas después, se retiraron y se contabilizaron las masas depredadas. Las existentes se llevaron al laboratorio; se recortó la porción de hoja que contenía la masa, se contabilizaron los huevos, se introdujeron en cajas Petri y se sellaron para esperar su eclosión.



Figura 23. Colocación de plantas con huevos centinela en campo

Las larvas eclosionadas se siguieron alimentando con hojas tiernas de maíz, para observar si los huevos habían sido parasitados en campo. Los parasitoides obtenidos se montaron, se identificaron y se depositaron en la colección de insectos del CIIDIR-Oaxaca.

### *Resultados y discusión*

El Cuadro 16 corresponde a la exposición de huevos en el ciclo 2016. Se observa que ambos, parasitoides y depredadores cumplen una función muy importante en

el control de huevos de *S. frugiperda*; ya que, de los huevos recuperados de las masas con visible ataque de depredadores emergieron parasitoides. Lo que significa, que el parasitoide ya había ovopositado dentro de los huevos del gusano cogollero, cuando un segundo agente de control, el depredador, se alimentó de ellos. Sin embargo, hubo masas de huevos en la comunidad de Cuilápam que no fueron consumidas por los depredadores pero que estuvieron parasitadas en su totalidad, lo que indica que ambos agentes de control son importantes.

En las dos parcelas de Reyes Mantecón se observó presencia abundante del depredador *Hippodamia convergens* (Fig. 24A) y en las dos parcelas de Cuilápam el depredador más visible fue *Doru taeniatum* (Fig. 24B) seguido de *H. convergens*. Al momento de retirar las plantas, los depredadores se encontraron sobre las hojas, ya sin huevos centinela. Existen reportes, dentro de los que destacan: Canas and O'neil 1988, Isenhour *et al.* 1990, Hoballah *et al.* 2004, Seagraves y Yeorgan 2009, Martínez-Martínez *et al.* 2009, Menezes-Netto *et al.* 2012 y Varella *et al.* 2015, que mencionan que dentro de los hábitos alimenticios de estos depredadores está el consumo de huevos de *S. frugiperda*. Por esta razón se infiere que fueron ellos los agentes de control responsables de la depredación (Cuadro 17). En lo que se refiere a parasitismo, *Chelonus insularis* fue el único parasitoide de huevo presente en el ciclo de producción 2016.

Cuadro 17. Exposición de huevos centinela de *S. frugiperda* en las seis parcelas, ciclo 2016.

Comunidad	Cultivo	% depredación	% parasitismo	I. Simpson (Secas)	I. Simpson (Lluvias)	I. Shannon (Secas)	I. Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	90.91	9.09	0.8453	0.8733	2.093	2.329
Cuilápam	M	0.00	0.00	0.5574	0.8165	0.9669	1.865
Reyes	MFC	71.72	28.28	0.0517	0.7745	0.1225	1.767
Reyes	M	97.44	2.56	0.6467	0.9151	1.296	2.629
Rosario	FC	100.00	0.00	0.7551	0.8855	1.569	2.416
Rosario	M	96.11	3.89	0	0.364	0	0.6673

Estos resultados confirman la hipótesis de la heterogeneidad del hábitat, en la que se menciona que, a mayor biodiversidad de plantas, mayor será la cantidad y

diversidad de enemigos naturales. Por otro lado, también se confirman las aseveraciones de Cloug *et al.* (2007), Franin, (2016) y Letorneau *et al.*, (2015). Ellos mencionan que los hábitats perennes circundantes les proporcionan a los enemigos naturales sitios de hibernación y recursos alternativos que no pueden encontrarse en las comunidades simples.



Figura 24. A) Depredador *Hippodamia convergens*, B) Depredador *Doru taeniatum*

De la misma manera, los herbívoros de manera involuntaria también están cumpliendo la función de depredadores, en las parcelas de Cuilápam maíz y El Rosario FC, el chapulín (*Sphenarium purpurascens*), se alimentó de las hojas de maíz y no fue selectivo, es decir, consumió las hojas aun cuando tenía pegadas las masas de huevos (Fig. 25).



Figura 25. Consumo de las hojas de maíz con huevos centinela por el herbívoro *Sphenarium purpurascens*.

En el ciclo 2017 la precipitación fue abundante, lo que posiblemente haya provocado la disminución en la actividad de los enemigos naturales, tal como lo observaron Varella *et al.* 2015. En el Cuadro 18 podemos observar que solo en la parcela Reyes maíz hubo parasitismo de huevos centinela. Sin embargo, en el siguiente capítulo veremos que las larvas colectadas dentro de los cultivos en los seis sitios sí presentaron porcentajes importantes de parasitismo. En Cuilápam MFC se infiere que el depredador fue la tijerilla, *D. taeniatum*, porque estuvo presente en la planta al momento de la revisión. En El Rosario los chapulines, *S. purpurascens*, consumieron en su totalidad las hojas que contenían masas de huevos (Fig. 26). En Reyes Mantecón se notó la presencia de *Hippodamia convergens*.



Figura 26. Planta de maíz con visible ataque de *S. purpurascens*, y consumo de las masas de huevos de *S. frugiperda* en la comunidad de El Rosario.

Durante la exposición de los centinelas en la comunidad de El Rosario en la parcela de maíz en el ciclo 2017 se presentó un fenómeno de lluvia con fuertes vientos, al término del suceso meteorológico, se hizo una inspección de la planta y las masas de huevos ya no estaban, por lo que se colocaron en la categoría de arrastrados por lluvia (Cuadro 18).

Cuadro 18. Exposición de huevos centinela de *S. frugiperda* en las seis parcelas, ciclo 2017.

Comun.	Cultivo	% depred.	% parasit.	% arrastrados por lluvia	Simpson (Secas)	Simpson (Lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	100.00	0	0	0.7866	0.8724	1.693	2.322
Cuilápam	M	100.00	0	0	0.5898	0.7843	0.97	1.847
Reyes	MFC	82.89	17.11	0	0.054	0.8	0.13	1.89
Reyes	M	0.00	100	0	0.8097	0.9077	1.78	2.644
Rosario	MFC	0.00	0	100	0.5278	0.8927	1.10	2.704
Rosario	M	100.00	0	0	0.444	0.851	0.64	2.122

## *Conclusiones*

En el ciclo 2016, excepto en la parcela de maíz en la comunidad de Cuilápam, los parasitoides y depredadores controlaron el 100% de los huevos centinela.

En ambos ciclos de cultivo los chapulines, *S. purpurascens*, cuyos hábitos alimenticios son herbívoros jugaron de manera involuntaria un papel muy importante en el control, ya que no fueron selectivos al consumir las hojas que contenían masas de huevos.

En la comunidad de El Rosario, los fenómenos meteorológicos, combinación de lluvias con vientos fuertes, Tuvieron un efecto muy importante de control , ya que arrastraron las masas de huevos.

## CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN DE PARASITISMO Y DEPREDACIÓN DE LARVAS CENTINELA

### *Materiales y métodos:*

El método inició con la siembra de semillas de maíz en 300 macetas de plástico, se sembraron dos semillas por maceta para asegurar la emergencia, cuando nacieron las dos, se eliminó una. En cada una de las parcelas se introdujeron 25 macetas, se colocaron de forma tal, que el área cubierta fuera representativa de toda la parcela. Ya colocadas en campo, las plantas se infestaron artificialmente con una larva de *S. frugiperda* de cuatro días de edad. Para poder llegar al interior del cogollo se introdujeron dentro de un trozo de hoja de maíz. Se acudió a darle seguimiento a las larvas diariamente (Fig. 27). Se llevó un registro diario de las larvas que fueron depredadas, parasitadas o muertas por alguna otra causa; en el caso de las que fueron parasitadas, se esperó la emergencia del parasitoide, se montó, se identificó y se depositó en la colección de insectos del CIIDIR-Unidad Oaxaca.



Figura 27. Revisión diaria de las larvas colocadas artificialmente en los cogollos de las plantas de maíz.

### *Resultados y discusión*

Este método teóricamente nos proporcionaría información más cercana de la acción de los enemigos naturales y del efecto de las condiciones climáticas sobre un número determinado de organismos plaga. Bajo el principio de que, si sabemos con certeza cuántas larvas iniciaron, podemos fácilmente saber cuántas sobrevivieron, cuantas fueron parasitadas o depredadas y el agente que llevó a cabo el control. Sin embargo, ya en la práctica, por tratarse de un experimento en campo en condiciones no controladas es muy complicado determinar a los agentes de control, principalmente depredadores. Ya que, al momento de acudir a revisar las plantas, las pequeñas larvas ya no están y solo podemos intuir que fue el depredador que se encuentra en la parcela de forma abundante. Por esta razón, este experimento solo se realizó en el ciclo 2016.

En el Cuadro 17 se observa, que en general en las parcelas con monocultivo fue donde al menos dos larvas lograron sobrevivir. En las de MFC el control fue casi inmediato. En el caso específico de la parcela de MFC en la comunidad de Cuilápam, en la primera revisión de cogollos infestados artificialmente, en 17 de los

25 monitoreados se encontró en el interior al depredador *Doru taeniatum* (Dermaptera: Forficulidae) comúnmente conocido como tijerilla. En tres más se encontraron arañas en el interior y los cogollos cubiertos de tela, cabe señalar que las arañas también son depredadoras (Fig. 28). Solo en cinco cogollos permanecía la larva, se continuó con las revisiones, pero al cuarto día ya no hubo larvas. Este nivel de depredación, confirma la hipótesis de la heterogeneidad del hábitat, en la que se menciona que, a mayor biodiversidad de plantas, mayor será la cantidad y diversidad de enemigos naturales. Por otro lado, también se confirma la aseveración de Cloug *et al.* (2007), Franin, (2016) y Letorneau *et al.*, (2015) que los hábitats perennes circundantes les proporcionan a los enemigos naturales sitios de hibernación y recursos alternativos que no pueden encontrarse en las comunidades simples.



Figura 28. Arañas depredadoras encontradas en los cogollos de las plantas de maíz infestadas artificialmente con larvas de *S. frugiperda*.

En las dos parcelas de la comunidad de Reyes Mantecón se observó presencia abundante de los depredadores *Hippodamia convergens* y *Doru taeniatum* (Fig. 29). En 24 horas en la parcela de MFC y en 48 en la de Maíz ya no había larvas en el interior de los cogollos. De esta manera se observa que en el monocultivo de maíz

de Reyes Mantecón los enemigos naturales tuvieron un comportamiento similar al observado en los policultivos, y por otro lado fue de los sitios que registraron los más altos índices de vegetación circundante tanto en sequía como en lluvias. Este comportamiento se puede explicar mediante las hipótesis del enemigo natural y la de la heterogeneidad del hábitat. Ambas hipótesis se refieren a que, entre mayor sea la diversidad de plantas en el ecosistema, mayor será la diversidad de artrópodos y, por lo tanto, mayor la cantidad de enemigos naturales que llevan a cabo el control de los herbívoros.



Figura 29. Presencia del depredador *Doru taeniatum*

En las dos parcelas de la comunidad El Rosario, la lluvia inundó los cogollos de las plantas desalojando el 80-85 % de las larvas colocadas artificialmente (Fig. 30)

Solo en la parcelas de maíz Rosario y maíz Cuilápam se registró desarrollo de las larvas hasta quinto instar.



Figura 30. Larvas desalojadas por la lluvia en la comunidad de El Rosario

Este método nos dio una idea aproximada de la acción de los enemigos naturales y otros factores de control, pero no nos da la certeza el agente. Sin embargo, sí podemos observar que en las parcelas de MFC el control fue más efectivo (Cuadro19).

Cuadro 19. Exposición de larvas centinela en las tres comunidades

Lugar	Cultivo	Días	Sobre vivientes.	Agente probable de control	Cant.
Cuilapam	MFC	4	0	<i>Doru taeniatum</i> (Dermaptera: Forficulidae)	17
				Arañas	3
				Desconocida	5
Cuilapam	Maíz	16	2	<i>Doru taeniatum</i> (Dermaptera: Forficulidae)	18
				<i>Architas marmoratus</i> (Diptera:Tachinidae)	1
				Desconocida	4
Reyes M	Maíz	3	0	<i>Doru taeniatum</i> (Dermaptera: Forficulidae)	10
				<i>Hippodamia convergens</i> (Coleoptera: Coccinellidae)	15
				<i>Hippodamia convergens</i> (Coleoptera: Coccinellidae)	25
Rosario	Maíz	17	3	Desalojamiento por lluvia	19
				<i>Architas marmoratus</i> (Diptera:Tachinidae)	2
				Desconocida	1
Rosario	FC	7	0	Desalojamiento por lluvia	20
				Desconocida	5

Por otra parte, en la comunidad de Cuilápam, en la parcela de MFC, se observó a una ninfa de tijerilla alimentándose de una larva inmovilizada de *Spodoptera frugiperda* de cuarto instar (Fig. 31). Aunque no se tiene la certeza de que ella la haya inmovilizado.



Figura 31. Ninfa de tijerilla alimentándose de larva inmovilizada de *S. frugiperda*, en la parcela MFC de Cuilápam, ciclo 2017.

### Conclusiones

En general el tiempo que le tomó a los depredadores controlar las larvas centinela en los cogollos de las plantas fue mucho menor en las parcelas de MFC con relación al tiempo utilizado para esa misma actividad en las de monocultivo.

En el caso específico de las parcelas de Reyes Mantecón, los depredadores observados y el tiempo que tardaron en controlar las larvas fue similar.

Por este método solo pudimos intuir que el agente de control fue el o los depredadores observados en forma abundante en las parcelas.

Aunque no se pudo determinar con certeza el depredador, sí se pudo registrar que el porcentaje de depredación de larvas centinela recién eclosionadas fue de 98.3%.

La precipitación tuvo un efecto muy importante en la comunidad de El Rosario ya que logró desalojar hasta el 85% de las larvas.

Una lluvia oportuna, es decir, cuando las larvas de *S. frugiperda* se encuentran en los primeros instares, tiene un importante efecto supresor sobre ellas.

## CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE PARASITISMO A TRAVÉS DE MUESTREOS SEMANALES Y COLECTA DE LARVAS

### *Materiales y métodos:*

La metodología empleada para estimar el parasitismo es la misma que se utilizó para estimar la infestación (Capítulo 2), debido a que este porcentaje se evaluó a partir de las de las larvas encontradas y colectadas en los muestreos semanales. Las larvas se colectaron individualmente en cajas Petri de 5 cm de diámetro, se llevaron al laboratorio, se mantuvieron a temperatura ambiente y se siguieron alimentando con hojas tiernas de maíz hasta que completaron su desarrollo y emergieron los adultos. En el caso de la emergencia de parasitoides, se montaron con alfileres entomológicos, se identificaron y se depositaron en la colección de insectos del CIIDIR-Unidad Oaxaca.

Se registró el parasitismo en cada parcela y se realizó un concentrado. Los porcentajes de parasitismo se calcularon con la fórmula:

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

### *Resultados y discusión*

En todas las parcelas las primeras colectas fueron más abundantes que las últimas. Inmediatamente después de la emergencia de las plantas inició también la eclosión de las larvas. Por lógica, las primeras colectas fueron abundantes en larvas de primero y segundo instar, esto obedece a la hipótesis de la concentración del recurso. Como éste es abundante, la plaga intentará reproducirse en la mayor cantidad posible. No obstante, a pesar de su abundancia también se encontró un

número importante de larvas parasitadas; de las de primer instar emergieron principalmente parasitoides de huevo, indicativo que los enemigos naturales empezaron a actuar desde la ovoposición. En las últimas colectas la cantidad de larvas encontradas es visiblemente menor, podría pensarse que esas larvas ya lograron sobrevivir a los enemigos naturales y a las condiciones climáticas, sin embargo, también en esta etapa se presenta un porcentaje considerable de parasitismo de larvas grandes (Cuadros 18 y 19).

En la Figura 32 se presenta la abundancia de las especies de parasitoides que emergieron de las larvas colectadas en campo. La especie que parasita huevos, *Chelonus insularis*, es la más abundante, y aunque aparentemente los parasitoides de larvas grandes (*Lespesia* sp. y *Architas marmoratus*) son menos, representan un importante porcentaje, ya que son pocas las larvas que logran llegar a los últimos instares.

Podemos observar que la parcela de Reyes Mantecón maíz es la que presenta la mayor cantidad de parasitoides desde los de huevo hasta los de larvas grandes. Esto a pesar de que presentó el segundo más alto índice de infestación. En esta parcela podemos, una vez más, comprobar la hipótesis de la heterogeneidad del hábitat y la del enemigo natural. Ya que, a pesar de ser un monocultivo se comporta como policultivo, debido a que la vegetación que la circunda es abundante y heterogénea.

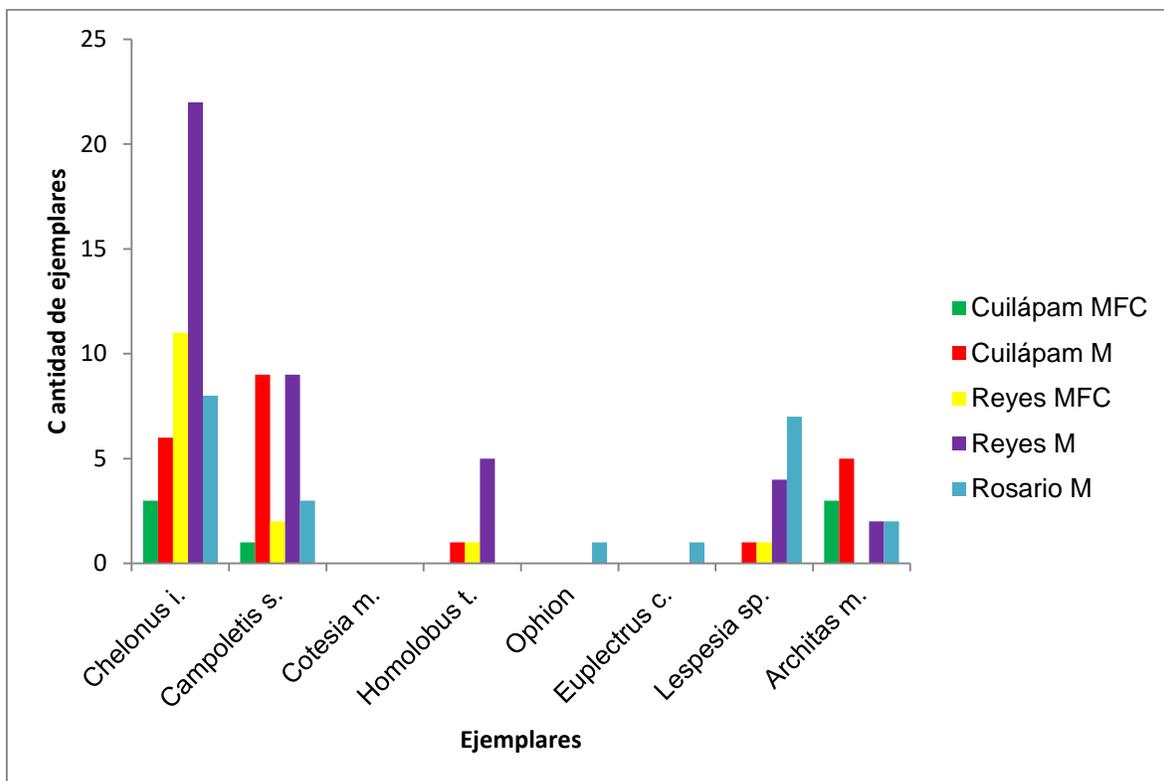


Figura 32. Abundancia de parasitoides obtenidos por medio de muestreos y colectas en las parcelas en el ciclo 2016.

En la Figura 33 se muestra la abundancia de parasitoides en el ciclo 2017, en este ciclo se repitió la situación del ciclo anterior, en donde se observó que la parcela de Reyes maíz, a pesar de tener los más altos índices de infestación, también tiene la mayor cantidad de parasitoides.

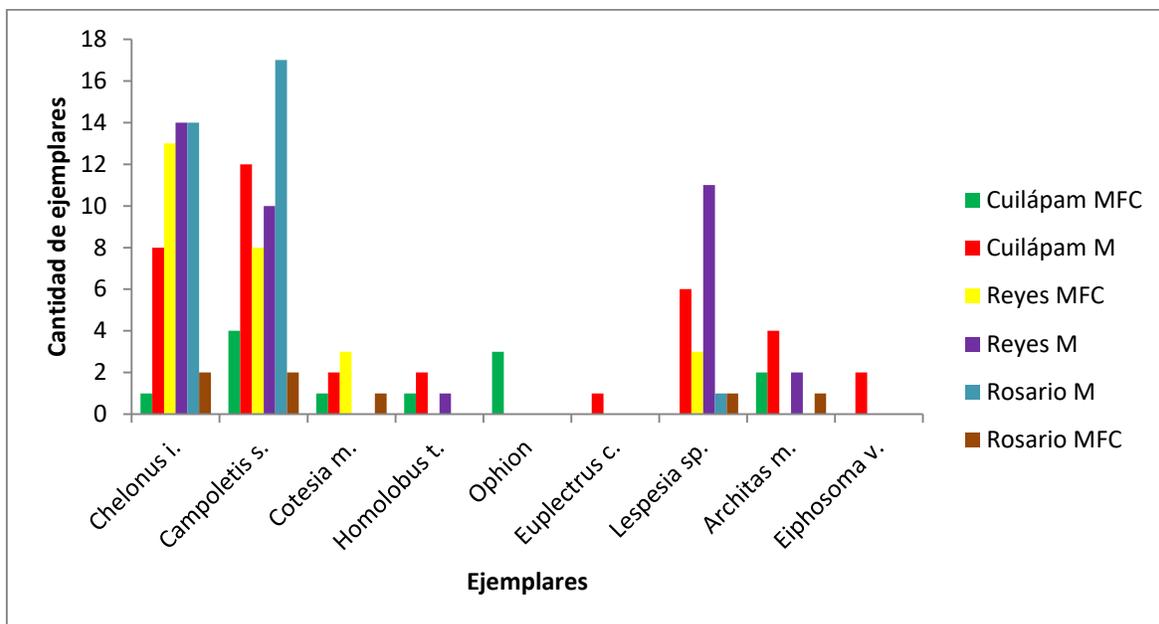


Figura 33. Abundancia de parasitoides obtenidos por medio de muestreos y colectas en las parcelas en el ciclo 2017.

En lo que se refiere a los porcentajes de parasitismo, en el cuadro 20 podemos observar que en la parcela de maíz de Reyes Mantecón se registra el segundo más alto porcentaje de infestación, sin embargo, presenta el más alto porcentaje de parasitismo. De la misma manera se observa que este sitio presenta un índice considerable de vegetación circundante no cultivada en temporada de secas y el más alto en temporada de lluvias.

Cuadro 20. Porcentajes de parasitismo e índices de vegetación circundante registrados en las 6 parcelas en el ciclo 2016

Comunidad	Cultivo	% infestación	% parasitismo	INDICES 2016			
				Simpson (Secas)	Simpson (Lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	5.5	36.36	0.8453	0.8733	2.093	2.329
Cuilápam	M	23	29.63	0.5574	0.8165	0.9669	1.865
Reyes	MFC	7.25	62.50	0.0517	0.7745	0.1225	1.767
Reyes	M	18.25	75.38	0.6467	0.9151	1.296	2.629
Rosario	FC	N/D	N/D	0.7551	0.8855	1.569	2.416
Rosario	M	27.75	24.76	0	0.364	0	0.6673

En el cuadro 21 se observa que en general hubo una ligera disminución en los porcentajes de parasitismo y un aumento en la infestación en relación al año 2016. No obstante, se registró una mayor precipitación en el ciclo 2017, esta situación pudo haber provocado la disminución de la actividad de los enemigos naturales, ya que se refugian y protegen de la lluvia, observación coincide con la observación de Varella *et al.*, (2015). Ellos mencionan que también observaron una disminución de la actividad de los enemigos naturales cuando hubo mayor precipitación.

En caso de la parcela de El rosario maíz, se registró una cantidad aceptable de especies de parasitoides, pero una pobre cantidad de individuos por especie, lo que se vio reflejado en un porcentaje de parasitismo bajo. De la misma manera en esta parcela se observan los menores índices de vegetación circundante.

Cuadro 21. Porcentajes de parasitismo en larvas e índices de vegetación circundante registrados en las 6 parcelas en el ciclo 2017.

Comunidad	Cultivo	% infestación	% parasitismo	INDICES 2017			
				Simpson (Secas)	Simpson (Lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	14.25	27.27	0.7866	0.8724	1.693	2.322
Cuilápam	Maíz	34.25	35.78	0.5898	0.7843	0.97	1.847
Reyes	MFC	25.5	56.45	0.054	0.8	0.13	1.89
Reyes	Maíz	21.75	49.33	0.8097	0.9077	1.78	2.644
Rosario	MFC	6.5	29.17	0.5278	0.8927	1.10	2.704
Rosario	Maíz	48.25	27.66	0.444	0.851	0.64	2.122

Para realizar el análisis estadístico de los datos de parasitismo se procedió a realizar la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, debido a que los datos están expresados en porcentajes (Cuadros 22 y 23).

La prueba nos indica que no existen diferencias significativas en los porcentajes de parasitismo entre los monocultivos y los policultivos en ambos ciclos de producción. Esto tiene su explicación lógica, los porcentajes de parasitismo están calculados a partir de las larvas que fueron colectadas para estimar la infestación. De esta manera, si en un policultivo la colecta fue cuatro larvas y tres de ellas presentaron parasitismo, el porcentaje es de 75%. De igual manera, si en el monocultivo la

colecta fue de 40 larvas y 30 de ellas estuvieron parasitadas, también representa el 75%. Por esta razón, las diferencias en porcentajes no son significativas, pero en cantidad de parasitoides si podemos apreciar diferencias importantes.

Este problema podría resolver si se colectaran el mismo número de larvas en cada parcela y se mantuvieran hasta que completaran su ciclo. Sin embargo, esto presenta dos problemáticas: la primera, si se colecta un número determinado de larvas por parcela, se afectarían las poblaciones y la estimación de la infestación ya no sería confiable; y la segunda, en los policultivos se registraron infestaciones muy bajas, difícilmente se pueden obtener larvas en las mismas cantidades que en los monocultivos. La opción sería hacer colecta sin estimar infestación.

Cuadro 22. Prueba de Kruskal Wallis para los datos de parasitismo en los seis sitios en el ciclo 2016.

Procedimeinto NPAR1WAY

Puntuaciones de Wilcoxon (Sumas de rango) for Variable parasitismo  
Classified by Variable paraje

paraje	N	Sum of Scores	Expected Under H0	Std Dev Under H0	Mean Score
1	4	33.50	42.0	10.575045	8.3750
2	4	31.00	42.0	10.575045	7.7500
3	4	57.00	42.0	10.575045	14.2500
4	4	62.00	42.0	10.575045	15.5000
5	4	26.50	42.0	10.575045	6.6250

Average scores were used for ties.

Test de Kruskal-Wallis

Chi-cuadrado	7.5721
DF	4
Pr > Chi-cuadrado	0.1086

Esta prueba de Kruskal Wallis se hizo para los datos de parasitismo 2016, Pr> Chi cuadrado 0.1086 es mayor de 0.05. Por lo tanto, no existe significancia entre los parajes; es decir, no existe evidencia estadística para aseverar que el porcentaje de parasitismo es diferente entre los parajes, con un  $\alpha=0.05$ .

Cuadro 23. Prueba de Kruskal Wallis para los datos de parasitismo en los seis sitios en el ciclo 2017.

Procedimeinto NPAR1WAY

Puntuaciones de Wilcoxon (Sumas de rango) for Variable parasitismo  
Classified by Variable paraje

paraje	N	Sum of Scores	Expected Under H0	Std Dev Under H0	Mean Score
1	4	38.50	50.0	12.895904	9.6250
2	4	51.00	50.0	12.895904	12.7500
3	4	83.00	50.0	12.895904	20.7500
4	4	60.00	50.0	12.895904	15.0000
5	4	40.00	50.0	12.895904	10.0000
6	4	27.50	50.0	12.895904	6.8750

Average scores were used for ties.

Test de Kruskal-Wallis

Chi-cuadrado	9.6635
DF	5
Pr > Chi-cuadrado	0.0854

Esta prueba de Kruskal Wallis se hizo para los datos de parasitismo 2017, Pr> Chi cuadrado 0.0854 es mayor de 0.05. Por lo tanto, no existe significancia entre los parajes; es decir, no existe evidencia estadística para aseverar que el porcentaje de parasitismo es diferente entre los parajes, con un  $\alpha=0.05$ .

### *Conclusiones*

Los porcentajes de parasitismo están directamente relacionados con los índices de vegetación circundante. Esto es, a mayor índice de vegetación circundante, mayor porcentaje de parasitismo.

Los policultivos de MFC presentan de manera general porcentajes infestación más bajos en relación a los monocultivos.

Un monocultivo que presentó un porcentaje alto de infestación, pero también un alto índice de vegetación perenne circundante reflejó un mayor porcentaje de parasitismo.

Un monocultivo que presentó un alto porcentaje de infestación y bajos índices de vegetación circundante anual y perenne, reflejó un bajo porcentaje de parasitismo.

Si comparamos los porcentajes de parasitismo en ambos tratamientos, no presentan diferencias significativas, debido a que están calculados a partir de la infestación.

## CAPÍTULO 6. EVALUACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES DE PUPAS CENTINELA

### *Materiales y métodos*

Se inició una cría de *S. frugiperda* a partir de larvas colectadas en campo. Las larvas se colocaron individualmente en cajas Petri de 5 cm de diámetro, se llevaron al laboratorio, se mantuvieron a temperatura ambiente, se alimentaron con hojas tiernas de maíz hasta que completaron su desarrollo y emergieron los adultos. Los adultos obtenidos se mantuvieron en bolsas de papel de estraza donde se alimentaron con agua azucarada. Para revisar el interior de las bolsas se refrigeraron por media hora para facilitar el manejo de las palomillas. Si tenían masas de huevos pegadas se cambiaron de bolsa y se recortó el trozo de papel con las oviposiciones. Éstas se colocaron en cajas Petri, se sellaron y se esperó la eclosión. Las larvas recién eclosionadas se colocaron individualmente en cajas Petri y se alimentaron con hojas tiernas de maíz durante todo su desarrollo hasta que alcanzaron la etapa de pupa (Fig.34).

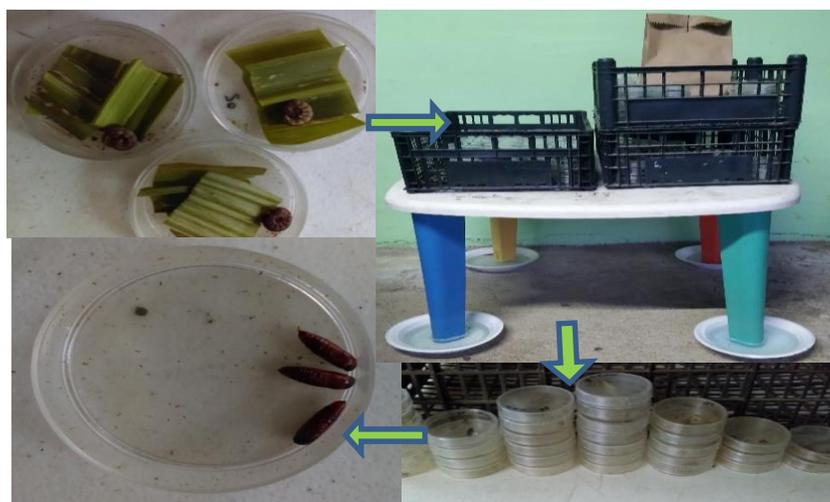


Figura 34. Procedimiento para la obtención de pupas centinela.

Cuando los cultivos estaban en la etapa fenológica V4-V5 se llevaron pupas al campo. En las parcelas se eligieron plantas al azar. En la base de cada una de ellas se hizo una excavación de 10 x 10 x 7cm de profundidad, la tierra obtenida de la excavación, se cribó con la finalidad de retirar cualquier pupa que pudiera estar enterrada. Dentro de la cavidad se vació parte de la tierra cribada cubriendo aproximadamente 1 cm, sobre esta tierra se colocaron tres pupas y se incorporó el resto de la tierra, quedando enterradas a 6 cm de profundidad (Fig. 35), se marcó el contorno del hueco con piedras pequeñas y también se marcó la planta. Las pupas se dejaron enterradas 6 días. Para recuperarlas, se escarbó y se cribó nuevamente la tierra. Las recuperadas se colocaron de manera individual en cajas Petri, se sellaron y se llevaron al laboratorio, donde se mantuvieron a temperatura ambiente para esperar la emergencia. Durante todo el experimento se enterraron 150 pupas, 25 en cada parcela.



Figura 35. Método para enterrar pupas y obtener parasitoides

En el año 2018 se modificó ligeramente el método. Se siguió el mismo procedimiento, solo se redujo la profundidad de la cavidad en el que se enterraron las pupas. Las medidas de la excavación fueron de 10x10x 3cm, con la tierra cribada se rellenó parcialmente la cavidad, hasta una altura de 1 cm, por lo que las pupas quedaron enterradas a 2 cm de profundidad (Fig.36).



Figura 36. Modificación del método para enterrar pupas y obtener parasitoides

### *Resultados y discusión*

En el Cuadro 24 se observa que en el ciclo 2016 el 98% del total de las pupas enterradas se recuperaron, solo el 2% fueron depredadas. En el cuadro 25 se detalla la situación de las pupas recuperadas. El apartado recuperadas sin emergencia se refiere a aquellas pupas que después de desenterradas, se mantuvieron en el laboratorio, pero no emergió nada de ellas, se desconocen las causas de este fenómeno. Para obtener más información se procedió a la disección. Del total de pupas disectadas: el 52% completaron el proceso de formación, pero no emergieron; el 41.5 % no alcanzaron a formarse y en el momento de la disección

despedían un olor desagradable de su interior. El 6.5 % restante, dos pupas de la parcela MFC en la comunidad de Cuilápam, presentaron un orificio atípico en su parte central (Fig.37A). Estas pupas también se disectaron, el interior de una de ellas estaba vacío y en la otra se encontró una pequeña pupa deshidratada (Fig.37C) y dos insectos en proceso de formación (Fig. 37B) que no fue posible identificarlos.

Cuadro 24. Concentrado de la exposición de pupas en las seis parcelas, ciclo 2017

Lugar	Cultivo	Enterradas	Depredadas	Recuperadas
Cuilápam	MFC	25	2	23
Cuilápam	Maíz	25	0	25
Rosario	Maíz	25	0	25
Rosario	MFC	25	1	24
Reyes	MFC	25	0	25
Reyes	Maíz	25	0	25
TOTAL		150	3	147

Cuadro 25. Detalle de la situación de las pupas recuperadas en todas las parcelas en el ciclo 2017.

Lugar	Cultivo		RECUPERADAS			Depredador
			Palomillas	Sin emergencia	Parasitadas	
Cuilápam	MFC	23	11	10	2	Desconocido
Cuilápam	Maíz	25	15	10	0	
Rosario	Maíz	25	23	2	0	
Rosario	MFC	24	23	1	0	Desconocido
Reyes	MFC	25	24	1	0	
Reyes	Maíz	25	22	3	0	
TOTAL			118	27	2	
%			80.27	18.37	1.36	

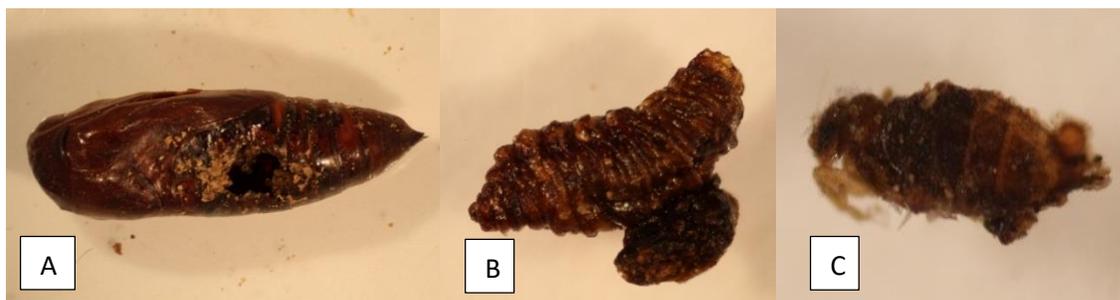


Figura 37. Pupa con orificio y su contenido. Recuperados en la parcela Cuilápam MFC ciclo 2017.

La metodología utilizada en el ciclo 2017 nos proporcionó información muy limitada acerca del control que ejercen los enemigos naturales. Sin embargo, aún con esta escasa información, se puede destacar que en las únicas parcelas que hubo indicios de control fue en Cuilápam y El Rosario, ambas con MFC.

Debido a esta problemática en el año 2018 se replanteó la metodología; modificando únicamente la profundidad a la que se enterraron las pupas. Este cambio en la profundidad de la cavidad nos proporcionó más información acerca de los agentes de control. Se puede observar un importante porcentaje de depredación (Cuadro 26).

Los resultados mantienen la tendencia de que existe mayor control en las parcelas de MFC en relación a las de Maíz (Cuadro 26). Sin embargo, también en esta parte del experimento se observa que el control que ejercen los enemigos naturales en las dos parcelas de Reyes Mantecón es muy similar. Se registró también que fue en la parcela Reyes Mantecón maíz en la única que se observó parasitismo de pupas (Cuadro 27).

Cuadro 26. Concentrado de la exposición de pupas en las seis parcelas, ciclo 2018

Lugar	Cultivo	Enterradas	Depredadas	Recuperadas	Inundadas	Depredador
Cuilápam	MFC	25	18	7		Desc.
Cuilápam	Maíz	25	1	24		Desc.
Rosario	Maíz	25	6	19		Hormigas
Rosario	MFC	25	18	7		Hormigas
Reyes	MFC	25	8	17		Coleóptero
Reyes	Maíz	25	11	8	6	Coleóptero
	TOTAL	150	62	82	6	
	%	100	41.33	54.67	4.00	

Cuadro 27. Detalle de la situación de las pupas recuperadas en todas las parcelas en el ciclo 2018

R E C U P E R A D A S						
Lugar	Cultivo	Palomillas	S/ emerg.	Parasitadas	Parasitoide	
Cuilápam	MFC	7	3	4	0	
Cuilápam	Maíz	24	13	11	0	
Rosario	Maíz	19	15	4	0	
Rosario	MFC	7	5	2	0	
Reyes	MFC	17	13	4	0	
Reyes	Maíz	8	2	3	3 Indeterminado	
TOTAL		82	51	28	3	
		%	100	62.20	34.15	3.66

En los cuadros 28 y 29 se concentra la información del control de pupas en los ciclos 2017 y 2018. El porcentaje que hace falta para el 100% en los cuadros corresponde a las pupas que después de haber sido recuperadas del campo presentaron emergencia de palomillas.

Cuadro 28. Relación entre el control de pupas de *S. frugiperda* y los índices de vegetación circundante no cultivada en las seis parcelas en el ciclo 2017.

					INDICES			
Lugar	Cultivo	% depred.	% parasit.	% s/emerg.	Simpson (Secas)	Simpson (lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (lluvias)
Cuilápam	MFC	8	8	32	0.7866	0.8724	1.693	2.322
Cuilápam	Maíz	0	0	40	0.5898	0.7843	0.97	1.847
Reyes	MFC	0	0	4	0.054	0.8	0.13	1.89
Reyes	Maíz	0	0	12	0.8097	0.9077	1.78	2.644
Rosario	MFC	4	0	4	0.5278	0.8927	1.10	2.704
Rosario	Maíz	0	0	8	0.444	0.851	0.64	2.122

Cuadro 29. Relación entre el control de pupas de *S. frugiperda* y los índices de vegetación circundante no cultivada en las seis parcelas en el ciclo 2018.

					INDICES			
Lugar	Cultivo	% depred.	% parasit.	% s/emerg.	Simpson (Secas)	Simpson (lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (lluvias)
Cuilápam	MFC	72	0	16	0.7866	0.8724	1.693	2.322
Cuilápam	Maíz	4	0	44	0.5898	0.7843	0.97	1.847
Reyes	MFC	32	0	16	0.054	0.8	0.13	1.89
Reyes	Maíz	44	12	12	0.8097	0.9077	1.78	2.644
Rosario	MFC	72	0	8	0.5278	0.8927	1.10	2.704
Rosario	Maíz	24	0	16	0.444	0.851	0.64	2.122

## Conclusiones

La profundidad a la que se enterraron las pupas de *S. frugiperda* fue determinante para poder obtener información del control que ejercen los enemigos naturales.

En general las parcelas de MFC registraron los más altos porcentajes de depredación de pupas de *S. frugiperda*.

En la comunidad de Reyes Mantecón la parcela de maíz registró un porcentaje de depredación de pupas similar al registrado en la parcela de MFC y está directamente relacionado a los índices de vegetación circundante.

En la comunidad de El Rosario, las hormigas llevaron a cabo un importante porcentaje de depredación de pupas.

Una lluvia prolongada también puede ser un factor importante en el control de las pupas enterradas de *S. frugiperda*.

## 7. DISCUSIÓN GENERAL

Los cuadros 30 y 31 muestran los resultados de todos los criterios estudiados en este trabajo de investigación para el ciclo 2016. Los cuadros 32 y 33 para el ciclo 2017. Se agruparon por cultivos para ilustrar mejor las diferencias entre el monocultivo y el policultivo de MFC. Lo primero que se observa es que en las condiciones de monocultivo la infestación es estadísticamente mayor. Aquí se cumple la hipótesis de la concentración del recurso, es decir, la ausencia o baja diversidad en los agroecosistemas favorece la localización del alimento por parte de los fitófagos y como consecuencia la explosión de la plaga (Sarandón y Flores, 2014). De la misma manera, esta ausencia de diversidad trae como consecuencia que los organismos controladores de plaga no encuentren las condiciones óptimas para su establecimiento, afectando su abundancia en el sistema. Entonces, en estos agroecosistemas no se cumple la hipótesis del enemigo natural y, por otra parte, la baja diversidad de controladores afecta los mecanismos “Bottom-up” y “Top-down”

que básicamente se refieren a las estrategias de manejo que favorecen la relación de “comer y ser comidos”.

Sin embargo, se observa que cuando las parcelas de monocultivo presentan altos índices de vegetación circundante tienen un comportamiento similar al que presentan los policultivos. En donde, se cumplen las hipótesis del enemigo natural, se favorecen los “Bottom-up” y “Top-down”. Además, se cumplen también las hipótesis de la heterogeneidad del hábitat, de la depredación y de la productividad. En ellas se menciona básicamente que en tanto mayor sea el índice de diversidad, mayor será la riqueza en insectos benéficos asociados al cultivo, debido a que las asociaciones heterogéneas de plantas poseen más biomasa, recursos alimenticios y persistencia temporal. Esto explica el por qué la parcela de maíz de la comunidad de Reyes Mantecón a pesar de tener alta infestación, logró tener los más altos porcentajes de control.

Por otra parte, se observa que, en la parcela de maíz de la comunidad del Rosario, aunque no presentó altos índices de diversidad, se logró un buen control, pero esto fue debido a la lluvia y al viento. En esta parcela se cumplió la teoría climática de la regulación de poblaciones, esta teoría sostiene que la densidad de la población está regulada principalmente por efectos de la temperie, es decir, medidas hora a hora de la temperatura, viento, lluvia, etc. Sin embargo, aunque en ese momento el control fue bueno, las condiciones climáticas son un factor, que, aunque es muy importante también es impredecible y, sobre todo, es algo que no podemos controlar. Los factores climáticos también tienen la desventaja de que tienen que ser muy precisos, es decir, que para que la lluvia pueda desalojar a las larvas del cogollo, ésta tiene que ser abundante y cuando las larvas se encuentran en el primer instar de desarrollo. Así también, para arrastrar masas de huevos la lluvia tiene que ser acompañada de vientos fuertes, de lo contrario no se logra el control.

Vera *et al.* (2002) hacen mención de la teoría sintética moderna de la regulación natural de poblaciones. En ella se retoman aspectos de la teoría biótica, la teoría climática y la de autorregulación. De esta manera podemos darnos cuenta de que la regulación de organismos plaga, no solo depende de los factores bióticos

abundancia de vegetación, depredadores y parasitoides; sino también de los factores climáticos.

Cuadro 30. Tabla de vida de *Spodoptera frugiperda* para las parcelas de MFC en las tres comunidades, ciclo 2016

LUGAR	CULTIVO	COLECTA		HUEVO CENTINELA		LARVAS CENTINELA			PUPAS CENTINELA				INDICES			
		% Infestación	% parasit.	% depred.	% parasit.	% desalojadas	% depred.	% parasit.	% depred.	% parasit.	% s/emerg.	% emergidas	Simpson (Secas)	Simpson (Lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	5.5	36.36	90.91	9.09	0.00	100.00	0.00	8	8	32	52	0.8453	0.8733	2.093	2.329
Reyes	MFC	7.25	62.50	71.72	28.28	0.00	100.00	0.00	0	0	4	96	0.0517	0.7745	0.1225	1.767
Rosario	FC	n/d	n/d	100.00	0.00	80.00	20.00	0.00	4	0	4	92	0.7551	0.8855	1.569	2.416

}

Cuadro 31. Tabla de vida de *Spodoptera frugiperda* para las parcelas de Maíz en las tres comunidades, ciclo 2016

LUGAR	CULTIVO	COLECTA		HUEVO CENTINELA		LARVAS CENTINELA			PUPAS CENTINELA				INDICES			
		% Infestación	% parasit.	% depred.	% parasit.	% desalojadas	% depred.	% parasit.	% depred.	% parasit.	% s/emerg.	% emergidas	Simpson (Secas)	Simpson (Lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (Lluvias)
Cuilápam	Maíz	23	29.63	0.00	0.00	0.00	88.00	4.00	0	0	40	60	0.5574	0.8165	0.9669	1.865
Reyes	Maíz	18.25	75.38	97.44	2.56	0.00	100.00	0.00	0	0	12	88	0.6467	0.9151	1.296	2.629
Rosario	Maíz	27.75	24.76	96.11	3.89	84.00	4.00	12.00	0	0	8	92	0	0.364	0	0.6673

Cuadro 32. Tabla de vida para *Spodoptera frugiperda* en las parcelas de MFC en las tres comunidades, ciclo 2017

LUGAR	CULTIVO	COLECTA		HUEVO CENTINELA			PUPAS CENTINELA					INDICES			
		% Infestación	% parasit.	% depred.	% parasit.	% arrast. Lluvia	% depred.	% parasit.	% s/emerg.	% inundadas	% emergidas	Simpson (Secas)	Simpson (Lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (Lluvias)
Cuilápam	MFC	14.25	27.27	100.00	0	0	72	0	16	0	12	0.7866	0.8724	1.693	2.322
Reyes	MFC	25.5	56.45	82.89	17.11	0	32	0	16	0	52	0.054	0.8	0.13	1.89
Rosario	MFC	6.5	29.17	0.00	0	100	72	0	8	0	20	0.5278	0.8927	1.10	2.704

Cuadro 33. Tabla de vida para *Spodoptera frugiperda* en las parcelas de maíz en las tres comunidades, ciclo 2017

LUGAR	CULTIVO	COLECTA		HUEVO CENTINELA			PUPAS CENTINELA					INDICES			
		% Infestación	% parasit.	% depred.	% parasit.	% arrast. Lluvia	% depred.	% parasit.	% s/emerg.	% inundadas	% emergidas	Simpson (Secas)	Simpson (Lluvias)	Shannon (Secas)	Shannon (Lluvias)
Cuilápam	Maíz	34.25	35.78	100.00	0	0	4	0	44	0	52	0.5898	0.7843	0.97	1.847
Reyes	Maíz	21.75	49.33	0.00	100	0	44	12	12	24	8	0.8097	0.9077	1.78	2.644
Rosario	Maíz	48.25	27.66	100.00	0	0	24	0	16	0	60	0.444	0.851	0.64	2.122

## 8.- CONCLUSIONES GENERALES

1.- La vegetación circundante tuvo un efecto determinante en el control del gusano cogollero. La diversidad de plantas no cultivadas existentes en los bordes de las parcelas proporcionó refugio a los enemigos naturales. Esto le permitió a la parcela de monocultivo con altos índices de vegetación circundante, anual y perenne (huizaches, rosa amarilla, aceitillo, ojo de gallo, entre otras), presentar porcentajes de control similares a los observados en las parcelas de policultivo. De manera particular la parcela de maíz Reyes Mantecón, a pesar de ser un monocultivo presentó el más alto porcentaje de parasitismo (75%). En contraste, la parcela de maíz Rosario con bajos índices de vegetación circundante, solo pastos en temporada de lluvias y nula vegetación perenne, registró el más alto porcentaje de infestación (48.25%) y el menor parasitismo (27.66%)

2.- En la comunidad del Rosario, la precipitación tuvo un efecto muy importante en el control del gusano cogollero. La lluvia desalojó un alto porcentaje (85%) de larvas centinela de primer instar de los cogollos de las plantas. El fenómeno de lluvias con vientos fuertes logró despegar y arrastrar el 100% de las masas de huevos centinela ovopositados en las plantas.

3.- Los porcentajes de parasitismo y depredación, en huevos centinela, en 2017 disminuyeron ligeramente (7.5% en promedio) con respecto a los observados en 2016, debido a que las lluvias inhibieron la actividad de los enemigos naturales.

4.- Ambos grupos de enemigos naturales, parasitoides y depredadores, son importantes, ya que las masas de huevos centinela recuperadas, con visible ataque de depredadores, estaban parasitadas. Los depredadores encontrados fueron: arañas; tijerillas, *Doru taeniatum* (Dermaptera: Forficulidae) y catarinas, *hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). Se encontró el parasitoide de huevo-larva *Chelonus insularis* (Hymenoptera: Braconidae). Parasitoides larva-larva *Campoletis sonorensis*, (Hymenoptera: Ichneumonidae); *Ophion flavidus* (Hymenoptera:

Ichneumonidae); *Euplectrus comstockii* (Hymenoptera: Eulophidae); *Pristomerus spinator* (Hymenoptera: Ichneumonidae); *Pristomerus pacificus* (Hymenoptera: Ichneumonidae); *Cotesia marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). Parasitoides de larva-pupa *Lespesia* sp., (Diptera: Tachinidae) y *Architas marmoratus*, (Diptera: Tachinidae).

5.- Las pupas centinela que se enterraron fueron atacadas por enemigos naturales que las controlaron de manera importante, 58% de depredación promedio en policultivo y 24% en monocultivo. Solo en la comunidad El Rosario se logró determinar a las hormigas como agentes de control.

6.- Para lograr que el control biológico de plagas sea exitoso es necesario proporcionar a los enemigos naturales las condiciones adecuadas de refugio y alimentación para que puedan establecerse y actuar.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Establecimiento de una parcela con policultivo MFC y con altos índices de vegetación circundante anual y perenne.
2. Sembrar en los bordes de las parcelas plantas nativas perennes resistentes a la sequía, como el huizache (*Vachellia farnesiana*) (Anexo I)
3. En el momento del deshierbe dejar dentro de la parcela algunas malezas que en ese momento presenten floración (Anexo I)
3. Continuar mejorando el método para la búsqueda de enemigos naturales de pupas.

## 10. LITERATURA CITADA

- Abrasco. 2012. Associação Brasileira de Saúde Coletiva Dossiê ABRASCO – Um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde. Parte 1 - Agrotóxicos, Segurança Alimentar e Nutricional e Saúde. Carneiro FF,W Pignati, RM Rigotto, LGS Augusto, A Rizzolo, NMX Faria. VP Alexandre, K Friedrich, MSC Mello. Rio de Janeiro. 88pp
- Bernal S. J. and R. F. Medina. 2018. Agriculture sows pests: how crop domestication, hosts shifts and agricultural intensification can create insects pest from herbivores. ScienceDirect 26:xx-yy. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2018.01.008>
- Braman S.K., R.R. Duncan, W.W. Hanna and M.C. Engelke. 2004. Turfgrass Species and Cultivar Influences on Survival and Parasitism of Fall Armyworm. J. Econ. Entomol. 97(6): 1993-1998 (2004)
- Canas, L. A., and R. J. O'Neil. 1998. Applications of sugar solutions to maize, and the impact of natural enemies on Fall Armyworm. International Journal of Pest Management. 44: 59-64. <https://doi.org/10.1080/096708798228329>
- Candelaria, M. C. and Wilcken, C. F. 2014. *Palmistichus elaeisis* (Delvare & LaSalle, 1993) (Hymenoptera: Eulophidae), possible agent for the biological control of *Urbanus proteus* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Hesperidae) SHILAP Revista de Lepidopterología, vol. 42, núm. 167, pp. 379-383 Sociedad Hispano-Luso-Americana de Lepidopterología Madrid, España
- Carroll M.K., E.A. Schmelz, R.L. Meagher and P.A. Teal. 2006. Attraction of *Spodoptera frugiperda* Larvae to Volatiles from Herbivore-Damaged Maize Seedlings. J Chem Ecol 32: 1911–1924
- CASAFE (2011) Guía de Productos Fitosanitarios. 15° Edición. Cámara de Sanidad Agropecuaria y fertilizantes. 2000 pp.

- Casmuz A., M. L. Juárez, M. G. Socías, M. G. Murúa, S. Prieto, S. Medina, E. Willink y G. Gastaminza. 2010. Revisión de los hospederos del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Rev. Soc. Entomol. Argent. 69 (3-4): 209-231.
- Chaplin-Kramer, R., M. E. O'Rourke, E. J. Blitzer and C. Kremen. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. Ecology Letters. 14: 922-932. doi: 10.1111/j.1461-0248.2011.01642.x
- Clough Y., A. Holzshuh, G. Doreen, T. Purtauf, D. Kleijn, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter and T. Tscharntke. 2007. Alpha and beta diversity of arthropods and plants in organically and conventionally managed wheat fields. Journal of Applied Ecology 44, 804-812
- Day, R., Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotey, V., Cock, M., Colmenarez, Y., Corniani, N., Early, R., Godwin, J., Gomez, J., Gonzalez Moreno, P., Murphy, S.T., Oppong-Mensah, B., Phiri, N., Pratt, C., Silvestri, S. and Witt, A. (2017) Fall armyworm: impacts and implications for Africa. Outlooks on Pest Management 28(5), 196–201.
- Franin K., B. Baric and G. Kustera. 2016. The role of ecological infrastructure on beneficial arthropods in vineyards. Spanish Journal of Agricultural Research, Volume 14, Issue 1, e0303. <http://dx.doi.org/10.5424/sjar/2016141-7371>.
- Gliessman S.R., F.J. Rosado-May, C. Guadarrama-Zugasti, J. Jedlicka, A. Cohn, V.E. Mendez, R. Cohen, L. Trujillo, C. Bacon and R.Jaffe. 2007. Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. Revista Ecosistemas 16(1):13-23.
- Gliessman SR (2002) Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sustentable. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 359 pp.
- Greco N. M, N. E. Sánchez & P. C. Pereyra. 2002. Principios de manejo de plagas en una agricultura sustentable. En "AGROECOLOGIA: El camino hacia una

agricultura sustentable”. Ediciones Científicas Americanas, La Plata.  
Capítulo 13: 251-274

Hoballah M.E., T. Degen, D. Bergvinson, A. Savidan, C. Tamo, 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, issue 1, 83-88.

<https://doi.org/10.1080/09583150903308715>

Isenhour, D. J., R. C. Layton, and B. R. Wiseman. 1990. Potential of adult *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae) as a predator of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomophaga* 35: 269-275. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02374802>

Jeger M., C. Bragard, D. Caffier, T. Candresse, E. Chatzivassiliou, K. Dehnen-Schmutz, G. Gilioli, J. C. Gregoire, J. A. Jaques M., M. Navajas N., B. Niere, S. Parnell, R. Potting, T. Rafoss, V. Rossi, G. Urek, A. Van B., W. Van der W., J. West, S. Winter, C. Gardi, M. Aukhojee and A. MacLeod. 2017. Pest categorisation of *Spodoptera frugiperda*. *Scientific Opinion. EFSA Journal* 2017;15(7):4927. doi: 10.2903/j.efsa.2017.4927

Kruess A. and T. Tschardt. 2002. Grazing Intensity and the Diversity of Grasshoppers, Butterflies, and Trap-Nesting Bees and Wasps. *Conservation Biology*, Vol. 16, No. 6, (1570-1580).

Landis D. A., S. D. Wratten and G. M. Gurr. 2000. Hábitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agricultura. *Annu. Rev. Entomol.* 45:175–201

Letourneau D, Bothwell A, Stireman III J. 2012. Perennial habitat fragments, parasitoid diversity and parasitism in ephemeral crops. *Applied Ecology* 49(6): 1405-1416. doi: 10.1111/jpe.12001

- Letourneau D.K. 1998. Conservation Biology: Lessons for Conserving Natural Enemies, in Barbosa P, ed., Conservation Biological Control. San Diego: Academic Press.
- Letourneau D.K., M.A. Altieri. 1999. Chapter 14: Environmental Management to Enhance Biological Control in Agro- ecosystems, in Bellows TS, Fisher TW, eds., Handbook of Biological Control: Principles and Applications of Biological Control. San Diego: Academic Press: pp. 319–354.
- Letourneau D.K., S.G. Bothwell Allen, R.R. Kula, M.J. Sharkey, J.O. Stireman. 2015. Habitat eradication and cropland intensification may reduce parasitoid diversity and natural pest control services in annual crop fields. *Elementa: Science of the Anthropocene* 3:000069.
- Marshall E. J. P & A.C. Moonen. 2002. Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 89: 5-21.
- Martínez-Martínez, L., T. Martínez-Montaña, y E. Cruz-Sosa. 2009. Parasitismo de huevecillos de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en Oaxaca, México. *Entomol. Mex.* 8: 430-434.
- Menezes-Netto, A. C., A. Correa, and O. Aparecido. 2012. Maize-dwelling insects omnivory in *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 55: 97-100. ISSN 1516-8913
- Murúa, G., J. Molina-Ochoa y C. Coviella. 2006. Population dynamics of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and its parasitoids in northwestern Argentina. *Florida Entomologist* 89 (2):175-182.
- Olivera, J. 2001. Manejo Agroecológico del Predio. Guía de Planificación. 1era Edición. Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología: 121-130.

- Root R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* 43: 95-124.
- SAGARPA, s.f. Manual técnico de muestreo de productos agrícolas y fuentes de agua para la determinación de contaminantes microbiológicos.
- Sandoval M. C. 2017. Conocimiento ecológico tradicional asociado a la elaboración del Siaab g'ez, bebida tradicional de la comunidad zapoteca de Teotitlán del Valle, Oaxaca, México. Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona, España. Pp. 54.
- Sarandón S. J. 2011. Capítulo 2 La Agroecología: Su rol en el logro de una agricultura sustentable en Curso de Agroecología y Agricultura sustentable. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad Nacional de La Plata CC 31, 1900, La Plata, Argentina.
- Sarandón, S. J. y Flores, C.C. 2014. Agroecología: bases teóricas para el manejo de agroecosistemas sustentables. Universidad Nacional de la Plata. Buenos Aires Argentina. Pp. 467.
- Seagraves, M. P., and V. Yeargan, K. 2009. Importance of predation by *Coleomegilla maculata* larvae in the natural control of the corn in sweet corn. *Biocontrol Sci. Technol.* 19: 1067-1079.
- Stupino S. A., J. L. Frangi, S. J. Sarandón, M. F. Arturi & AC Ferreira. 2008. Plant diversity in two farm under organic and conventional management in La Plata, Argentina. A case study. *Revista Brasileira de Agroecología* 3 (3): 24-35.
- Stupino S. A., S. J. Sarandón & J.L. Frangi. 2011. El rol de la vegetación espontánea en sistemas hortícolas de La Plata, Argentina desde la percepción de los agricultores. *Cuadernos de Agroecología* 6 (2): 6pp.

Swift, M. J., M. N. Izac & M. V. Noordwijk. 2004. Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes are we asking the right questions? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104: 113–134.

Tilman, D., K. G. Cassman, P. A. Matson, R. Naylor and S. Polasky. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671–677.

Varella AC, Menezes-Netto AC, Alonso JDdS, Caixeta DF, Peterson RKD, Fernandes OA 2015 Mortality Dynamics of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Immatures in Maize. *PLoS ONE* 10(6):e0130437. Doi:10.1371/journal.pone.0130437

## ANEXO I

Huizache, se recomienda sembrarlo en los bordes de la parcela, porque sirve de refugio para los enemigos naturales, es resistente a la sequía y está adaptado a la región.



Figura 38. Huizache (*Vachellia farnesiana*)

Malezas en floración, se recomienda dejar algunas matas en la parcela como fuentes de alimentación y refugio para enemigos naturales.

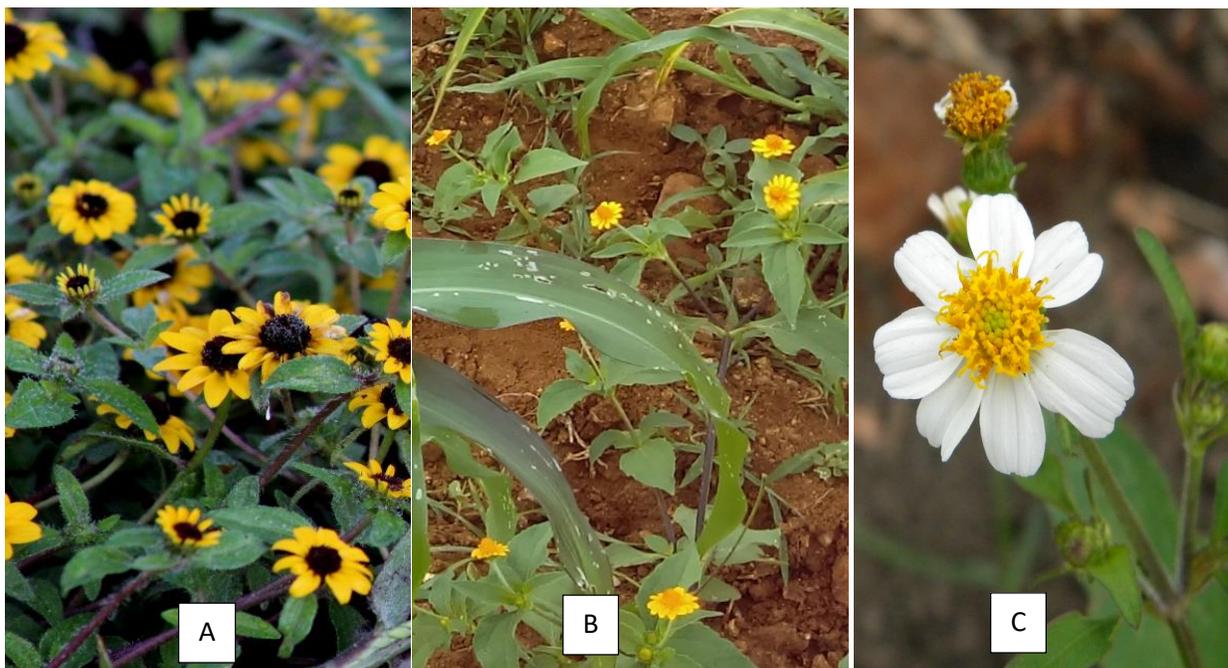


Figura 39. Malezas silvestres en floración, A) ojo de gallo (*Sanvitalia procumbens*), Rosa amarilla (*Melampodium divaricatum*), C) aceitillo (*Bidens pilosa*)