



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“EVALUACIÓN DEL PARASITOIDISMO EN EL GUSANO COGOLLERO
SPODOPTERA FRUGIPERDA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN TOLOSITA, MATÍAS
ROMERO AVENDAÑO, OAXACA”
TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PRESENTA
ARMANDO VÁSQUEZ RAMÍREZ**

**DIRECTOR DE TESIS
DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA**

**CO-DIRECTOR
DR. SERGIO CHÁZARO OLVERA
ASESOR
DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO
ASESOR
DRA. ISABEL ARACELI AMARO ESPEJO**

10 DE OCTUBRE DEL 2022

BOCA DEL RIO, VERACRUZ.





Boca del Río, Ver **26/SEPTIEMBRE/2022**

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

**ARMANDO VÁSQUEZ RAMÍREZ
PASANTE DEL PROGRAMA MAESTRÍA EN
CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL
PRESENTE**

De acuerdo con el fallo emitido por los integrantes del Comité Revisor de la **TESIS PARA OBTENCIÓN DE GRADO**, desarrollada por usted cuyo título es:

“EVALUACIÓN DEL PARASITOIDISMO EN EL GUSANO COGOLLERO SPODOPTERA FRUGIPERDA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN TOLOSITA, MATÍAS ROMERO AVENDAÑO, OAXACA”

Esta División de Estudios de Posgrado e Investigación le concede **AUTORIZACIÓN** para que proceda a su impresión.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica®
Por nuestros mares responderemos*

**DR. JUAN DAVID GARAY MARIN
JEFE DE LA DIVISION DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**



c.c.p. Coordinación del Programa MCIAMB
c.c.p. Expediente



ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

Número Registro: A-012025-110221

En la ciudad de Boca del Río, Ver., siendo las 10:00 horas del día 2 del mes de octubre de 2022 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Consejo del Posgrado de la Maestría en Ciencias en Ingeniería Ambiental del ITBOCA, para examinar la Tesis de Grado titulada:

“EVALUACIÓN DEL PARASITOIDISMO EN EL GUSANO COGOLLERO SPODOPTERA FRUGIPERDA DEL CULTIVO DE MAÍZ EN TOLOSITA, MATÍAS ROMERO AVENDAÑO, OAXACA”

Que presenta el (la) alumno(a):

ARMANDO VÁSQUEZ RAMÍREZ
Aspirante al Grado de:

Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental

Después de escuchar las opiniones sobre el documento escrito e intercambiar puntos de vista, los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes para su defensa ante el jurado correspondiente.

LA COMISIÓN REVISORA:



DR. JESÚS MONTOYA MENDOZA
Director



DR. SERGIO CHÁZARO OLVERA
Co-Director



DRA. FABIOLA LANGO REYNOSO
Asesor



DRA. ISABEL ARACELI AMARO ESPEJO
Asesor



Instituto Tecnológico de Boca del Río

Boca del Río, Veracruz, 10/octubre/2022

Asunto: **CESION DE DERECHOS Y NO PLAGIO**

H. CONSEJO DE POSGRADO

PROGRAMA DE POSGRADO MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA AMBIENTAL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO/ INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RÍO PRESENTE

En la Ciudad de Veracruz, Veracruz a los 10 días del mes octubre de 2022. El que suscribe Armando Vasquez Ramírez por mi propio derecho y en calidad de autor de la tesis titulada: **EVALUACIÓN DEL PARASITOIDISMO EN EL GUSANO COGOLLERO SPODOPTERA FRUGIPERDA EN EL CULTIVO DE MAÍZ EN TOLOSITA, MATÍAS ROMERO AVENDAÑO, OAXACA** (en lo sucesivo la “TESIS”) manifiesto que cedo a título gratuito la totalidad de los derechos patrimoniales de autor que sobre ella me corresponden, a favor del Tecnológico Nacional de México (en lo sucesivo el “TecNM”). Lo anterior en términos de los antecedentes y consideraciones siguientes:

- I. Que la presente cesión de derechos de la “TESIS” se transfiere en virtud de lo estipulado en los establecido en los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Tecnológico Nacional de México, sin reservarme acción legal de ningún tipo.
- II. Manifiesto bajo protesta de decir verdad, que la “TESIS” es original, inédita y propia, no existiendo impedimento de ninguna naturaleza para la cesión de derechos que se está haciendo, respondiendo además por cualquier acción de reivindicación, plagio u otra clase de reclamación que al respecto pudiera sobrevenir.
- III. Que la titularidad de derechos de autor de la “TESIS” en términos del artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor (reproducción, en todas sus modalidades, transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de explotación que de la “TESIS” se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer, son propiedad única y exclusiva del “TecNM”, adquiriendo el derecho de reproducción en todas sus modalidades, el derecho de transformación o adaptación, comunicación pública, distribución y en general cualquier tipo de uso que de la “TESIS” se pueda realizar por cualquier medio conocido o por conocer. La cesión de derechos se realiza con carácter permanente e irrevocable.
- IV. El TecNM podrá exhibir la “TESIS” a través de cualquier medio, en cualquier parte del mundo, incluso ser modificada, comprendida, traducida y de cualquier forma explotada en su totalidad o parcialidad.
- V. Que no he otorgado, ni otorgaré por ningún motivo, consentimiento alguno para la utilización de la “TESIS” por cualquier medio y su materialización en productos o servicios de cualquier naturaleza, a favor de ninguna persona física o moral, distinta a el “TecNM”.



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.
Tel. (229) 690 5010 dir01_bdelrio@tecnm.mx | tecnm.mx | bdelrio.tecnm.mx





VI. Estoy enterado del contenido y alcance legal de la presente cesión de derechos, firmando al final del presente documento para su certificación.

Señalo como correo electrónico para recibir futuras notificaciones: **m20990712@bdelrio.tecnm.mx**

Agradeciendo de antemano sus atenciones, le envío un cordial saludo

ATENTAMENTE

Armando Vasquez Ramírez

NOMBRE Y FIRMA DEL ESTUDIANTE MAESTRIA

c.c.p. Archivo



Km. 12 Carretera Veracruz-Córdoba, Boca del Río, Ver. C.P. 94290.
Tel. (229) 690 5010 dir01_bdelrio@tecnm.mx | technm.mx | bdelrio.tecnm.mx



2022 Flores
Año de Magón
PRECURSOR DE LA REVOLUCIÓN MEXICANA

DEDICATORIAS

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño. A ti DIOS que me diste la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa. A mi amada esposa Celene Racilla Osorno, a mis hijas (o) Claudia Estefanía Vasquez Racilla, Ariadne Vasquez Racilla, Inda Xany Vasquez Racilla, Ethan Vasquez Racilla.

Con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. A ti Armando Vasquez Juárez y Paula Ramírez Ruiz. A mis Hermanas (os) Sara de Jesús Vasquez Ramírez, Fredy Alberto Vasquez Ramírez, Isidro Vasquez Ramírez y Azucena Vasquez Ramírez, por creer en mi capacidad, a pesar de los momentos difíciles siempre he contado con Ustedes.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados que nos dejaron esta Pandemia del SAR-COV2, quienes sin nada a cambio compartieron su conocimiento y experiencias, permitiendo lograr este sueño se haga realidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Dr. Jesús Montoya Mendoza, Dr. Sergio Cházaro Olvera, Dra. Fabiola Lango Reynoso y Dra. Isabel Araceli Amaro Espejo. Por brindarme su apoyo para realizar mi maestría, como sus aportes en la estructuración y observaciones del proyecto, a los docentes que participaron en la enseñanza durante y después de la maestría, a mi amigo Ing. Omar Nuñez Peñaloza quien me apoyo en la fase de recolección de muestras en campo, a los productores del ejido Tolosita por darme la oportunidad y el tiempo de obtener información en sus parcelas para este trabajo de investigación

Agradezco especialmente a toda mi familia por el tiempo y trabajo que desarrollo durante este proceso.

ARMANDO

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
III. JUSTIFICACIÓN	8
IV. PROBLEMATICA.....	10
V. PREGUNTA DE INVESTIGACION	12
VI. HIPÓTESIS.....	12
VII. OBJETIVOS.....	12
7.1. Objetivo general	12
7.2. Objetivos particulares.....	12
VIII. MARCO TEÒRICO	13
8.1 Cultivo de Maíz (Zea mays L).	14
8.1.1 Fenología y características de la planta del maíz	15
Importancia del maíz.....	18
Variedades de maíz	20
Plagas del maíz	22
Taxonomía:	25
Control químico	25
Control cultural:.....	26
Control biológico	26
El control biológico.....	31
Control químico.....	32
La rotación de cultivos	32
Uso de Agroquímicos y su Impacto Ambiental.....	32
Parasitoides	36
Plaguicidas.....	43

Diversidad de especies	46
Métodos de evaluación de enemigos naturales	46
IX. MATERIALES Y MÉTODOS	48
9.1 Selección del área de estudio.....	48
9.2. Recolección de larvas.....	49
Clasificación e identificación de información recolectada y análisis.....	51
Emergencia de parasitoides.....	51
Identificación de parasitoides.....	52
Análisis de diversidad de especies de parasitoides	52
Niveles de parasitismo de Spodoptera frugiperda en campo	54
X. RESULTADOS.....	55
10.1 Especies de parasitoides de Spodoptera frugiperda.....	55
Diversidad de especies	58
Proporción de especies de parasitoides por sitio de muestreo	60
CONCLUSIONES.....	63
BIBLIOGRAFIA	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Localidad de Tolosita, Matías Romero, Oaxaca, Google Maps.	13
Figura 2.- Fenología y características de la planta del maíz.	15
Figura 3.- Estados vegetativos y reproductivos del maíz.....	16
Figura 4.- Fechas de siembra y desarrollo fenológico del cultivo de maíz por semana.	18
Figura 5.- Artrópodos registrados con resistencia a plaguicidas, de 1908 a 1990.	34
Figura 6.- Diagrama de “la espiral del veneno” (Tomado de Bejarano, 20002).	36
Figura 7.- Ciclo de vida hipotético de un endoparásitoide solitario.	39
Figura 8. Regulación de plaguicidas en México.	45
Figura 9.- Proporción de especies parasitoides asociados a <i>Spodoptera frugiperda</i> en la Parcela 1 en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.	60
Figura 10.- Proporción de especies parasitoides asociados a <i>Spodoptera frugiperda</i> en la Parcela 2 en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.	61
Figura 11.- Proporción de especies parasitoides asociados a <i>Spodoptera frugiperda</i> en la Parcela 3 en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.	62
Figura 12.- Mapa de Ubicación del Ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.	74
Figura 13.- Mapa de temperatura de superficie tierra del ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.	75
Figura 14.- Mapa de uso de suelo y vegetación del ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.	76
Figura 15. Cuestionario de Entrevista a Productores de Maíz.....	77
Figura 16. Resultados de encuesta a productores en el uso de herbicidas.	78
Figura 17. Resultados de encuesta a productores en el uso de plaguicidas.	79

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.- Parcelas del ejido Tolosita donde se llevó el muestreo de recolección de datos.....	48
Ilustración 2.- Parcela 1 Toma o recolección de muestras de larvas.	49
Ilustración 3.- Parcela 2 toma de muestra o recolección de larvas.	50
Ilustración 4.- Parcela 3 toma de muestra o recolección de larvas.	50
Ilustración 5.- Cuidado, manejo y control de las muestras de larvas.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Clasificación de colores para el registro de investigación de muestras.....	51
Tabla 2.- Datos en campo de colecta de larvas.	55
Tabla 3. Datos Generales de resultados de sistematización de información.	55
Tabla 4. Resultados de monitoreo de Larvas.	56
Tabla 5. Resultados en la Parcela 1 sin uso de plaguicidas y sin herbicidas.....	56
Tabla 6. Resultados en la Parcela 2 con solo uso de plaguicida.....	56
Tabla 7. Resultados en la Parcela 3 Con uso de plaguicida y uso de herbicida.	57
Tabla 8. Parasitoides de <i>Spodoptera frugiperda</i> en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.....	57
Tabla 9. Diversidad de especies y análisis de datos.	58

RESUMEN

Analizar riqueza y diversidad de especies de parasitoides del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* de cultivos de maíz es muy importante ya que nos permite tomar una buena decisión en la aplicación de plaguicidas en un ecosistema del sector productivo. Mismo que el Ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, se estudio el registro 300 muestras de larvas agrupadas en tres parcelas, una vez recolectados todos los datos en campo se clasificaron de acuerdo a un color para su identificación de riqueza, diversidad y dominancia. De acuerdo a las abundancias relativas de las diferentes etapas metamórficas de las larvas de gusano cogollero se observó lo siguiente: **Parcela 1.-** Mostro que el 61 de los individuos de palomillas adultas fueron las que predominaron, de acuerdo a la incidencia de parasitoides se encontró una sola especie distribuida del orden díptera (moscas) familia Tachinidae del genero *Archytas spp.* **Parcela 2.-** Mostro mayor cantidad de palomillas adultas de un total de 54 de ellas, como la incidencia de 2 especies distribuidas en distribuidos en dos órdenes, del orden dípteras (moscas) familia Tachinidae del genero *Archytas spp.* Del orden Hymenoptera (avispa) familia Braconidae del genero *Chelonus spp.* Y en la **Parcela 3.** Mostro la incidencia de palomillas adultas es de 66 de ellas, la incidencia de parasitoides se encontró una sola especie distribuida del orden díptera (moscas) familia Tachinidae del genero *Archytas spp.*

Resumen se encontraron 2 especies de parasitoides, distribuidos en dos órdenes. Del orden dípteras (moscas) familia Tachinidae del genero *Archytas spp.* Del orden Hymenoptera (avispa) familia Braconidae del genero *Chelonus spp.* La familia con más especies de parasitoides fue Tachinidae.

PALABRAS CLAVE: maíz, parasitoidismo, gusano cogollero, incidencia, especies, riqueza, diversidad y dominancia.

ABSTRACT

Analyzing the richness and diversity of parasitoid species of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in maize crops is very important since it allows us to make a good decision in the application of pesticides in an ecosystem of the productive sector. Same as Ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, 300 samples of larvae grouped in three plots were studied, once all the data was collected in the field, they were classified according to a color for their identification of richness, diversity and dominance. According to the relative abundances of the different metamorphic stages of the fall armyworm larvae, the following was observed: Plot 1.- Showed that 61 of the adult moth individuals were the ones that predominated, according to the incidence of parasitoids it was found a single distributed species of the order Diptera (flies) family Tachinidae of the genus *Archytas* spp. Plot 2.- Showed a greater number of adult moths out of a total of 54 of them, such as the incidence of 2 species distributed in distributed in two orders, of the order Diptera (flies) family Tachinidae of the genus *Archytas* spp. From the order Hymenoptera (wasp) family Braconidae of the genus *Chelonus* spp. And in Plot 3. I showed the incidence of adult moths is 66 of them, the incidence of parasitoids was found a single distributed species of the order Diptera (flies) family Tachinidae of the genus *Archytas* spp.

Summary 2 species of parasitoids were found, distributed in two orders. From the order Diptera (flies) family Tachinidae of the genus *Archytas* spp. From the order Hymenoptera (wasp) family Braconidae of the genus *Chelonus* spp. The family with more species of parasitoids was Tachinidae.

KEY WORDS: corn, parasitoidism, fall armyworm, incidence, species, richness, diversity and dominance.

I. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays, L*) es un cultivo muy remoto de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América Central. Hoy día su cultivo está muy diseminado por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada. EEUU es otro de los países que destaca por su alta concentración en el cultivo de maíz. Su origen no está muy claro, pero se considera que pertenece a un cultivo de la zona de México, pues sus hallazgos más antiguos se encontraron allí (Socorro, 1989).

A nivel mundial, se cultivan más de 140 millones de hectáreas, con una producción anual de más de 800 millones de toneladas por lo que, actualmente, es la especie más cultivada después del trigo, mientras que el arroz ocupa el tercer lugar (FAO, 2012).

El maíz es el principal cultivo en México con 7'143, 101 ha sembradas anualmente, 77.4% en condiciones de temporal y 22.6% bajo riego, con producciones promedio de 2.24 y 8.9 ton/ha, respectivamente. En Oaxaca se siembran 497,687 ha anualmente, 93.3% en temporal y 6.7% bajo riego, con una producción estatal promedio de 1.33 y 2.58 ton/ha, respectivamente (SIAP., 2020). En referencia a la superficie estatal de maíz, 64.3% corresponde a siembras del trópico y subtrópico, regiones donde se ha observado daño severo por *Spodoptera frugiperda*, y también donde más insecticidas se aplican para su control, con los correspondientes daños al ambiente y generación de poblaciones resistentes.

En México se reconocen entre 59 y 64 razas de maíz en función de los criterios y formas de clasificación, y las características que las diferencian son la adaptación a nichos y micronichos particulares y las formas de uso regionales (Sanchez *et al.*,

2000; Kato-Yamakake *et al.*, 2009; Perales, 2014). Por ejemplo, entre las razas oaxaqueñas de maíz sobresalen Bolita para la preparación de tlayudas y tejate, Zapalote Chico para totopos, Cónico y Chalqueño para preparar totopos Mixtecos, y así sucesivamente para los casos de Tepecintle, Vandeño, Serrano Mixe, Conejo, Mushito y otros, donde se asocia su distribución regional con sus formas de uso o biocultura (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

El maíz es el cultivo más importante para los Oaxaqueños. Desde tiempos inmemoriales ha formado parte de la cultura y es base esencial de la alimentación de los diferentes grupos indígenas del estado. El maíz, junto con el frijol y la calabaza aportan alrededor del 75 % de la ingesta de calorías de los campesinos. Oaxaca posee una alta variación genética en el cultivo del maíz por la situación geográfica en la que se ubica, alta variación climática, topografía variada, diferentes tipos de suelos, facilidad de entrecruzamiento de ésta especie y principalmente al gran número de grupos étnicos que han formado diferentes variedades criollas mediante selección a través de miles de años. Actualmente, la mayoría de los agricultores siguen basando su producción en la utilización de variedades locales y siguen aplicado técnicas tradicionales de cultivo. El 90 % de la superficie sembrada con maíz se realiza con variedades criollas seleccionadas por los propios productores (Aragón *et al.*, 2005), 7 % con variedades mejoradas de polinización libre y 3 % con híbridos.

El ProAgro (antes PROCAMPO) apoya a 179,641 productores y 428,832 ha en el cultivo de Maíz en las regiones más importantes como son: Istmo, Mixteca, Valles Centrales y Costa (Gobierno de Oaxaca, 2015). De las ocho regiones de Oaxaca, son tres Regiones las que destacan por la cantidad de superficie que se destina a la siembra de maíz son: Valles Centrales con 21%, Mixteca con el 19.06% y Sierra Sur con el 13.43%, que representan el 53.49 % del total de la superficie sembrada de maíz en la entidad en el año 2014 (SIAP, 2014).

Por otra parte, es importante mencionar que el principal método de control de insectos plaga son los insecticidas químicos (Pérez-Agis *et al.*, 2004; González-

Maldonado *et al.*, 2015). Los efectos que posee la aplicación de productos químicos sobre los sistemas de producción agrícola han sido adaptados efectivamente, siendo una estrategia de amplio espectro y de acción rápida (Reséndiz *et al.*, 2016).

El combate de *S. frugiperda* se realiza principalmente utilizando productos químicos, lo que eleva los costos de producción, se favorece la resistencia de la plaga a estos productos (Valdés, 1994), además afecta la fauna benéfica presente en el cultivo, lo que provoca la aparición de plagas secundarias.

Esto último ha favorecido a la contaminación con diversos efectos en el ambiente, provocando eliminación de enemigos naturales e inclusive intoxicación a la salud humana (Troyo-Diéquez *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2015) y además de ocasionar resistencia en plagas; ejemplo de esto último es la provocada por carbamatos y piretroides a *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) (León-García *et al.*, 2012). Es importante resaltar, que los efectos adversos ocasionados por la aplicación de insecticidas químicos son debido al uso irracional con el que se utilizan, ya que, no se consideran los niveles de infestación por los insectos plaga (Cano *et al.*, 2004).

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

Considerando lo anterior y la importancia, se plantea el presente trabajo con el objetivo de comparar la diversidad de las especies de parasitoides del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) del cultivo de maíz en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

II. ANTECEDENTES

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

El gusano cogollero del maíz *S. frugiperda* se tiene evidencias que es una plaga de insectos que afecta a más de 80 especies de plantas y es un problema, ya que se ha reportado que en las regiones tropicales, las pérdidas en este cultivo ascienden hasta en un 40% (García-Lara y Bergvinson, 2007). Es nativo de las regiones tropicales y subtropicales de las Américas. Durante la fase larval es cuando el insecto causa los mayores daños. Como consecuencia la tasa de reproducción del gusano cogollero del maíz es de varias generaciones por año, y la polilla puede volar hasta 100 km por noche con las condiciones aptas para completar su ciclo de vida (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura ONU, 2017).

En distintas regiones del país se ha detectado la actividad de varias especies parasitoides de *S. frugiperda*. Así tenemos que (Cortez, 1993) encontraron en el estado de Tabasco las especies: *Chelonus* sp., *Euplectrus* sp., *Eiphosoma* sp. En Michoacán (León R., 1994.) encontraron a los parasitoides: *Campoletis* sp., *Eutanyarca* sp., *Stenichneumon* sp., *Spilochalcis* sp. y dos especies de la familia *Tachinidae*. Martínez-Martínez *et al.* (1998) reportan para el Estado de Morelos las especies de parasitoides siguientes: *Chelonus insulares*, *Campoletis* sp. y *Pristomerus spinator* (Molina-Ochoa *et al.*, 2001) encontraron en los estados de Michoacán, Colima, Jalisco y Tamaulipas, las especies: *Ophion flavidus*, *Campoletis*

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

El género *Spodoptera* spp., se encuentra presente en todas las regiones agrícolas del mundo, sin embargo, *S. frugiperda* es una especie de distribución americana, desde el sureste de Canadá hasta Chile y Argentina, incluyendo también todas las islas del Caribe. Esta especie es reconocida como la plaga americana más importante de las regiones tropicales y subtropicales ya que en estas zonas el insecto completa todos sus estados de desarrollo en forma continua a lo largo del año. En las zonas templadas y frías se comporta como una plaga estacional, no sobreviven los fríos invernales dado que carecen de mecanismos de diapausa (Casmuz *et al.*, 2010).

La FAO (2017), como la Organización de las Naciones Unidas de la Alimentación y la Agricultura, está trabajando de manera coordinada con todos los Estados

Miembros con la finalidad de concientizar y recomendar a los productores adopten medidas, en particular, el uso eficiente de plaguicidas eficaces y al mismo tiempo que tengan mínimo riesgo para los seres humanos y sobre todo amigable para el medio ambiente.

En el estado de Nayarit se llevó la investigación para conocer los parasitoides del gusano cogollero que se encuentra de manera natural como algunos de los insecticidas más usados por los productores en esta región. Donde se encontraron seis nuevas especies como parasitoides de larvas de gusano cogollero. En relación al efecto de los insecticidas se utilizaron cuatro tipos spinotoram, cipermetrina, clorpirifos etil y metomilo se demostró que estos insecticidas no ejercen control sobre el gusano cogollero.

En Durango no se han realizado estudios que permitan conocer la problemática la diversidad de parasitoides del gusano cogollero del maíz, mismo que han realizados trabajos para identificar a las principales especies que parasitan al gusano cogollero y estimar el nivel de parasitismo natural en una región productora de maíz en el Estado.

En Manabí ubicada en Cantón Bolívar se realizó una investigación en el año 2011 para estudiar el manejo del gusano cogollero en el cultivo de maíz. Utilizando Larvin 80 con ingrediente activo Thiodicar en porcentaje de dilución (5%, 10% y 15%) (Castro-Santana, 2012).

En Sinaloa, para el control de gusano cogollero se recurre exclusivamente a insecticidas químicos sintéticos de amplio espectro, con más de veinticinco años en el mercado (Cortez *et al.*, 2006), con lo que se provoca elevada contaminación ambiental con múltiples efectos negativos y en ocasiones sin obtener el control deseado sobre la plaga.

En el estado de Oaxaca no se han realizado estudios que permitan conocer la diversidad de parasitoides de gusano cogollero presentes en la región y los niveles de parasitismo en el campo agrícola por diferentes especies de parasitoides.

III. JUSTIFICACIÓN

El maíz es un cultivo de gran importancia económica, social y cultural para México, con una superficie cosechada de 5 millones 927 mil 927.70 (ha) (SIAP, 2016). Al igual que muchos cultivos es atacado por diferentes plagas (Ozores-Hampton *et al.*, 2014), de las cuales, una de las más graves es el gusano cogollero *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) (Nuessly *et al.* 2007). Este fitófago ha sido controlado principalmente mediante insecticidas, pero, debido a la creciente necesidad de una agricultura sostenible, el control biológico mediante el uso de parasitoides, ha adquirido importancia en los programas de manejo de plagas agrícolas (Maciel y Araiza, 2015).

Así como las grandes cantidades de agroquímicos empleados para el control de diversas especies de insectos plaga, por lo que se ha observado esta problemática con la opción de darle un valor agregado al utilizar alternativas no convencionales como el control biológico, al ser considerados como un cultivo orgánico, libre de productos químicos (Duarte, 2012).

Además, cuando se realizan las aplicaciones químicas indiscriminadas, provocan que existan organismos resistentes y su reproducción se ve incrementada (Murguido y Elizondo, 2007). Los modelos de predicción se utilizan como pronóstico, para después llevar a cabo un método de control óptimo; tomando en cuenta la relación entre la presencia de la plaga, fenología del cultivo y temperatura como un factor importante (Valdez-Torres *et al.*, 2010).

Las condiciones ambientales tienen una influencia importante en el crecimiento poblacional de las plagas (Reséndiz *et al.*, 2016). Por otra parte, se conoce que el cambio climático provoca la alteración en la distribución, la incidencia y la intensidad de plagas (Grageda *et al.*, 2014), por ello se consideran que es importante predecir la relación que existen entre la etapa fenológica del cultivo y la plaga (Méndez y

Gonzalez, 2014). Por otra parte, un factor que interviene en la presencia y abundancia para que el insecto plaga tenga presencia con las siembras de monocultivo (Cortez-Mondaca *et al.*, 2012).

IV. PROBLEMATICA

Los agricultores ejercen prácticas monótonas en el cultivo del maíz y siembra el producto sin visionar mayor productividad que las que ha tenido en los últimos tiempos, es decir deficientes. Estas prácticas la realizan por no tener conocimiento técnico del cultivo de esta gramínea, así como del control de la plaga investigada y es ahí donde se actuará para que los agricultores involucrados a través de los aportes del presente estudio puedan detectar al gusano cogollero y con esto aumentar la productividad en sus cultivos. A nivel mundial el cultivo de maíz, es uno de los cereales más consumidos de la canasta básica primordial de la dieta de la población en general donde la mayor parte se utiliza para el autoconsumo en una menor proporción para su venta. Sin embargo, este cultivo no solo es amenazado por el gusano cogollero sino también por las plagas cuando es almacenado ya que no se cuenta con las condiciones ambientales para su conservación. El uso inadecuado de es las sustancias químicas deriva el desarrollo de resistencia de la plaga, resurgimiento de las poblaciones tratadas, destrucción de organismos benéficos, problemas de contaminación, entre otros (Badii y Abreu, 2006),

El exceso de los insecticidas hoy en día ha causado una preocupación no solo a que los productores sino también al costo elevado para su tratamiento contra las plagas afectando la economía y bajo rendimiento en la producción del producto donde se reporta que el maíz es dañado por más de 70 especies de insectos plaga (Turrent *et al.*, 2010). El gusano cogollero es una plaga produce daños en la hoja causando el retardo del desarrollo del cultivo a la que lleva a pérdidas económicas en la producción, cuya incidencia de la plaga ha sido en un 15 a 50 % en los valles de la Provincia de Acobamba-Huancavelica (SENASA, 2012). En Brasil se reportan cuatro millones de toneladas al año mientras en México esta es de un millón, afectando la economía del productor (Daniela, 2004).

Por la falta de asesoría a los productores en el cultivo de maíz, se han incrementado el uso de agroquímicos e insecticidas, ya que la principal forma de manejo de la plaga del gusano cogollero es mediante el uso de moléculas químicas, mejor conocidas como insecticidas, que controlan el manejo de esta plaga y en diversas ocasiones se llegan a requerir de más de una aplicación por ciclo para su control esto debido que se van haciendo más resistente a los químicos porque no existe una rotación de cultivos (Bahena *et al.*, 2010)

La agricultura orgánica promueve el equilibrio entre el desarrollo agrícola y los componentes del agroecosistema, los plaguicidas botánicos respetan este principio, porque además de tener efecto sobre las plagas, sus componentes se descomponen rápidamente en el ambiente y no causan resistencia (Nava-Pérez *et al.*, 2012). Las diferentes actividades un mal manejo en el sistema productivo esto ha favorecido a la contaminación con diversos efectos en el ambiente, provocando eliminación de enemigos naturales e inclusive intoxicación a la salud humana (Troyo-Diéguez *et al.*, 2006; Santos *et al.*, 2015) sin considerar el monocultivo lo que provoca alteraciones al ecosistema, capa de ozono y la degradación de los suelos, como la eliminación de los microorganismos vivos por una mala actividad de manejo del sistema. Así como control basado con productos químicos que en su mayoría son utilizados sin tomar en cuenta las recomendaciones para su uso, causando toxicidad tanto a la semilla como a las plántulas y con frecuencia conducen a problemas de resistencia, contaminación del medio ambiente y el sistema ecológico.

V. PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Cuál sera la riqueza y diversidad de los parasitoides en gusano cogollero, *Spodoptera frugiperda* de los cultivos de maíz, asociado a los tipos de insecticidas que aplican en parcelas de Tolosita, Matias Romero Avendaño, Oaxaca?

VI. HIPÓTESIS

Esperamos registrar diferencias en la diversidad de especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en los cultivos de maíz de Tolosita, Matías Romero Avendaño, respecto a las condiciones del cultivo.

VII. OBJETIVOS

7.1. Objetivo general

Comparar la diversidad de las especies de parasitoides del gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* del cultivo de maíz en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

7.2. Objetivos particulares

Analizar la presencia-ausencia de especies de parasitoides en los cultivos de maíz respecto al tipo de insecticida.

Analizar la prevalencia de las especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en un ciclo de cultivo del maíz en parcelas de Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

Analizar si las especies de parasitoides de mayor prevalencia se pueden proponer como alternativa en control biológico de la plaga.

VIII. MARCO TEÓRICO

El estudio se llevó a cabo en la localidad de Tolosita está situada al Norte del Istmo de Tehuantepec en las Coordenadas Geográficas: 95´ 03” Longitud Oeste, 17´ 24” Latitud Norte, está a 60 msnm. Colindad con: Al Norte comunidad de Donaji, Al Sur con Palomares, Al Este con Juno y Propiedades, Al Oeste con Palomares y algunas propiedades. En la región hay un clima Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (92.05%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (6.36%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (1.59%) con un Rango de temperatura 24 – 26°C, un Rango de precipitación 1 200 – 3 000 mm, con tipos de suelos como Luvisol (73.11%), Fluvisol (7.65%), Regosol (7.19%), Acrisol (3.52%), Cambisol (3.40%), Phaeozem (1.75%), Umbrisol (1.54%), Vertisol (0.56%) y Leptosol (0.45%), una Región hidrológica Coatzacoalcos, Cuenca R. Coatzacoalcos y Subcuenca R. Palo Grande (32.44%), R. Coatzacoalcos (28.21%), R. Tolosa (18.72%), R. Jaltepec (14.02%) y R. Chachijapa (6.61%).

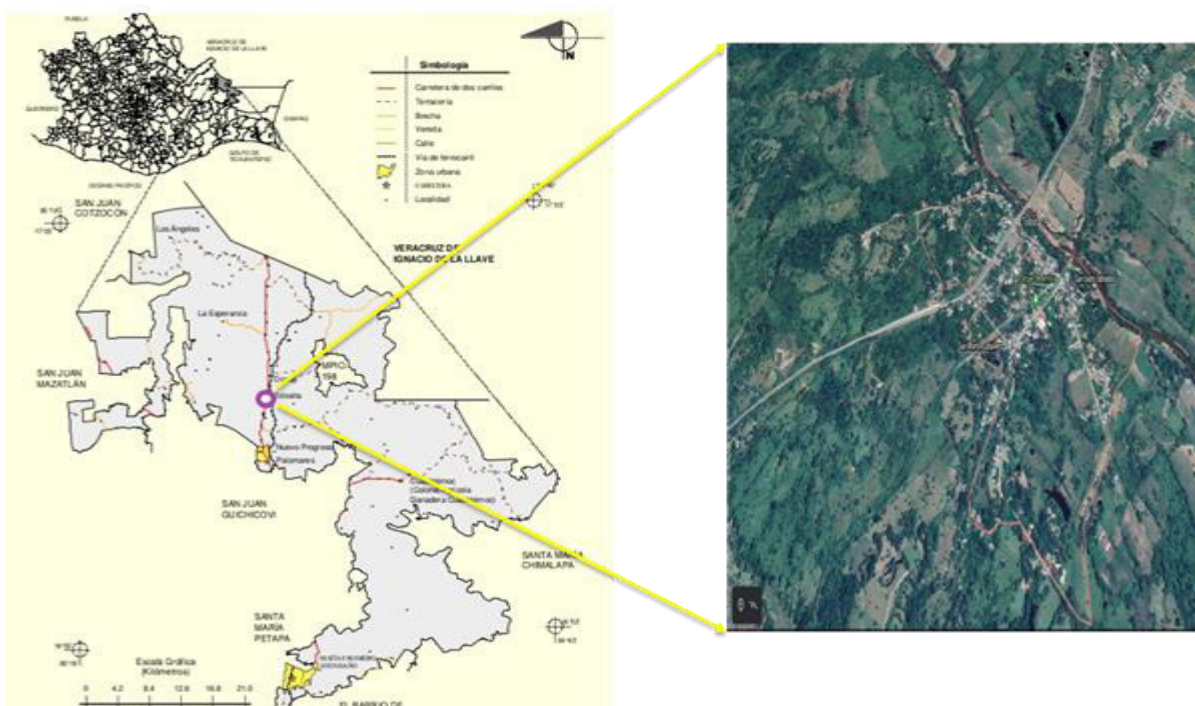


Figura 1.- Localidad de Tolosita, Matías Romero, Oaxaca, Google Maps.

8.1 Cultivo de Maíz (*Zea mays L.*)

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas del género *Zea*.

La planta del maíz es de ciclo anual que se reproduce mediante la polinización cruzada; de porte robusto, tallos resistentes y erectos, que pueden alcanzar los dos metros y medio hasta los 4 metros de altura, está compuesto por tres capas (una epidermis, una pared vegetal y medula la cual al corte transversal es esponjosa) no presenta ramificaciones, se asemeja a una caña de azúcar, pero sin los entrenudos. Inflorescencia del maíz es monoica con flores masculinas y femeninas separadas, pero dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina presenta una panícula (coloquialmente conocida como espiga) es de color amarilla que posee el polen, consisten en un eje central y ramas laterales en cada flor que compone la panícula, se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen.

En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido en granos de polen, alrededor de los 800 o 1000 granos y se forman en unas estructuras vegetativas denominadas espádices que se disponen de forma lateral llamadas mazorcas, son espigas cilíndricas dotadas de flores en hileras paralelas, provistas de ovarios en los que el polen germina, produciéndose así las semillas o granos que, al estar maduros, adquieren una textura bulbosa y coloración uniforme, siendo comestibles. Cada grano de maíz en una mazorca es un fruto totalmente independiente, insertado en un eje o raquis cilíndrico, conocido como olote. A estos granos se les llama cariósipos y pueden variar en su número y dimensiones, según la especie, creciendo en hileras a lo largo de la mazorca. Por lo general en un número variable de 12 a 16 hileras con 300 a 1000 granos. Su color estándar una vez alcanzada la madurez oscila entre blanco y amarillo, pudiendo ser también violáceo o rojo en algunas especies. Las hojas del maíz son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presenta vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes de color verde, el número de hojas varía entre 8 y 25. Las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen

unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias (Guacho-Abarca, 2014).

El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. El cultivo del maíz es de régimen anual. Su ciclo vegetativo, desde la siembra hasta la cosecha, oscila entre 80 y 200 días, desde la siembra hasta la cosecha (Parsons, 2008). La estructura del maíz está constituida por tallo, hojas, sistema radicular (raíz principal, raíces adventicias, de sostén y aéreas), inflorescencia masculina (espiga o panoja) y la inflorescencia pistilada (femenina) (Parsons, 2008). La forma de crecimiento, desarrollo y fisiología del maíz están determinadas en parte, por el factor genético y las condiciones ambientales (Parsons, 2008).

8.1.1 Fenología y características de la planta del maíz

Nombre común: Maíz

Nombre científico: *Zea mays*

Familia: Gramíneas

Género: *Zea*

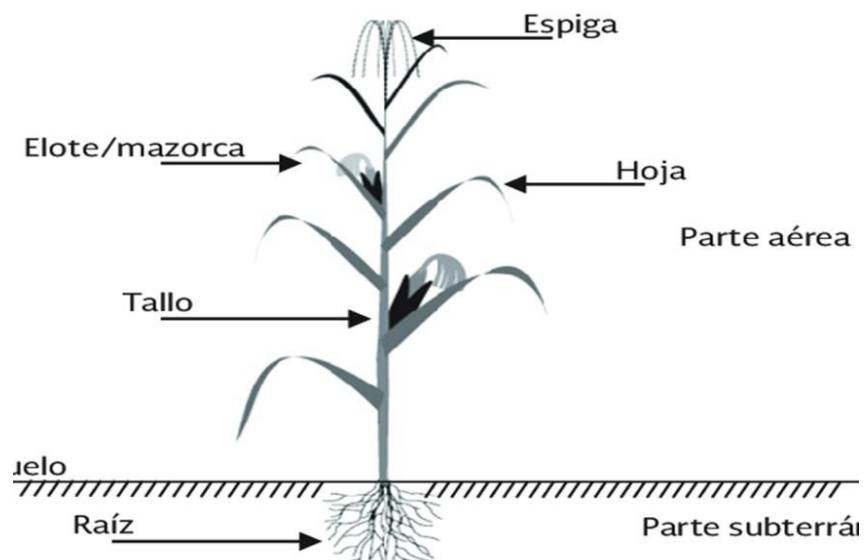


Figura 2.- Fenología y características de la planta del maíz.

<u>ESTADOS VEGETATIVOS</u>	<u>ESTADOS REPRODUCTIVOS</u>
VE emergencia	R1 sedas
V1 primera hoja	R2 ampolla
V2 segunda hoja	R3 Grano lechoso
V3 tercera hoja	R4 Grano pastoso
V(n) enésima hoja	R5 Dentado
VT Panoja	R6 Madurez Fisiológica

Figura 3.- Estados vegetativos y reproductivos del maíz.

Su desarrollo se divide en dos etapas o fases fisiológicas, en la primera etapa llamada vegetativa se desarrollan y diferencian distintos tejidos, hasta la aparición de las estructuras florales, esta etapa consta de dos ciclos, en el primero se forman las primeras hojas y su desarrollo es ascendente, este ciclo finaliza con la diferenciación tisular de los órganos de reproducción, en el segundo ciclo se desarrollan las hojas y los órganos de reproducción y finaliza con la emisión de los estigmas. La segunda fase denominada de reproducción se inicia con la fertilización de las estructuras femeninas que se diferenciarán en espigas y granos, la fase inicial de esta fase se caracteriza por el incremento de peso de las hojas y otras partes de la flor (SAGARPA, 2014).

Fenología del maíz

Dentro del desarrollo de los estados fenológicos del maíz ocurren eventos importantes en ciertos estados:

V3: El punto de crecimiento está bajo tierra, las bajas temperaturas pueden aumentar el tiempo entre la aparición de las hojas y el daño por helada en este estado tiene muy poco efecto en el crecimiento y en el rendimiento final.

V6: En este estado se recomienda completar la fertilización, puesto el sistema de raíces nodales está bien distribuido en el suelo. También es posible observar síntomas de deficiencias de macro o micro nutrientes.

V9: En este estado varias mazorcas rudimentarias ya se encuentran formadas, la panoja se desarrolla rápidamente en el interior de la planta. Además, comienza una rápida acumulación de biomasa, absorción de nutrientes y agua que continuará hasta casi el término del estado reproductivo.

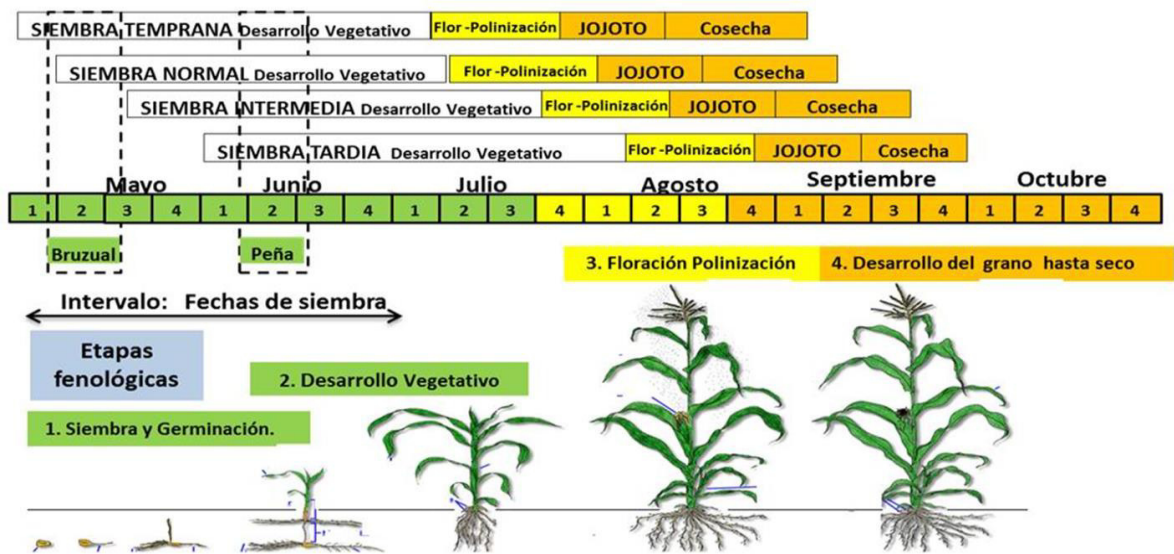
V12: Aquí se determina el tamaño potencial de mazorca y número potencial de óvulos por mazorca. Dado que se está formando el tamaño de la mazorca y número de óvulos, el riego y la nutrición son críticos.

V15: Es el estado más crucial para la determinación del rendimiento. Las hojas aparecen cada uno o dos días y las sedas están comenzando a crecer en las mazorcas superiores.

R1: El número de óvulos fertilizados se determina en este estado. Los óvulos no fertilizados no producen grano y mueren. El estrés ambiental en este momento afecta la polinización y cuaje, especialmente el estrés hídrico que deseca las sedas y los granos de polen. Además, a partir del inicio de este estado hasta R5 se produce un rápido llenado del grano por lo que se presenta también ataque de gusano por lo que es necesario realizar controles.

R5: Los granos empiezan a secarse desde la parte superior donde se forma una capa blanca de almidón. El estrés y las heladas pueden reducir el peso de los granos. Llegando a R6 donde el grano alcanza su peso máximo y es cosechado.

De acuerdo a su morfología, mejoramiento genético, adaptabilidad, el suelo, agua y el clima, el maíz tendrá una variabilidad específica para su objetivo. La variabilidad es de mayor importancia para mejorar la productividad de la planta y por ende el grano. Los principales factores de rendimiento son el peso y la cantidad de granos. Actualmente, se han llevado a cabo numerosos estudios y prácticas en lo que se refiere a la selección de mejoramiento genético del maíz, de acuerdo al lugar, es decir, se han desarrollado especies de maíz resistentes a ciertas enfermedades, al clima, y sobre todo para obtener una productividad mayor en el grano (FAO, 1999).



Fuente: Imagen ciclo: <https://www.google.co.ve..Arreglo adicional para determinación de fechas de siembra el autor.>

Figura 4.- Fechas de siembra y desarrollo fenológico del cultivo de maíz por semana.

Importancia del maíz

El maíz nació en Mesoamérica y sin embargo, hoy México figura entre los países donde más han crecido las importaciones del grano. No es como en otras partes, donde el maíz se usa casi exclusivamente para animales, donde la sociedad lo disfruta en palomitas o sus variedades de "butter and sugar." En México, el maíz es asunto de vida y muerte; si dependiera del Estado, crecientemente, sería de muerte. Sin embargo, la responsabilidad para el maíz no es exclusivamente del Estado. Son los campesinos quienes insisten en protegerlo, manteniendo la gran diversidad (MOL, 2009).

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

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

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

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

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

El maíz constituye el alimento más importante de los oaxaqueños. Junto con el frijol, aporta el 75% de la ingesta calórica de los campesinos de las zonas rurales de este

estado. Se consume en formas muy variadas como: tortillas, tlayudas, tostadas, totopos, tamales, atoles, tejate, bebidas refrescantes y alcohólicas, etc. También se utiliza como forraje, medicina y con fines rituales. Por su amplia adaptación se puede producir en todas las regiones agrícolas del estado en diversos sistemas de producción y todas las épocas del año (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

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

De acuerdo a datos de la (SIAP-SAGARPA, 2007), en Oaxaca se sembraron 596,013 ha, con una producción de 766,994.06 ton y un rendimiento medio de 1.37 ton/ha y con un valor de la producción total de \$2`555,967.39 MN.

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

Variedades de maíz

En México, centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Zea mays L*), existen 59 razas de acuerdo con la clasificación más reciente basada en características morfológicas e isoenzimáticas (Sanchez *et al*, 2000), que representan un significativo porcentaje de las 220 a 300 razas de maíz existentes en el continente americano (Kato *et al.*, 2009). Esta diversidad es producto de milenarias prácticas agrícolas vinculadas al conocimiento tradicional de los pueblos indígenas de México, principales herederos, custodios y mejoradores del germoplasma nativo (Mera-Ovando y Mapes-sanchez, 2009; Turrent *et al.*, 2010; Toledo-Manzur y Barrera-Bassols, 2008). De hecho, el mejoramiento genético del maíz es una

actividad que en México probablemente se remonta a más de 10 mil años (Miranda-Colin, 2000).

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

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

Esta raza podría tener una marca colectiva porque está bien delimitada geográficamente, existe la mayor diversidad genética de la raza, así como por su bien definido uso cultural desde tiempos prehispánicos. La “Tlayuda del Valle”, tortillas elaboradas con maíz bolita, podría ser una denominación del principal producto tradicional de la región de los Valles Centrales de Oaxaca. También la bebida tradicional de “tejate” es oriunda de la región, y fue desarrollada por los zapotecos del Valle (Aragón-Cuevas *et al.*, 2006).

Plagas del maíz

Antes del siglo XX, el control de plagas y enfermedades agrícolas se hacía con métodos menos agresivos con el ambiente como sistemas de producción en milpa, es decir, dos o más cultivos por unidad de superficie; rotación de cultivos, que significa el cambio de un cultivo por otro de una temporada a otra y con ello se eliminaban las condiciones para que una plaga sobreviviera; y el descanso de la tierra con la finalidad de que restableciera su disponibilidad de nutrientes, principalmente.

Particularmente, después de la segunda guerra mundial, con la explosión demográfica que cambió la forma de producir y de consumir, hubo la necesidad de incrementar los volúmenes de alimentos, condición que dio lugar a la justificación de intensificar el uso de productos químicos para controlar plantas y animales indeseados en los cultivos, ya que se señalaba que esa era la vía más eficiente para alcanzar mayores rendimientos.

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

Entre las plagas que más atacan el cultivo de maíz están:

Las rizófagas (atacan la raíz):

Gallina ciega (*Phyllophaga* spp y *Cyclocephala*): El daño que estos gusanos causan se manifiesta primero en plántulas marchitas y después en zonas con baja población de plantas inclinadas, curvas o acamadas que crecen en forma irregular debido a la destrucción parcial o total del sistema radicular. Las plantas lesionadas se arrancan fácilmente (Ortega, 1990).

Gusano de alambre; numerosas especies de las familias *Elateridae* (*Melanotus*, *Agriotes* y *Dalopius*): Los daños que ocasionan son áreas sin plántulas, plántulas marchitas y con macollos, y el acame de las plantas más desarrolladas son las señales de los daños provocados, grandes poblaciones de gusanos de alambre pueden desarrollarse en potreros lesionando la base de los tallos, cortando raíces y taladrando las raíces más grandes de las plantas mayores. Las infestaciones reducen el sistema radicular y provocan el acame de las plantas (Ortega, 1990).

Diabrotica (*Diabrotica balteata*, *D. virgifera*, *D. longicornis*, *D. speciosa* y *Diabrotica* ssp.): Los gusanos taladran las raíces, lo cual quizá resulte en tallos curvos o inclinados, o en plantas acamadas. El acame puede comenzar en la etapa de verticilo medio y continuar hasta la madures. Las catarinitas consumen los márgenes foliares, perforan las hojas tiernas y a veces cercenan la planta desde la base. El daño que producen al alimentarse de las hojas de las plantas adultas rara vez tiene repercusiones económicas. No obstante, durante la floración, se alimentan de los estigmas verdes y el polen, lo cual a veces causa una deficiente producción de granos o semillas. El género *Diabrotica* son vectores del virus que provoca el moteado clorótico y el tizón bacteriano del maíz (Ortega, 1990).

Picudos del maíz (*Nicentrites testaceipes*, *Geraeus senilis*): en las hojas se observan pecas que son lesiones blancas que se fusionan cuando hay una infestación grave. Los picudos producen las pecas al alimentarse en el verticilo (cogollo), donde raspan pequeñas secciones irregulares de la epidermis sin llegar a perforarla. Conforme se despliegan las hojas, se vuelven visibles las pecas. Las larvas se alimentan de las raíces de las plantas de maíz que, como resultado, son vulnerables al acame. Los daños en campos donde el cultivo de maíz fue precedido por cultivos forrajeros o de cobertura pueden ser muy intensos (Ortega, 1990).

Trips (*Frankiniella*, *Anaphothrips*, *Hercothrips* y *Caliothrips*): Las hojas inferiores de las plántulas y las raíces tienen una apariencia plateada y moteada. Al examinarlas de cerca es posible observar delgadas estrías longitudinales

provocadas por los trips al raspar y succionar. Estos insectos también ocasionan desecación, achaparramiento, coloración amarilla y enrollamiento de las hojas (Ortega, 1990).

Las plagas del follaje:

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

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

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

Durante las etapas de crecimiento vegetativo del maíz, las larvas consumen principalmente las hojas que indirectamente afectan el rendimiento del cultivo, reduciendo el área fotosintética de éstas; el ataque a plantas pequeñas, daña o destruye el tejido meristemático, ocasionando reducción de la población de plantas o modificación de su arquitectura. En estudios cuantitativos sobre la selectividad de la plaga contra la planta de maíz, se ha demostrado el daño en etapa de crecimiento a las 5, 8 y 13 hojas, las pérdidas son de 26, 26 y 20%, respectivamente. Cuando el ataque se produce en etapas más tempranas, el daño puede ser mayor, ya que las plantas no pueden recuperarse (Pérez, 2006). Los daños más severos son en zonas

tropicales y subtropicales. Cuando la temperatura predominante es de 30°C o más, la larva puede penetrar en la base de la planta, sin que ésta se caiga (Bautista M., 2006).

Taxonomía: está ubicado taxonómicamente en la familia Noctuidae, dentro del orden Lepidóptera, su posición taxonómica es la siguiente de acuerdo con (Borror, Triplehorn & Jhonson, 1990).

Phylum: Anthropoda
Subphylum: Mandibulata
Clase: Insecta
Subclase: Pterygota
Orden: Lepidoptera
Suborden: Frenatae
Superfamilia: Noctuoidea
Familia: Noctuidae
Tribu: Predeninii
Género: Spodoptera
Especie: <i>S. frugiperda</i> (J. E. Smith).

Métodos de control del gusano cogollero *S. frugiperda*:

Control químico: Los insecticidas sintéticos han sido el método más usado para el control de insectos plaga debido a su disponibilidad, facilidad de uso y resultados a corto plazo. Para contrarrestar el daño causado por este insecto, sus poblaciones fueron controladas en sus inicios con productos a base de arsénico. Posteriormente en los últimos 30 años, el uso intensivo de insecticidas de amplio espectro contra este insecto ha ocasionado el desarrollo de resistencia a la mayoría de los compuestos convencionales registrados para su control, así como contaminación del medio ambiente (Hruska & Gould, 1997).

Además, los insecticidas químicos también pueden causar efectos secundarios a los enemigos naturales de *S. frugiperda*, por ejemplo, el registrado para crisopas *Chrysoperla carnea Stephens* (Neuroptera: Chrysopidae) (Medina, 2003).

Ante el desarrollo de resistencia y los problemas que presenta el uso de insecticidas químicos, se han buscado alternativas y otros tipos de control de *S. frugiperda*. Lo anterior se debe condicionar a que el costo económico sea mínimo y que no haya riesgos tanto para el hombre como para otros integrantes del ambiente; o sea, que el control de las plagas se realice de manera sustentable.

Control cultural: La preparación del suelo, es una labor mecánica que ayuda a destruir huevos, larvas y pupas, dejando otra parte expuesta al sol y a la acción predatora de animales, aves e insectos. La rotación con cultivos no hospederos del insecto dificulta su propagación. La adecuada fertilización, humedad y eliminación de malezas aceleran el desarrollo de las plantas de maíz, disminuyendo los efectos del daño que pueden ocasionar los insectos.

Control biológico: el uso de los enemigos naturales como alternativa al control químico se define como la manipulación deliberada de entomopatógenos (bacterias, hongos, nematodos y virus) y entomófagos (depredadores y parasitoides) para reducir la población de *S. frugiperda* a un nivel que no produzca daños económicos significativos (Ruiz, 2001). Los principales parasitoides que atacan los diferentes estadios de desarrollo (huevos, larvas y pupas) de *S. frugiperda* y que ayudan a regular esta plaga, pertenecen a las familias *Braconidae*, *Ichneumonidae*, *Eulophidae*, *Scelionidae* y *Trichogrammatidae*, del orden *Hymenoptera*, y la familia *Tachinidae* del orden *Díptera* (Ruiz, 2001).

Gusano soldado (*Spodoptera* spp. y *Pseudaletia* spp): cuando comienza a alimentarse de las hojas, las larvas recién nacidas raspan la superficie foliar sin llegar a perforarla; esto produce un efecto de “ventanillas”. Más tarde su

alimentación es más destructiva. Las larvas empiezan a alimentarse en los márgenes foliares, avanzan hacia el centro y llegan a consumir hojas enteras, dejando sola las nervaduras centrales. Cuando la infestación es grave, en ocasiones devoran plántulas completas (Ortega, 1990).

Chicharritas del virus rayado del maíz (*Cicadulina mbila* y *Cicadulina* spp.): este insecto no causa daños de importancia económica la alimentarse, pero transmite el virus del rayado (portado por varias gramíneas silvestres y cultivadas) que puede provocar graves daños al maíz. Los primeros síntomas de la enfermedad son pequeñas manchas blancuzcas que se vuelven rayas incoloras paralelas a las nervaduras a lo largo de toda la hoja. Cuando la planta es infectada en la etapa de plántula, las rayas aparecen en todas las hojas, menos las inferiores. Además, las plantas se achaparran y aunque se producen espigas (panojas), no emiten estigmas. Si la infección ocurre más tarde, la planta producirá mazorcas más pequeñas de lo normal (Ortega, 1990).

Pulgón de la hoja de maíz (*Rhopalosiphum maidis*): la función de este insecto como vector del virus del mosaico de la caña de azúcar, virus del mosaico del enanismo del maíz y virus del punteado foliar del maíz le confiere una importancia económica considerable. Las plantas afectadas pueden achaparrarse, presentar manchas amarillas conspicuas y volverse rojizas conforme maduran. Las plántulas infectadas rara vez producen mazorcas. La perforación de las hojas y la succión de los jugos de la planta causan moteado amarillo que crece de importancia desde el punto de vista económico. Las gotitas azucaradas que los pulgones excretan favorecen el desarrollo de hongo saprófito de color negro y, como consecuencia, las plantas se vuelven pegajosas. Estos insectos suelen atacar las plantas hacia el final de la etapa del verticilo medio. Las colonias de pulgones pueden cubrir totalmente las espigas (panojas) emergentes y las hojas circundantes evitando así la liberación de polen. Cuando la infestación es grave, también se ven afectados los jilotes (mazorcas tiernas) y la producción de grano (Ortega, 1990).

Saltamontes, langostas y chapulines (*Melanoplus*, *Schistocerca* y *Sphenarium*): estos insectos atacan al maíz desde la etapa de verticilo medio hasta la madurez y consumen todas las partes de las plantas (Ortega, 1990).

Las plagas del tallo:

Termitas (*microtermes*, *Macrotermes*, *Allodontermes* y *Odontotermes*): las termitas en ocasiones causan la defoliación parcial o total de las plántulas de maíz, pero destruyen principalmente las plantas adultas o en vías de madurar. Cuando las plantas tienen tres meses, las termitas comienzan a atacar el sistema radicular principal, las raíces adventicias y los tallos; a la larga llenan los tallos de tierra y los cubren con galerías o túneles elaborados de delgada capa de tierra. Conforme maduran las plantas, la magnitud de los daños aumenta de forma acelerada y hay mayor probabilidad de acame, debido directamente a la destrucción que han sido gravemente dañadas pueden acamarse y luego ser completamente consumidas por estos insectos. Cuanto más tiempo haya sido cultivado un camp, mayores las pérdidas de rendimiento ocasionadas por este insecto (Ortega, 1990).

Barrenador del maíz (*Distraea grandiosella*): este barrenador, al igual que el barrenador de la caña de azúcar, hace pequeños agujeros en las tiernas hojas del verticilo (cogollo). También destruyen otras partes de la planta (por ejemplo, la nervadura central) de manera similar como lo hace el barrenador de la caña de azúcar. Una característica de los daños causados por los gusanos invernantes es que cortan parcialmente el tallo desde adentro, cerca del nivel del suelo. Los gusanos permanecen en la base del tallo debajo de la sección afectada hasta la primavera. Los tallos que han sido cortados se quiebran fácilmente (Ortega, 1990).

Picudo barrenador del maíz (*Sphenophorus* spp.) los gusanos que se alimentan en el interior de los tallos hacen pequeños agujeros circulares o ligeramente alargados en los entrenudos de la planta de maíz desde cerca la floración hasta la madurez. También diseminan, en forma activa, las especies de *Fusarium* que causan la pudrición del tallo. Los picudos se alimentan de la base de

las plántulas, lo cual suele provocar macollamiento excesivo y una serie de agujeros en las hojas que aparecen cuando éstas se despliegan (Ortega, 1990).

Las plagas del elote:

Gusanos de la mazorca (*Euxesta* spp.) las larvas se alimentan de los estigmas en descomposición y destruyen los granos en desarrollo (Ortega, 1990).

Gusano elotero (*Heliothis zea* y *H. armiguera*): aunque estas larvas en ocasiones se alimentan de verticilo (cogollo) y las espigas (panojas) tiernas, suelen restringirse a la mazorca. Comienzan a alimentarse poco después de su emergencia y se concentran en el canal de los estigmas. Además de provocar daños directos a los granos, las larvas dan entrada a los patógenos que pudren la mazorca (Ortega, 1990).

Chinches apestosas (*Nezara viridula*, *Acrosternum marginatu*, *Euschistus servus*): tanto los adultos como la ninfa tienen un pico para perforar y succionar los líquidos de las plantas, usualmente de las axilas de las hojas y de las mazorcas tiernas (jilotes). El síntoma más obvio del daño que provoca este insecto es que las mazorcas tiernas se tuercen. Conforme se desarrolla la mazorca este defecto se vuelve más notable; las brácteas se separan y descubren las mazorcas que quedan expuestas a los hongos que las pudren, a los insectos de los granos almacenados, a la infestación en el campo por otros insectos y a los daños por pájaros (Ortega, 1990).

Las plagas de almacén:

Barrenadores del grano (*Rhyzopertha dominica*, *Prosthephanus truncatus*): estos insectos infestan tanto el grano almacenado como las mazorcas maduras en el campo. En muy poco tiempo, los adultos producen grandes cantidades de polvillo parecido a la harina y al taladrar y consumir los granos. Los granos dañados se identifican fácilmente porque están cubiertos de una película de este polvillo.

Gorgojos del grano (*Sitophilus zeamais*, *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius*): estos insectos pueden infestar el grano almacenado o las mazorcas de maíz antes de la cosecha.

Polilla de los cereales (*Sitotroa cerealella*): los gusanos jóvenes penetran en el grano y se alimentan de su interior. Este insecto también puede infectar el cultivo en el campo antes de la cosecha.

Polilla india de la harina (*Plodia interpunctella*): esta plaga solo ataca el grano almacenado y no infesta el maíz en el campo (Ortega C., 1990).

Para la identificación de las plagas y enfermedades que atacan al maíz debe existir una gran observación del cultivo, entre ellas el muestreo del terreno en el cual se hace un barrido por el predio a cultivar con la intención de verificar que no existen organismos que pudieran estar en una etapa inactiva y que al sembrar siguiera su evolución como patógeno (Páliz y Mendoza, 1999).

La magnitud de las poblaciones de insectos en un ambiente donde se cultiva el maíz depende de varios factores: las variaciones cíclicas y estacionales del clima; las prácticas de cultivo; la cantidad y calidad del alimento de los insectos; la competencia inter e intraespecífica; enfermedades causadas por virus, bacterias y hongos, y la abundancia de las poblaciones de insectos depredadores y parásitos (CESAVEG, 2012).

Los insectos se convierten en plagas cuando su número o el daño que ocasionan, o ambas cosas han sobrepasado el nivel conocido como umbral económico, punto en el que comienzan a amenazar el retorno sobre la inversión del productor. Una vez que el insecto ha alcanzado el umbral económico, por lo general es indispensable la aplicación de insecticidas. Los medios de control químico deben aplicarse en forma dirigida, para que al mismo tiempo que reducen las plagas causen daños mínimos a los insectos útiles. El lograr esta precisión requiere la selección y colocación

cuidadosa del insecticida y también su aplicación oportuna. El momento de la aplicación debe establecerse de acuerdo con las inspecciones de campo y de ser posible, los productos seleccionados deben provocar un efecto nocivo mínimo en los insectos útiles que forman parte del agrosistema, quizá sea conveniente utilizar formulaciones granuladas (que se aplican al verticilo o cogollo de la planta de maíz) o proteger las semillas con un pesticida adecuado. La omisión de estas medidas trae como consecuencia un uso indiscriminado de insecticida que puede transformar el equilibrio entre las poblaciones de insectos, con el resultado de que un insecto que antes no constituía una plaga o que era una plaga secundaria se convierte en una plaga primaria (Ortega, 1990).

Para el control o la erradicación de las plagas se utilizan diferentes métodos entre los que se destaca el biológico, químico, rotación de cultivos, etc.

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

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

Control químico: complementario utilizar insecticidas autorizados para el cultivo de maíz (dosis recomendada por el fabricante): no exceder la dosis y, de preferencia, no realizar mezclas de insecticidas para control de una sola especie plaga.

La rotación de cultivos: esta práctica agroecológica es un medio primario para mantener la fertilidad del suelo, disminuir y controlar malezas, plagas y enfermedades en los sistemas agrícolas. Manejo adecuado del rastrojo, el uso del rastrojo como material de cobertura del suelo durante la etapa invernal, ha resultado ser de las medidas más efectivas, no sólo para evitar la erosión por su acción protectora, también mejorando la retención de humedad.

Los brotes de plaga o enfermedad dependen de la conjunción de diversos factores como, presencia del patógeno, el manejo del cultivo y el medio ambiente. Para manejar efectivamente enfermedades en el cultivo del maíz, es preferible hacerlo cuando está en niveles bajos, para evitar que se produzcan daños importantes. Por eso, el monitoreo de parcelas en todas las etapas del cultivo es importante para detectar síntomas y poder tomar decisiones informadas sobre qué acciones deben realizarse (SADER, 2021).

Uso de Agroquímicos y su Impacto Ambiental

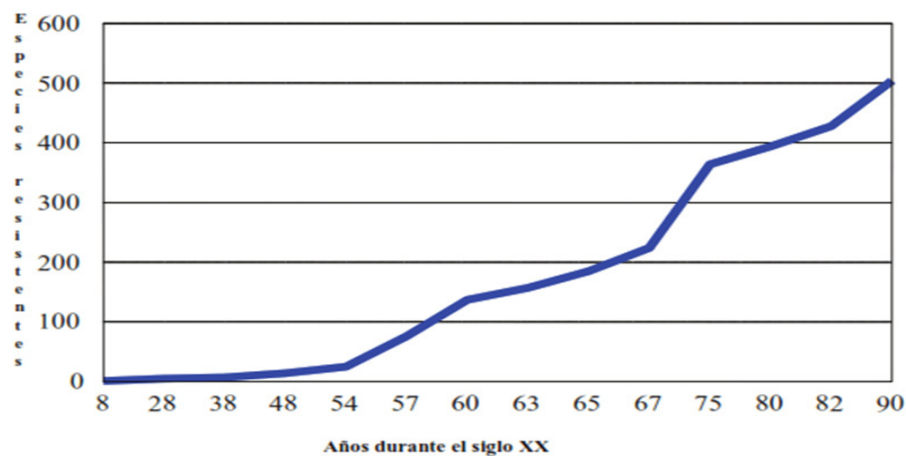
Para el manejo del gusano cogollero se basa principalmente en la aplicación de insecticidas químicos (piretroides y organofosforados) o biológicos. En la actualidad, a pesar del impacto ambiental negativo, así como los efectos adversos para la salud humana y el medio ambiente, los insecticidas órgano-sintéticos constituyen el principal método de control de esta plaga. Sin embargo, su éxito es limitado, debido a que las larvas se ubican principalmente en los brotes de la planta huésped, quedando fuera del alcance de los insecticidas. Por lo que se requieren medios de control más eficaces y ecológicamente aceptables (Batista-Pereira *et al.*, 2006).

La aplicación de los insecticidas químicos fue una práctica que desde su implementación mostró crecimientos acelerados en su uso, aún hoy en día si bien su crecimiento ya no es tan marcado en las estadísticas todavía pueden observarse ventas anuales millonarias (Bejarano, 2002). Las razones que pueden atribuirse al incremento del uso de plaguicidas químicos es que presentan resultados visibles y “espectaculares” a corto plazo, suelen mostrar eficacia para suprimir “poblaciones objetivo”, presentan una alta disponibilidad en el mercado, son relativamente económicos, pueden ser una alternativa para situaciones de emergencia y se ha dado por hecho que son de fácil manejo y utilización (Metcalf, 1990). Sin embargo, estas aparentes ventajas esconden una serie de inconvenientes e impactos, que, si bien es probable que al inicio no se esperaban, ahora son una realidad con bastante evidencia científica. La creencia ampliamente divulgada de que en el mundo estaban resueltos totalmente los problemas por plagas, divulgada desde los inicios del uso de los insecticidas químicos, ahora es plenamente obsoleta (Restrepo, 1988).

Es evidente que ante esta situación algo anda mal, ya que no se están resolviendo los problemas por plagas, por el contrario, éstos se han agravado. Además, están surgiendo problemas colaterales que probablemente no se tenían previstos, tales como el desarrollo de plagas resistentes a los insecticidas, pérdida de la biodiversidad animal y eliminación de organismos benéficos, incremento en costos, surgimiento de nuevas plagas, contaminación de suelos y agua, así como daños a la salud pública de consumidores y de los trabajadores agrícolas con sus familias (Arauz, 1997).

Unas de las últimas cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS), indican que al menos 3 millones, y quizás hasta 25 millones de trabajadores agrícolas son intoxicados cada año con plaguicidas y unas 20,000 muertes son atribuidas directamente al uso de diversos tipos de agroquímicos (LEISA., 1998). En México, la situación no es menos preocupante ya que en la segunda mitad de los 90’s se registraron oficialmente más de 5,000 intoxicados por año, pero se reconoce un subregistro desde cinco hasta 50 veces mayor (Bejarano, 2002). Sin duda estos

impactos son mayores sobre los jornaleros agrícolas y sus familias, ya que como se ha demostrado sufren una doble exposición a estos productos tóxicos (Seefó, 1993). Esta situación problemática se repite por todo nuestro país y aunque los reportes se encuentran dispersos, existen denuncias que se han documentado sobre intoxicaciones en Sonora, Sinaloa, Edo. De México, Michoacán, Morelos, Yucatán, Hidalgo, Nayarit, Chiapas y San Luis Potosí, entre otros estados (Restrepo, 1988). También se han documentado impactos importantes en peces, aves y mamíferos, mediante estudios donde se demuestra que aún con dosis subletales, que podían ser consideradas “aceptables” al hombre, ocurren cambios hormonales en algunas especies como las ranas (Myers, 2003).



Fuente: Georghiou y Lagunes, 1991.

Figura 5.- Artrópodos registrados con resistencia a plaguicidas, de 1908 a 1990.

En relación al problema de la resistencia a los insecticidas químicos, se sabe que es un proceso genético mediante el cual se van seleccionando poblaciones de organismos resistentes que tienen la capacidad de metabolizar o eliminar el efecto tóxico de dichos productos a dosis similares que para otros son letales. Su desarrollo se debe fundamentalmente a la forma de manejo que se hace de estos productos, como puede ser el abundante uso o la aplicación en forma permanente, el incremento de dosis y la mezcla de productos, por lo que para evitar este problema es conveniente revertir este tipo de prácticas, entre otras medidas adicionales. La evolución de los casos de resistencia ha tenido un crecimiento exponencial que se agudizó en los últimos años, pasando de unos 150 casos al inicio de la década de

los 60's a más de 500 a principios de los 90's. En la figura, se anotan los casos de resistencia registrados durante la mayor parte del siglo XX, con un crecimiento marcado y acelerado en los últimos años, particularmente los de las últimas tres décadas (Lagunas-Tejeda y Villanueva-Jimenez, 1994).

Otro de los impactos provocados por el uso de los plaguicidas de síntesis química es la eliminación de enemigos naturales y la consecuencia directa del surgimiento de nuevas plagas o de plagas que siendo secundarias pasan a tener una importancia económica relevante (De Bach, 1971). En este sentido, los problemas se presentan porque muchos de los agroquímicos empleados son de "amplio espectro" y suprimen a las poblaciones de la plaga, pero también a las de los enemigos naturales, las cuales generalmente presentan una mayor susceptibilidad a dichos productos.

Por otra parte, un dato adicional que complica esta problemática es que con los métodos convencionales de aplicación de agroquímicos menos del 1% del plaguicida aplicado entra en contacto con la plaga objetivo (Metcalf, 1990).

Esta destrucción indiscriminada de parasitoides y depredadores naturales, mediante la aplicación rutinaria de los agroquímicos, va en contra de los principios de manejo de plagas y tienen dos consecuencias principales: 1) el rápido resurgimiento de la plaga cuando se han suprimido sus enemigos naturales y 2) el incremento poblacional de plagas secundarias que antes se encontraban controladas por la presencia de sus enemigos naturales.

Ante ambas situaciones, la reacción "lógica" de los agricultores es que nuevamente se hacen más aplicaciones de insecticidas, se aumentan dosis y se hacen mezclas; todo esto va conduciendo a la insostenibilidad de los cultivos. Ante tal situación, los tratamientos van aumentando en espiral, las plagas secundarias también se van volviendo resistentes, se aumenta la contaminación ambiental, los peligros de intoxicación y el costo de producción de los cultivos. Para que ésta situación se revierta puede necesitar de dos a cuatro años, de tres años como lo indica la norma

en México (NOM, 1995), de cinco a diez años como se maneja en la normativa de la agricultura ecológica en Europa.

Desde esta perspectiva, es claro que esta espiral del uso de agroquímicos no cambiará con la simple eliminación o sustitución de dichos productos y será necesario que también se trabaje en la recuperación de la biodiversidad funcional para restablecer la regulación natural de las poblaciones insectiles. En el caso de que sea necesario deberá recurrirse a opciones alternativas como el uso de semioquímicos y extractos de plantas, que sean compatibles con las poblaciones de organismos benéficos.

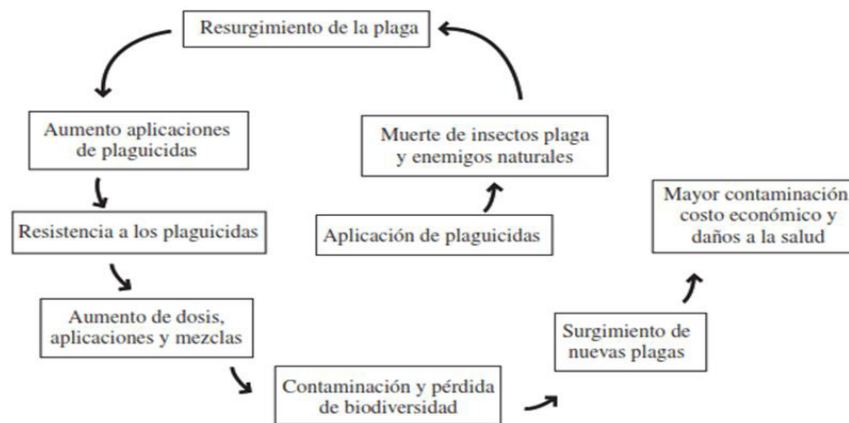


Figura 6.- Diagrama de "la espiral del veneno" (Tomado de Bejarano, 20002).

Parasitoides

Los insectos parasitoides son los enemigos naturales más utilizados en el control biológico aplicado y juegan un papel fundamental en el control biológico natural y aplicado. En gran medida el uso preferencial de parasitoides sobre depredadores se debe a un mayor nivel de especialización de los primeros; es decir, mientras los insectos depredadores típicamente se alimentan de varios individuos de diversas especies presa en función de su disponibilidad, los parasitoides sólo son capaces de consumir un huésped. Entonces, la dinámica poblacional de los insectos, comúnmente está más asociada a la de especies parasitoides que a especies

depredadoras. Por lo anterior, los parasitoides son identificados con mayor frecuencia como principales responsables de la regulación de las poblaciones de los insectos, en comparación con los depredadores (Bernal, 2007). De acuerdo con Clausen (1978) hasta el año 1969, de 1,193 enemigos naturales empleados en proyectos de control biológico a nivel mundial, el 76% fueron parasitoides y el 24% restante fueron depredadores; entre las especies parasitoides, el 84% fueron del orden Hymenoptera, 14% correspondieron a Díptera, y el 2% restante a otros órdenes.

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

En los parasitoides se observan dos estrategias de vida diferentes (Gauld, 1987), una es la “idiobionte”, que se presenta en las especies que paralizan permanentemente a sus hospederos, evitando que continúen su desarrollo después de haber sido parasitados. La otra es la estrategia “koinobionte”, en la que el parasitoide paraliza temporalmente a la víctima, permitiéndole continuar su crecimiento y eliminándola solo cuando ha alcanzado un tamaño o un estadio de desarrollo determinado (Askew y Shaw 1986). Además, existen los parasitoides secundarios conocidos como hiperparasitoides, estos son parasitoides que atacan a otros parasitoides, existen varios niveles, por ejemplo, un parasitoide secundario ataca a uno primario, un parasitoide terciario ataca uno secundario, y así sucesivamente, todos éstos pueden ser denominados hiperparasitoides (Fernández y Sharkey, 2006).

La larva parasitoide, al emerger, comienza a devorar a su huésped de varias formas, terminando siempre con la muerte de éste. Cuando alcanza un crecimiento maduro,

la larva pupa y finalmente emerge como parasitoide adulto (Fernández y Sharkey, 2006).

¿Qué animales son parasitoides, y a quién atacan? La mayoría de las especies de insectos parasitoides pertenecen a los órdenes Hymenoptera (abejas, avispas y hormigas) y Diptera (moscas) aunque también hay algunas especies en otros grupos de insectos como Coleoptera (al que pertenecen los escarabajos) y Lepidoptera (mariposas y palomillas), entre otros (Godfray, 1994)). Se calcula que solamente en el orden Hymenoptera hay 50 mil especies de parasitoides, y que existe un millón de especies más que aún no han sido descritas (Godfray, 1994). Las avispas depredadoras de tarántulas (familia Pompilidae) son frecuentemente confundidas con parasitoides; sin embargo, no lo son, ya que los parasitoides nunca llevan a sus hospederos a una madriguera, como lo hacen estas avispas. Entre los organismos que son atacados por los parasitoides y les sirven como hospederos se encuentran siempre otros invertebrados, principalmente larvas de mariposas, de escarabajos, hormigas y abejas adultas, así como huevecillos de mariposas, de palomillas o de arañas.

Aunque los parasitoides son considerados enemigos naturales de muchos organismos, y la forma en la que se desarrollan puede resultar desagradable, pensemos que estos insectos y su forma de vida pueden ser benéficos. Los parasitoides, al alimentarse y matar a otros organismos, disminuyen el número de individuos de varias especies de insectos y arañas. Es decir, en la trama alimenticia contribuyen a regular el tamaño de las poblaciones de los organismos que les sirven de hospederos.

Los conocimientos adquiridos al estudiar la biología de los parasitoides se han utilizado para crear programas en contra de las plagas que atacan a plantas cultivadas que nos sirven de alimento, como maíz, jitomate, chile, etcétera. Entre los parasitoides empleados en los campos de cultivo para eliminar plagas se encuentra la pequeña avispa *Trichogramma* sp., que es parasitoide de los huevos de algunas mariposas, escarabajos y moscas que atacan los cultivos de algodón, maíz, caña de

azúcar, manzana, aguacate y otros árboles frutales. También se ha utilizado a la avispa *Cotessia marginiventris*, que ataca al gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda*. De esta manera no se utilizan insecticidas, que en algunas ocasiones son nocivos y en otras poco eficientes, sino que se usa a los enemigos naturales de las plagas. Sin embargo, la liberación de estos parasitoides es un proceso difícil, por lo que actualmente existen muchas líneas de investigación para hacer más eficiente el uso de estos enemigos naturales.

Ciclo de vida de un parasitoide

El ciclo de vida de un parasitoide, se compone de una serie de fases continuas. Primero utilizan mecanismos de atracción (feromonas), se aparean cerca o lejos del hospedero del que emergen los adultos del parasitoide. Luego sigue una fase de alimentación de los adultos, antes o después de que pongan sus huevos, con el néctar de las flores o de fluidos del hospedero que van a parasitar. Durante la localización del hospedero, la hembra del parasitoide es atraída primero hacia la planta, que a su vez atrae al insecto hospedante con como sustancias químicas atrayentes de largo alcance. Posterior a esto, el parasitoide es atraído por su hospedero con sustancias menos volátiles de corto alcance, en el que finalmente hembra del parasitoide deposita sus huevos, esta es la fase de parasitación.

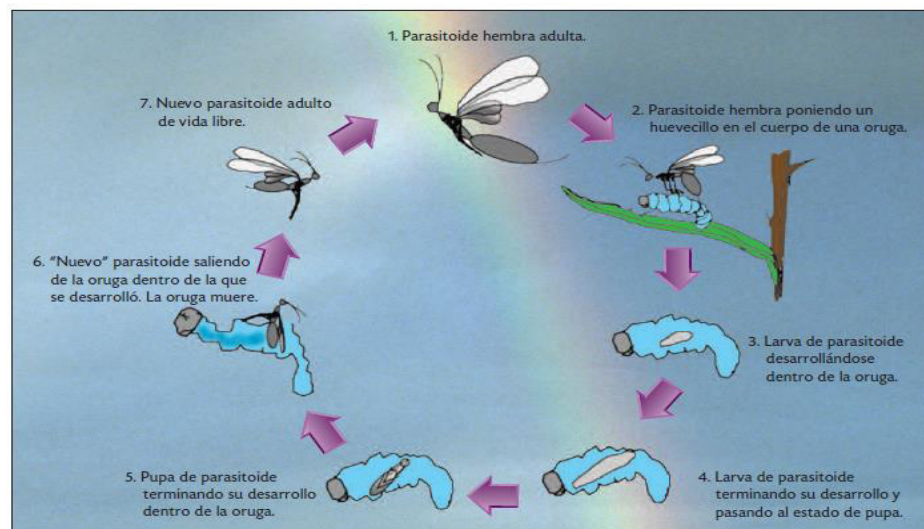


Figura 7.- Ciclo de vida hipotético de un endoparasitoide solitario.

En la etapa de oviposición en el hospedero, la hembra del parasitoide puede o no paralizar a la larva antes de ovipositar. En muchas ocasiones, según el tamaño del hospedero, la hembra del parasitoide puede poner más o menos huevos o incluso, seleccionar el sexo de los individuos que van a eclosionar de los mismos, dependiendo de la proporción de hembras o machos de la población (Carballo y Guaharay, 2004).

Orden Hymenoptera

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

Familia Ichneumonidae

Las avispas parasitoides de la familia Ichneumonidae conforman uno de los grupos de seres vivos más diversos del mundo y constituyen posiblemente la familia más grande del reino animal. Se han descrito casi 22,000 especies de ichneumónidos, pero se estima que existen al menos 100,000. Debido a la abundancia de especies, su amplia distribución, sus particularidades biológicas y a su importancia potencial en el control de plagas, estos insectos han sido estudiados exhaustivamente. Sin embargo, en las regiones tropicales, particularmente de América, donde cada vez se hace más evidente que la fauna de Ichneumonidae ha sido subestimada. Por lo que estas avispas aún permanecen poco conocidas tanto desde el punto de vista sistemático como biológico. La publicación de revisiones taxonómicas globales del grupo es escasa (Fernández y Sharkey, 2006).

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

Las avispas parasitoides son las responsables de mantener un equilibrio en la naturaleza al regular las poblaciones de insectos fitófagos (que se alimentan de plantas), evitando que la abundancia de éstos aumente al punto que puedan acabar por completo con algún recurso vegetal (La Salle y Gauld, 1993). Gracias a dichas avispas no existen plagas en las selvas y otros ecosistemas.

Familia Braconidae

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

La familia presenta muchas estrategias de vida y causan un fuerte impacto en la diversidad de los ecosistemas dada su abundancia y extrema riqueza. No obstante, en parte es esa misma riqueza la que ha dificultado tanto el desarrollo de su taxonomía como el de una hipótesis filogenética fuerte sobre las relaciones entre sus subfamilias, haciendo difícil poner formalmente a prueba hipótesis acerca de la evolución de muchas de sus características, así como estructurar su taxonomía con criterios modernos (Sharanowski *et al.*, 2011).

Orden Díptera

El orden Díptera agrupa a los insectos comúnmente conocidos como mosquitos, jejenes, zancudos y moscas. Es uno de los grupos de mayor diversidad mundial y uno de los más importantes desde el punto de vista ecológico y económico. Sus especies tienen función importante en las redes alimentarias de los ecosistemas y, desde el punto de vista económico, algunas especies son importantes al ser plagas de vegetación cultivada y silvestre o como transmisoras de organismos patógenos a vertebrados, donde el humano no es la excepción. A pesar de su importancia, han sido poco estudiados en comparación con otros grupos y el conocimiento de la fauna de muchas regiones es sólo parcial.

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

El estudio de los dípteros en México ha sido escaso en comparación con otros países, salvo ciertas familias que históricamente representan un problema de salud pública o agronómico; es por ello que el conocimiento real del orden en cuanto a su diversidad en el territorio mexicano es incipiente, si se toma en cuenta el hecho de que México ocupa uno de los lugares preponderantes en la lista de países

megadiversos. Se ha estimado que el orden Díptera pudiera estar representado en México por alrededor de 20 000 especies (Morón y Valenzuela, 1993).

Familia Tachinidae

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

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

Plaguicidas

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2011), define a los plaguicidas como: cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o

animales que causen perjuicios o que interfieren de cualquier forma de producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y sus derivados o alimentos para animales o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos (MINSA, 2007; Montoro *et al.*, 2009).

Los plaguicidas son productos químicos muy empleados por el hombre para el control de plagas agrícolas y su aplicación correcta es la medida más aceptada y efectiva para lograr la máxima producción y mejor calidad de los cultivos (Van Hemmen, 1993). Los plaguicidas son compuestos microcontaminantes que tienen efectos ecológicos (Pirkle *et al.*, 1995), y de acuerdo al tipo de plaguicida será el daño o repercusión en los organismos vivos (Devine *et al.*, 2008). El elemento natural que se contamina más fácilmente es el agua, al arrastrar los plaguicidas y verter estos compuestos en las vertientes de agua, mar, ríos, pozos, daña la pureza del agua haciéndola tóxica (Masís *et al.*, 2008; Guerrero y Otiniano, 2012) y el efecto tóxico puede ocurrir por dos mecanismos: bioconcentración y bioampliación (Martínez, 2010).













El uso de los plaguicidas ha producido grandes beneficios agrícolas y, a la vez, graves problemas de salud pública que requieren solución. En algunos estudios de los años ochenta y noventa (OMS, 1990, 1992, y 1993). Los riesgos asociados al uso de plaguicidas no sólo se relacionan con las alteraciones al ecosistema sino también a los seres humanos. Los plaguicidas son productos capaces de causar toxicidad ya sea por exposición aguda o crónica. La exposición crónica a éstos suele ser de carácter no intencional y es considerada un factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades neurodegenerativas (Hernández *et al.*, 2007; Gutiérrez *et al.*, 2015).

Los principales productores y exportadores de plaguicidas a nivel mundial son Alemania, Estados Unidos de América, Inglaterra, Suiza, Francia, Japón e Italia, que surten todas las importaciones del tercer mundo y que, según las agencias de regulación, alrededor del 30% de los plaguicidas comercializados en los países en

desarrollo con destino a la agricultura y a la salud pública, con un valor de 900 millones de dólares EUA, no cumplen las normas de calidad internacionalmente aceptadas. Estos plaguicidas contienen con frecuencia compuestos o impurezas que han sido restringidos en otros países por su peligrosidad pues constituyen una amenaza para la salud humana y para el ambiente (OMS, 1990; Devine *et al.*, 2008).

Los plaguicidas también se pueden clasificar de acuerdo con su presentación comercial en: polvos, líquidos, gases y comprimidos. Esta clasificación es útil en prácticas de aplicación, preparación de formulaciones o prevención de riesgos.

Símbolos y palabras de advertencia

	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3	Categoría 4	Categoría 5
Pictograma y frase de peligro Oral	 Mortal en caso de ingestión	 Mortal en caso de ingestión	 Tóxico en caso de ingestión	 Nocivo en caso de ingestión	Puede ser nocivo en caso de ingestión
Pictograma y frase de peligro Cutánea	 Mortal por el contacto con la piel	 Mortal por el contacto con la piel	 Tóxico por el contacto con la piel	 Nocivo por el contacto con la piel	Puede ser nocivo por el contacto con la piel
Pictograma y frase de peligro por inhalación	 Mortal si se inhala	 Mortal si se inhala	 Tóxico si se inhala	 Nocivo si se inhala	Puede ser nocivo si se inhala
Palabra de advertencia	Peligro	Peligro	Peligro	Precaución	Precaución
Color de pantone	Rojo (199-C)	Rojo (199-C)	Amarillo (101-C)	Azul (293-C)	Verde (347-C)

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-232-SSA1-2009, PLAGUICIDAS: QUE ESTABLECE LOS REQUISITOS DEL ENVASE, EMBALAJE Y ETIQUETADO DE PRODUCTOS GRADO TECNICO Y PARA USO AGRICOLA, FORESTAL, PECUARIO, JARDINERIA, URBANO, INDUSTRIAL Y DOMESTICO.

Figura 8. Regulación de plaguicidas en México.

Fuente: <https://images.app.goo.gl/mp49iTSGGa6UH7LP9>

Diversidad de especies

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

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

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

Métodos de evaluación de enemigos naturales

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

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

IX. MATERIALES Y MÉTODOS

9.1 Selección del área de estudio.

La recolecta de larvas se realizó desde diciembre de 2021 a febrero del año 2022, en cada parcela de maíz donde se eligieron tres parcelas del Ejido Tolosita, perteneciente al municipio de Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

Se localiza en las coordenadas entre los paralelos 16°50' y 17°26' de latitud norte; los meridianos 94°42' y 95°19' de longitud oeste; altitud entre 0 y 500 m. Rango de temperatura 24 – 26°C, Rango de precipitación 1 200 – 3 000 mm, Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (92.05%), cálido subhúmedo con lluvias en verano, más húmedo (6.36%) y cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (1.59%). Suelo dominante Luvisol (73.11%), Fluvisol (7.65%), Regosol (7.19%), Acrisol (3.52%), Cambisol (3.40%), Phaeozem (1.75%), Umbrisol (1.54%), Vertisol (0.56%) y Leptosol (0.45%).



Ilustración 1.- Parcelas del ejido Tolosita donde se llevó el muestreo de recolección de datos.

9.2. Recolecta de larvas

Una vez realizado los muestreos el día 24 de febrero del 2022, se recolecto las larvas en las tres parcelas seleccionadas de manera aleatoria, donde se llevó la revisión de 20 plantas por sitito, para detectar la presencia de plagas. Mismo que se capturo 100 larvas de gusano por parcelas de maíz, por las condiciones al mismo tiempo las colectas fueron variables como a continuación se cita:

En la primera parcela, tuvo una extensión aproximada de 8000 m². En terreno del Sr. Gilberto Velasco Mijangos, utilizado en su manejo agrícola el método de cero labranza. Se empleó semilla Krispian, donde no se aplicó ningún tipo herbicida y plaguicida.



Ilustración 2.- Parcela 1 Toma o recolección de muestras de larvas.

En la segunda parcela, tuvo una extensión aproximada de 27000 m². En terreno del Sr. Abad Velasco Fernández, se preparó mediante el método convencional de barbecho, rastreo y surcado. Se empleó semilla Dkal donde a los 10 días de la siembra, se aplicó solamente plaguicida (tres ocasiones).



Ilustración 3.- Parcela 2 toma de muestra o recolección de larvas.

En la tercera parcela, tuvo una extensión aproximada de 5000 m². En terreno del Sr. Julio Cesar López Rafael, se preparó mediante el método convencional de barbecho, rastreo y surcado. Se empleó semilla Reycoll, variedad SKW - 505 donde se aplicó herbicidas y plaguicidas.



Ilustración 4.- Parcela 3 toma de muestra o recolección de larvas.

Clasificación e identificación de información recolectada y análisis.

Con la finalidad de llevar un control y registro de la información de gabinete antes, durante y después del seguimiento del proceso de identificación de las diferentes especies se clasificaron por color cada uno de los registros considerados en la investigación (Tablas): Donde el color rojo representa larvas que durante el proceso murieron por alguna causa natural, el color café representa larvas muertas con algún tipo de enfermedad sea por bacteria o hongos, el color amarillo fue en su estado de pupa que no mostro algún tipo de cambio, el color verde fue el número de larvas que llegaron ser adultas (palomillas), el color naranja fue el número de parasitoides de la Del orden **Hymenoptera** (avispa) familia **Braconidae** del genero **Chelonus spp.** Y por último el color azul fue el número de parasitoides del orden **Dípteras** (moscas) familia **Tachinidae** del genero **Archytas spp.**

Clasificación	Color
Muerto (sano)	Red
Muerto (Bacteria o Hongo)	Brown
Pupa	Yellow
Palomilla	Green
Avispa	Orange
Mosca	Blue

Tabla 1.- Clasificación de colores para el registro de investigación de muestras.

Emergencia de parasitoides

Las larvas colectadas durante el muestreo en las tres parcelas fueron llevadas a un espacio cerrado con las condiciones propias para su cuidado, manejo y Control, y se colocaron individualmente en vasos de plástico de 500. Cada uno se rotuló con numero para su identificación, las larvas se alimentaron diariamente con hojas de

maíz de acuerdo a la técnica de Martínez-Martínez *et al.* (1998) para que ésta completara su desarrollo normal u obtener posible pupa de parasitoide.



Ilustración 5.- Cuidado, manejo y control de las muestras de larvas.

Identificación de parasitoides

Para la identificación, cada parasitoide que se obtuvo se montó con la técnica de punto (Borror *et al.*, 1989) y se identificó con las claves de Cave (1995), además de bibliografía complementaria para corroborar las identificaciones.

Análisis de diversidad de especies de parasitoides

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Donde λ es la riqueza de especies (Moreno, 2001). La dominancia toma en cuenta la representatividad de las especies con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de las especies. Este índice está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001) un alto índice de dominancia nos indica una menor diversidad.

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

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

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

Niveles de parasitismo de Spodoptera frugiperda en campo

Porcentaje de parasitismo

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

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

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

X. RESULTADOS

10.1 Especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda*

Durante la colecta de ***S. frugiperda*** realizada en las parcelas del ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca, se obtuvo los siguientes resultados una vez sistematizada la información:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300

Tabla 2.- Datos en campo de colecta de larvas.

Datos General						
Muerto (sano)	Muerto (Bacteria o Hongo)	Pupa	Palomilla	Avispa	Mosca	TOTAL
31	44	28	181	1	15	300
10.3	14.7	9.3	60.3	0.3	5.0	100

Tabla 3. Datos Generales de resultados de sistematización de información.

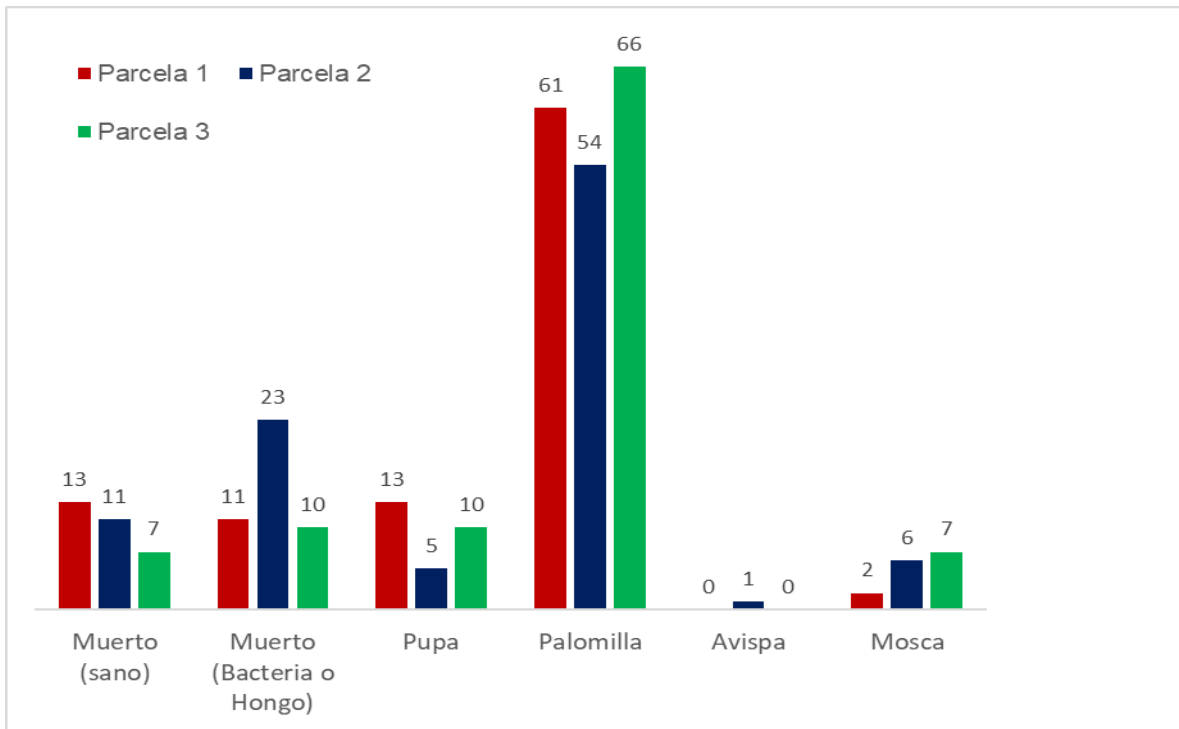


Tabla 4. Resultados de monitoreo de Larvas.

Datos Parcela 1.- Con manejo sin plaguicida						
Muerto (sano)	Muerto (Bacteria o Hongo)	Pupa	Palomilla	Avispa	Mosca	TOTAL
13	11	13	61	0	2	100
13.0	11.0	13.0	61.0	0.0	2.0	100
Manejo Cero Labranza sin uso de plaguicidas o herbicidas.						

Tabla 5. Resultados en la Parcela 1 sin uso de plaguicidas y sin herbicidas.

Datos Parcela 2.- Con aplicación de plaguicidas.						
Muerto (sano)	Muerto (Bacteria o Hongo)	Pupa	Palomilla	Avispa	Mosca	TOTAL
11	23	5	54	1	6	100
11.0	23.0	5.0	54.0	1.0	6.0	100
Labor mecanizada con uso de plaguicida (Lorsban - Un Clorpirifos Organofosforado de amplio espectro, indicado para controlar insectos de suelo y follaje en los distintos cultivos y frutales.						

Tabla 6. Resultados en la Parcela 2 con solo uso de plaguicida.

Datos Parcela 3.- Con aplicación de herbicida y plaguicidas.						
Muerto (sano)	Muerto (Bacteria o Hongo)	Pupa	Palomilla	Avispa	Mosca	TOTAL
7	10	10	66	0	7	100
7.0	10.0	10.0	66.0	0.0	7.0	100

Labor cultural mecanizada con uso de plaguicida (Arribo es un insecticida piretroide, que se utiliza en el control de insectos es un concentrado emulsionable que se aplica con agua para su aplicación) y uso de Herbicida (Faena - El Glifosato recomendado para el control de maleza anual y perenne).

Tabla 7. Resultados en la Parcela 3 Con uso de plaguicida y uso de herbicida.

Se encontraron 2 especies de parasitoides, distribuidos en dos órdenes. Del orden **Dípteras** (moscas) familia **Tachinidae** del genero **Archytas spp.** Del orden **Hymenoptera** (avispa) familia **Braconidae** del genero **Chelonus spp.** La familia con más especies de parasitoides fue **Tachindae**.

ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
Hymenoptera	Braconidae	Chelonus	sp
Diptera	Tachinidae	Archytas	sp

Tabla 8. Parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

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

Las especies encontradas en este estudio ya han sido reportadas para varios estados del país atacando a *S. frugiperda* (Carrillo-Sanchez., 1993; Cortez *et al.*, 1993; León y Lopez., 1994; Martínez-Martínez *et al.*, 1998; Molina-Ochoa *et al.*, 2001; Hoballah *et al.*, 2004; Molina-Ochoa *et al.*, 2004; Cortez-Mondaca *et al.*, 2008; Armenta-Cárdenas *et al.*, 2008).

Diversidad de especies

El análisis de riqueza de especies (Taxa_S) se encontró que la parcela II fue la que obtuvo un mayor número de especies encontradas de **Dípteras** (moscas) familia **Tachinidae** del genero **Archytas sp.** En relación a las demás parcelas muestreadas con un valor equitativos.

El análisis de diversidad alfa arrojó valores de índice de Shannon-Weiner (H') se encontró en las parcelas 1, 2, 3., muestreadas son valores de H' en un rango de 1.10 a 1.25, (Figura 9). Cortez-Mondaca *et al.* (2008) encontró en el estado de Sinaloa valores de H' en un rango de 1.56 a 1.95, pero no muestra sus H' máx, por lo que no es posible saber en qué nivel se encontraban sus diversidades.

Diversidad		Parcela I	Parcela II	Parcela III
S	Taxa_S	5	6	5
N	Individuals	100	100	100
H'	Shannon_H	1.153	1.278	1.107
J'	Evenness_e^H/S	0.6335	0.5984	0.6051
ID-BP	Berger-Parker	0.61	0.54	0.66

Tabla 9. Diversidad de especies y análisis de datos.

Para el muestreo la parcela 2 fue la que tuvo una mayor diversidad alfa respecto a su H' máx, y la parcela 3 que mostró una menor diversidad, ya que, aunque esta presentó la mayor riqueza de especies, la abundancia de la especie **Dípteras** (moscas) familia **Tachinidae** del genero **Archytas spp.** Fue muy alta, dejando a la especie **Hymenoptera** (avispa), familia **Braconidae** del genero **Chelonus spp.** de parasitoides con niveles de abundancia bajos (Figura 9).

Referente J' termino de equidad el análisis se pude observar que la parcela I mostro resultados del 0.63 teniendo un mayor indicador en comparación a las dos parcelas muestreadas.

Proporción de especies de parasitoides por sitio de muestreo

En la parcela 1 se encontraron dos parasitoides. La especie fue del orden **Dípteras** (moscas) familia **Tachinidae** del genero **Archytas spp.** Tuvieron una proporción del 2.0% del 100% de la muestra recolectada (Figura 10).

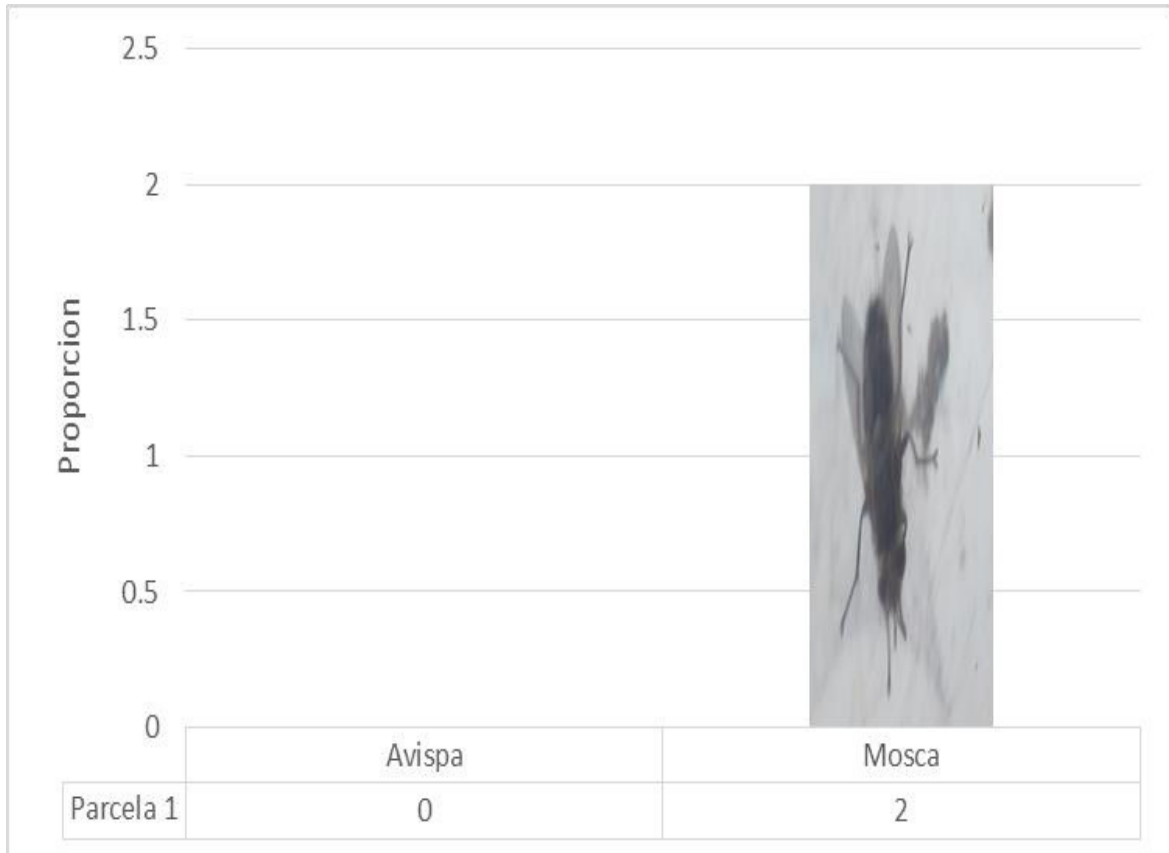


Figura 9.- Proporción de especies parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda* en la Parcela 1 en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

En la parcela 2 se encontraron siete parasitoides. La especie fue del orden Hymenoptera (avispa) familia Braconidae del genero *Chelonus spp.* además del orden Dípteras (moscas) familia Tachinidae del genero *Archytas spp.* tuvieron una proporción del 7.0% del 100% de la muestra recolectada (Figura 11).

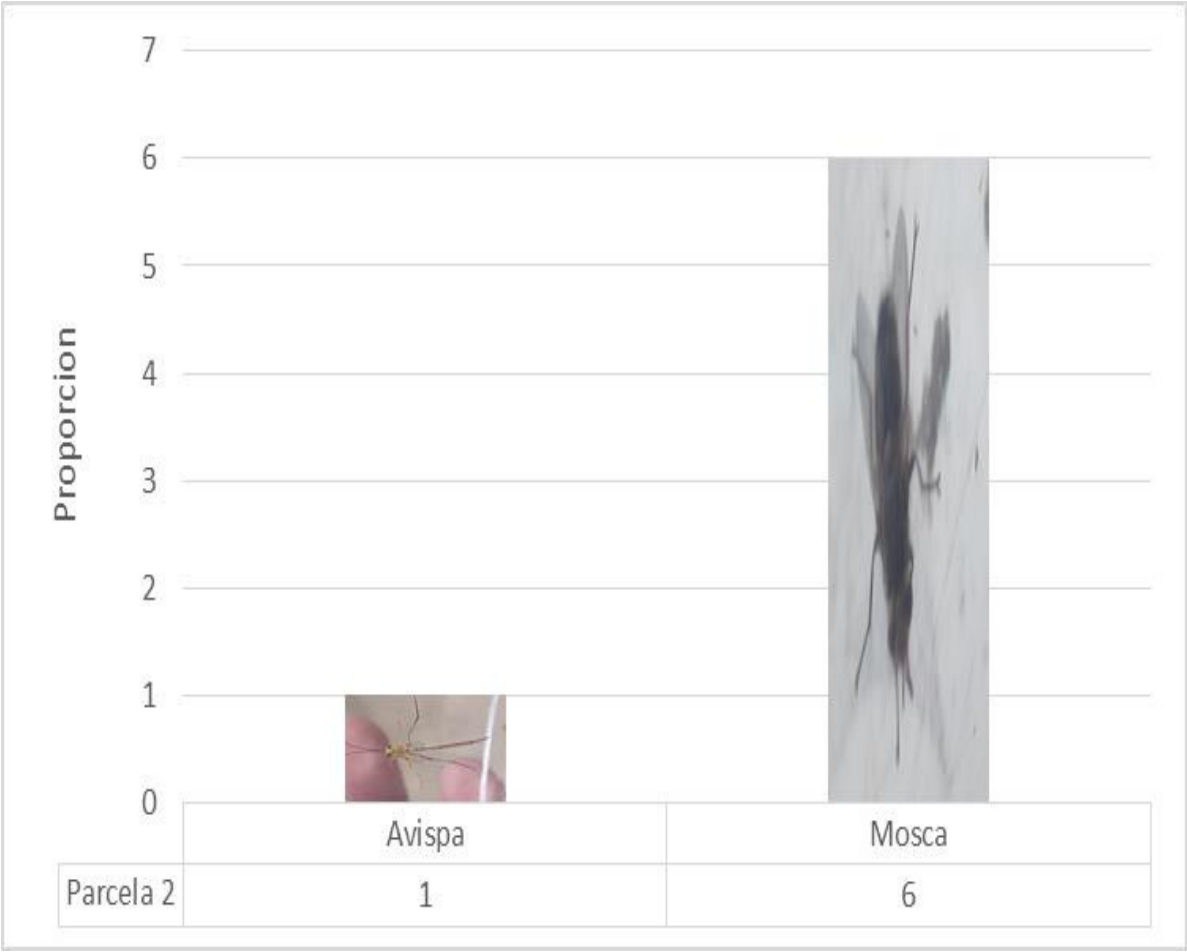


Figura 10.- Proporción de especies parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda* en la Parcela 2 en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

En la parcela 3 se encontraron siete parasitoides. La especie del orden Dípteras (moscas) familia Tachinidae del genero *Archytas spp.* tuvieron una proporción del 7.0% del 100% de la muestra recolectada (Figura 12).

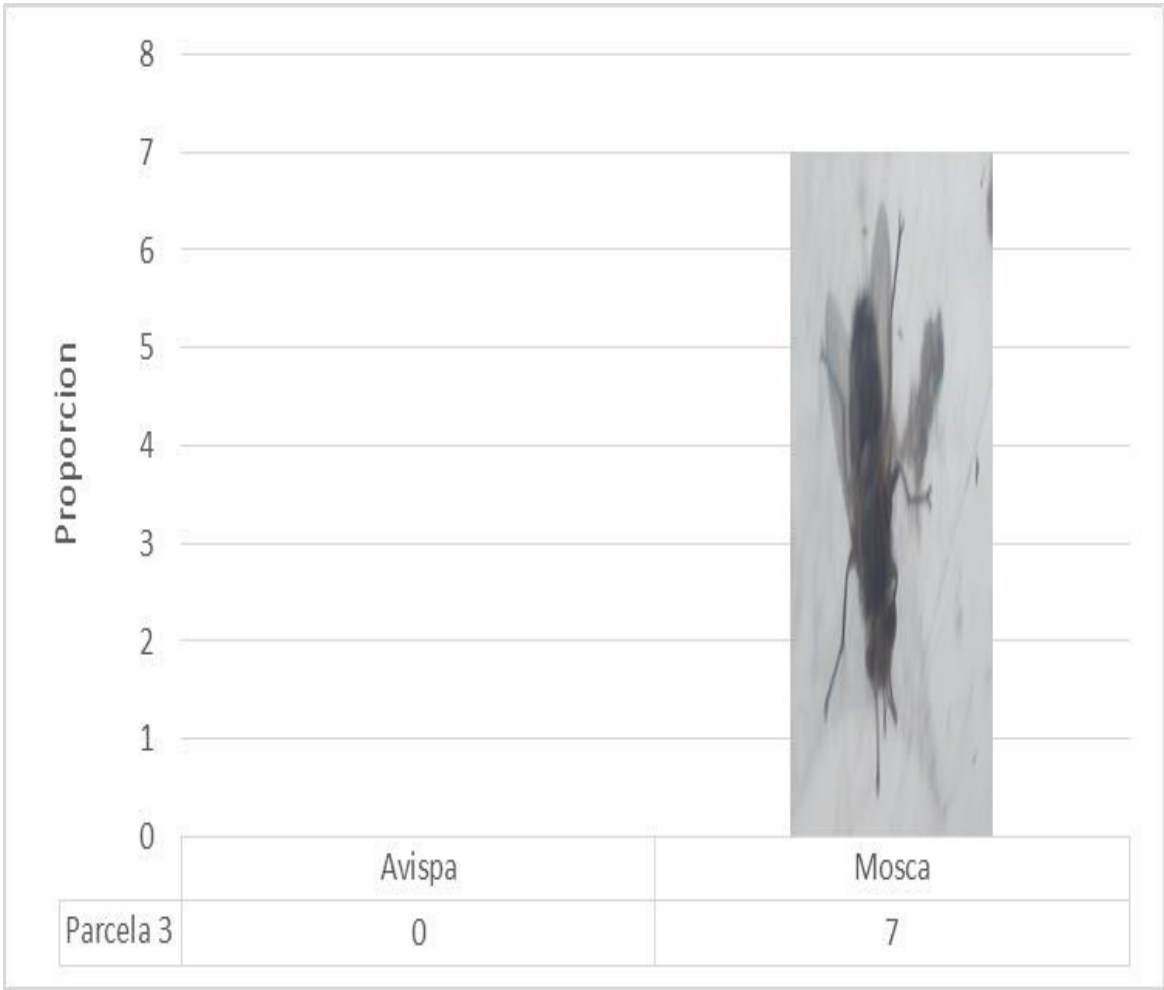


Figura 11.- Proporción de especies parasitoides asociados a *Spodoptera frugiperda* en la Parcela 3 en Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

CONCLUSIONES

Del total de las 300 muestras, durante las diferentes fases metamórficas del gusano cogollero como pupa, palomilla, parasitoides. Se encontraron dos especies de parasitoides del orden **Dípteras** (moscas) familia Tachinidae del genero *Archytas spp.* del orden **Hymenoptera** (avispa) familia Braconidae del genero *Chelonus spp.*

El parasitoide con mayor frecuencia fue Tachinidae del genero *Archytas spp.*, ya que estuvo presente en 15 de los 3 sitios muestreados, siendo en la parcela 3 donde se registró su máximo porcentaje de parasitismo con un 7%.

No existió diferencia significativa en la diversidad de especies de parasitoides de *Spodoptera frugiperda* en los cultivos de maíz de Tolosita, Matías Romero Avendaño, respecto a las parcelas con aplicación de insecticidas.

El 5% del total de la muestra presento presencia de especies de parasitoides en los cultivos de maíz respecto al tipo de insecticida.

No se puede concluir en cierto análisis si la presencia de parasitoide como la avispa Nombre científico Broconidea, Orden Hymenoptera y Tachinidea, Orden Díptera. Pueda proponerse como control biológico de la plaga por su poca presencia en las parcelas para el control del gusano cogollero en el cultivo de maíz.

La aplicación y uso de plaguicidas en la zona está terminando con los parasitoides beneficios no benéficos para el control biológico de la plaga del gusano cogollero.

Es posible prescindir de productos insecticidas tóxicos para el control de gusano cogollero.

BIBLIOGRAFIA

- Aragón-Cuevas, F. S. (2005). *In situ Conservation and Use of Local Maize Races in Oaxaca, México: A participatory and decentralized Approach*. Suketoshi Taba (eds.) In: *Latin American Maize Germoplasm Conservation: Regeneration, In situ Conservation, Core subsets, and Prebreeding*. Proceedings of a Workshop held at CIMMYT.
- Aragón-Cuevas, F. T.-C.-C.-A. (2006). Catálogo de maíces criollos de Oaxaca, Libro Técnico N° 6/ INIFAP, Centro de Investigación Regional Pacífico Sur, Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, México.
- Aragón-Cuevas, F., & S. Taba, J. M. (2006). *Catálogo de maíces criollos de Oaxaca*. Oaxaca, Oaxaca, México.: INIFAP-SAGARPA: Libro Técnico Núm. 6.
- Arauz C., L. F. (1997). *La protección de cultivos en la agricultura sostenible: perspectivas para Costa Rica*. Costa Rica: Manejo Integrado de Plagas.
- Arce G., F., & J. García G. (1991). Insectos benéficos que parasitan al gusano cogollero del maíz. *Boletín N° 8. CIIDIR-Oaxaca, IPN.*, 2p. México.
- Armenta-Cárdenas, I. E.-M.-A.-M.-J. (2008.). Reporte preliminar de parasitoides asociados a gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en el sur de Sonora, México. XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. p.80-83. Zacatecas, Zacatecas.
- Askew, R. R. (1986.). Parasitoid communities: their size, structure and development. En: Waage, J. Y. y D. Greathead (eds.). *Insect Parasitoids*. Academic Press, London., pp. 225-264.
- Badii, M. H. (2000). Fundamentos y perspectivas de control biológico. 462p. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.
- Batista-Pereira, L. S. (2006). *Aislamiento, identificación, síntesis y evaluación de campo de la feromona sexual de la población brasileña de Spodoptera frugiperda*. Brasil: Revista de Ecología química.
- Bautista M., N. (2006). Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. 113p. Texcoco, Estado de México.
- Bejarano G., F. (2002). *La espiral del veneno. Guía crítica ciudadana sobre plaguicidas*. (RAPAM., Ed.) Texcoco, México.
- Bernal, J. S. (2007). Biología, ecología y etología de parasitoides, pp 61-74. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque y H. C. Arredondo-Bernal (eds.), *Teoría y Aplicación del Control Biológico*. Sociedad Mexicana de Control Biológico. 303p. México.

- Blanco, C. (2005). *A la hora de comer ¿Qué nos preocupa? Fondo de Cultura Económico*. México, D. F.
- Borror, D. J. (1989.). *An Introduction to the Study of Insects. Sixth Edition. Harcourt Brace Jovanovich Collegue Publishers.*, 808p. Orlando, Florida, USA. .
- Borror, D. T. (1990). *An Introduction to the Study of Insects. Ohio: 6 th Edition Saunders College Publishing.*
- Cano, E., Carballo, M., Chaput, P., Fernández, O., González, L., Grueber, A. K., . . . Rodríguez, C. y. (2004). *Control biológico de plagas agrícolas*. Managua.: INPASA.
- Carballo, M. y. (2004.). *Control Biológico de Plagas Agrícolas*. (P. e. CATIE., Ed.) Managua, Nicaragua.
- Carrillo S., J. L. (1993.). Síntesis del control biológico de *Heliothis* spp. y *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en México. *Folia Entomol.*, 87: 85-93. Mex.
- Cave, R. D. (1995.). *Manual Para el Reconocimiento de Parasitoides de Plagas Agrícolas en América Central. Primera edición. Zamorano Academia Press.*, 202p. Honduras. .
- CESAVEG. (2012). *Manual de plagas y enfermedades del maíz. Guanajuato, México: Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato: Campaña manejo fitosanitario de cultivos anuales.*
- Cevallos, D. (2006). *Ambiente México: Portazo al maíz transgénico*. Obtenido de <http://ipsnoticias.net/nota.asp?idnews=39130>.
- Chandy S., D. J. (2006.). Additive partitioning of diversity across hierarchical spatial scales in a forested landscape. 43:792-801. *Journal of Applied Ecology*.
- Cisneros V., F. (1995.). *Control de plagas agrícolas*. 304p. Lima, Perú. Recuperado el Fecha de consulta: 9 de Julio de 2007., de http://www.avocadosource.com/books/CisnerosFausto1995/CPA_TOC.htm
- Clausen, C. P. (1978.). *Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: A world review*. Agriculture Handbook No. 480, United States Dept. of Agriculture. Washington, D. C.
- Cortez, H. J. (1993). *Incidencias del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda Smith) (Lep: Noctuidae) y sus enemigos naturales en tres agroecosistemas de maíz en la Chontalpa, Tabasco*. San Miguel.
- Cortez-Mondaca, E. J.-C.-J. (2008.). Reporte preliminar de parasitoides de gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith en maíz, en Sinaloa, México. XXXI Congreso Nacional de Control Biológico. p.76-80. Zacatecas, Zacatecas.

- Cortez-Mondaca, E., & Pérez-Márquez, J. y.-J. (2012). *Control biológico natural de gusano cogollero (Lepidoptera: Noctuidae) en maíz y en sorgo, en el norte de Sinaloa, México. Southwestern Entomologist Scientific Note.*
- Cruz-Sosa, E. L. (2007). Parasitismo del gusano cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae), en Oaxaca, México. *XXX Congreso Nacional de Control Biológico- Simposio del IOBC.*, p70-73. Mérida, Yucatán.
- De Bach, P. (1971). *Lucha biológica contra los enemigos de las plantas.* (E. Mundiprensa., Ed.) Madrid. España:.
- DeBach., P. (1984). Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. 949p. México, D. F.: Compañía Editorial Continental S. A.
- Devine, G., Eza, D., & Furlong., E. O. (2008). *Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. Rev. Perú Med Exp Salud Pública.*
- Domínguez, N. A. (1995.). *Control biológico del gusano cogollero Spodoptera frugiperda (J. E. Smith) en maíz, Resúmenes de la VIII Semana de la Investigación Escolar, F.C. B. de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos.* en la localidad de Acatlipa,, Morelos.
- Duarte, C. F. (2012). *El control biológico como estrategia para apoyar las exportaciones agrícolas no tradicionales en Perú: un análisis empírico. Contabilidad y Negocios.*
- FAO. (1999). *El maíz en la nutrición humana. Roma, Italia: FAO: alimentación y nutrición N° 25.*
- FAO. (2011). (Food Agricultural Organization). Obtenido de Pesticides Disponible en: <http://www.fao.org/kids/es/pesticides.html>
- FAO. (2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.*
- Fernández, F. y. (2006.). Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 894p.
- Flint, M. L. (1998.). Natural enemies Handbook. The illustrated Guide to Biological Pest Control. UC Division of Agriculture and Natural Resources and the University of California Press. 154p. Oakland, Canada.
- García-Gutiérrez C, G.-M. M.-H. (2013). *Parasitismo natural de Braconidae e Ichneumonidae (Hymenoptera) sobre Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae).* Revista Colombiana de Entomología.
- Gaston., K. P. (2002.). The relationship between local and regional species richness and spatial turnover. *Global Ecology and Biogeography.* 11: 363-375.

- Gauld, I. D. (1987.). Some factors affecting the composition of tropical ichneumonid faunas. *Biological Journal of the Linnean Society*, 30: 299-312.
- Gobierno de Oaxaca. (2015).
- Godfray, H. C. ((1994).). *Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology*, Princeton, Princeton University Press.
- González-Hernández, H. (2001.). Métodos de evaluación de enemigos naturales, pp.69-75. En: C. Guijón- López, A. W. Guzmán-Franco y G. Barajas (eds.), XII Curso Nacional de Control Biológico. Sociedad Mexicana de Control Biológico,. 222p. México.
- González-Maldonado MB, G.-G. C.-H. (2014). *Parasitismo y distribución de Campoletis sonorensis Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae) y Chelonus insularis Cresson (Hymenoptera: Braconidae), parasitoides del gusano cogollero en maíz en Durango, México.* México., Vedralia.
- González-Maldonado, M. B., & Gurrola-Reyes, J. N.-H. (2015). *Productos biológicos para el control de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae)*. Rev. Colomb. Entomol.
- Grageda, G. J., Ruiz, C. J., & Jiménez, L. A. (2014). *Influencia del cambio climático en el desarrollo de plagas y enfermedades de cultivos en Sonora*. Rev. Mex. Cienc. Agríc.
- Guacho Abarca, E. F. (2014). *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays)*. Ecuador: Tesis. Escuela de Ingeniería Agronómica.
- Guerrero, A. &. (2012.). *Impacto en agroecosistemas generado por pesticidas en los sectores Vichanza, El Moro, Santa Lucía de Moche y Mochica*. La Libertad, Perú.
- Gutiérrez, W., Cerda, P., Plaza-Plaza, J., Mieres, J., & Ríos., E. P. (2015.). *Caracterización de las exposiciones a plaguicidas entre los años 2006 y 2013 reportadas al centro de información toxicológica de la Pontificia Universidad Católica de Chile*. Rev. Méd. Chile.
- Gutiérrez-Ramírez A, R.-B. A.-C.-O.-C.-B.-F. (2015). *Parasitoides de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) Encontrados en Nayarit, México*. Southwestern Entomologist.
- Hernández, M., Jiménez, C., & Arceo., F. J. (2007.). *Caracterización de las intoxicaciones agudas por plaguicidas: perfil ocupacional y conductas de uso de agroquímicos en una zona agrícola del estado de México, México*. Rev. Int. Contam. Ambient.
- Hoballah, M. E. (2004.). Occurrence and direct control potential of parasitoids and predators of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in the subtropical lowlands of Mexico. *Agricultural and Forest Entomology*. 6:83-88.

- Hruska, A. J. (1997). *Gusano cogollero (Lepidoptera: Noctuidae) nivel y ocurrencia temporal en el rendimiento del maíz en Nicaragua*. Nicaragua: J. Econ. Entomología.
- ID., L. J. (1993.). *Hymenoptera: their diversity, and their impact on the diversity of other organisms*. En: LaSalle J e ID Gauld (eds.) *Hymenoptera and biodiversity*. C.A.B. International.
- Jassic, J. y. (1974.). Estudio experimental de la influencia de la temperatura en la palomilla del maíz. *Ciencias (Sec.4)*. 44:1-19.
- Kato-Yamakake, T. M.-S.-O.-H. (2009). Origen y diversificación del maíz. *Una revisión analítica, Primera. ed. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, D.F., México*.
- King, A. B. (1984). Las plagas de invertebrados de cultivos anuales alimenticios en cultivos anuales alimenticios en América Central. Un guía par su reconocimiento y control. Administración de Desarrollo Extranjero (ODA). 182p. Londres.
- Lagunas-Tejeda, A. &-J. (1994). *Toxicología y manejo de insecticidas*. (C. d. Postgraduados., Ed.) Montecillo, México:.
- LEISA. (1998). *Contraatacando con Manejo Integrado de Plagas*. Boletín de ILEIA, para la agricultura de bajos insumos externos. .
- León R., A. y. (1994.). Parasitismo de *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) en el municipio de Tarimbaro, Michoacán. *XXIX Congreso Nacional de Entomología.*, 278p. Universidad Autónoma de Nuevo.
- León-García, I., Rodríguez-Leyva, E., & Ortega-Arenas, L. D.-A. (2012). *Susceptibilidad de Spodoptera frugiperda (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) a insecticidas asociada a césped en Quintana Roo, México*. Agrociencia.
- Luna F., M. (2002). *El cultivo del maíz en Zacatecas*. México D.F: SAGARPA-INIFAP,.
- M, M.-O. L. (2009). *Aspectos socioeconómicos y culturales*. In: *Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica*. T A Kato, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (eds). *Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Bio*. México.: Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F.,.
- Maciel GAA, A. M. (2015). *Enemigos naturales de Spodoptera frugiperda y Helicoverpa zea como una alternativa al uso de insecticidas*. Jóvenes en la Ciencia.
- Maes, J. M. (2003). Ficha "Insectos plagas" N° 2. El cogollero del maíz. Nicaragua.: Insectarium Virtual, Revista electrónica. Recuperado el Fecha de consulta: 10

de Julio de 2007., de <http://www.insectariumvirtual.com/termitero/nicaragua/DOCUMENTOS%20DE%20INTERES/PLAG-2.htm>.

- Magurran, A. E. (1989.). *Diversidad Ecológica y su medición. Ediciones Vedral*, 200p. Barcelona, España. .
- Martínez, N. (2010.). *Manejo integrado de plagas: una solución a la contaminación ambiental. Epidemiología en acción. Comunidad y Salud*.
- Martínez-Martínez, L. M. (1998). Parasitoides del gusano cogollero en el estado de Morelos. *VI Encuentro de entomólogos del IPN*, 32p. San Isidro, Yauhtepec, Morelos.
- Masís, F., Valdez, J., & León., T. C. (2008.). *Residuos de agroquímicos en sedimentos de ríos, Poás, Costa Rica. Agronomía Costarricense*.
- Medina, P. F. (2003). *Efectos secundarios de seis insecticidas en diferentes etapas de desarrollo de Chrysoperia carnea (Neuroptera: Entomología ambiental*.
- Méndez, B. A. (2014). *Plagas asociadas al cultivo del maíz (Zea mays L.) en un área del estado Aragua, Venezuela. Fitosanidad*.
- Mera-Ovando L M, C. M.-S. (2009). *El maíz. Aspectos biológicos In: Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica T A Kato, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. México.: Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F.,.*
- Metcalf, R. L. ((1990).). *Introducción al manejo de plagas de insectos. México D.F.:: Primer edición en español. Ed. LIMUSA*.
- Molina-Ochoa, J. J.-G. (2004). Natural distribution of Hymenopteran parasitoids of Spodoptera frugiperda (Lepidóptera: Noctuidae) larvae in Mexico. 87 (4): 461-472. Florida Entomologist.
- Molina-Ochoa, J. J.-G.-E. (2001). A survey of fall armyworm (Lepidóptera: Noctuidae) parasitoids in the mexican states of Michoacán, Colima, Jalisco, and Tamaulipas. 84:31-36. Florida Entomologist.
- Montoro, Y., Moreno, R., & Reyes., L. G. (2009). *Características de uso de plaguicidas químicos y riesgos para la salud en agricultores de la Sierra Central del Perú. (R. P. Pública, Ed.)*
- Moreno, C. E. (2001.). *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA,. vol. 1., 84p. Zaragoza, España*.
- Morón, M. A. (1993.). *Estimación de la biodiversidad de insectos en México: análisis de un caso. (R. d. Natural, Ed.)*

- Murguido, M. C. (2007). *El manejo integrado de plagas de insectos en Cuba. Fitosanidad*.
- Myers, J. P. (2003). *De la Primavera Silenciosa a la revolución científica. México: (eds.). Impactos del libre comercio, plaguicidas y transgénicos en la agricultura de América Latina. RAPAM*.
- Oaxaca, G. d. (2015).
- OMS. (1990.). (Organización Mundial de la Salud). *Plaguicidas Organoclorados. Organización Mundial de la Salud (OMS). Organización Panamericana de la Salud (OPS), Centro Panamericano de Ecología y Salud. Serie Vigilancia, 9. Plaguicidas Organoclorados OMS/OPS. México*.
- Ortega C., A. (1990). *Insectos nocivos del maíz: una guía para su identificación en el campo. México: CIMMYT*.
- Páliz S., V. &. (1999). *Plagas del maíz (Zea mays) características y control. Ecuador: Ministerio de Agricultura y Ganadería: Programa de Sanidad vegetal .*
- Paredes L., O. F. (2006). *Los alimentos mágicos de las culturas indígenas mesoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.*
- Parsons, D. B. (2008). *Maíz. Manuales para educación agropecuaria. Producción Vegetal; agropecuaria. Producción Vegetal; 10.*
- Perales, H. G. (2014). Mapping the diversity of maize races in Mexico. doi:PLoS One 9, e114657. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114657>
- Pérez, M. E. (2006.). *Control biológico de Spodoptera frugiperda Smith en maíz. Departamento de Manejo de Plagas. Ciudad de la Habana, Cuba. Obtenido de <http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/SPODOPTTE.htm>.*
- Pérez-Agis, E., Vázquez-García, M., González-Eguiarte, D., Pimienta-Barrios, E., & Nájera-Rincón. (2004). *Sistemas de producción de maíz y población de macrofauna edáfica. Terra Latinoam.*
- Pirkle, J. L., Sampson, E. J., Needham, L. L., & Ashley., D. G. (1995). *Using biological monitoring to assess human exposure to priority toxicants. Environ Health Perspect.*
- Reséndiz, R. Z., López, S. J., Osorio, H. E., Estrada D. B., P. M., & Mendoza, C. M. (2016). *Importancia de la resistencia del maíz nativo al ataque de larvas. Temas de Ciencia y Tecnología.*
- Restrepo, I. (1988). *Naturaleza muerta. Los plaguicidas en México. México: Centro de Ecodesarrollo.*
- Ruiz, M. J. (2001). *Inhibición del crecimiento y de la alimentación de Spodoptera frugiperda (Lepidoptera: Noctuidae) por extractos de Lupinas (Fabaceae).*

Tesis de maestría en ciencia. Especialidad en entomología y acarología. Edo. de México: IFIT. CP.

S, M.-C. (2000. Agric. Téc. Méx.). *Mejoramiento genético del maíz en la época prehispánica.*

SADER. (2021). *SECRETARIA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Obtenido de La identificación temprana, primera barrera contra plagas y enfermedades del maíz.* Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-identificacion-temprana-primera-barrera-contra-plagas-y-enfermedades-del-maiz>.

SAGARPA. (2014). *Guía técnica para la descripción varietal del maíz (Zea mays).* México: SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas).

Salazar A., H. C. (2006). *El maíz perspectivas y propuestas para enfrentar el 2008.* Confederación Nacional de Productores Agrícolas de Maíz de México. Obtenido de http://www.iiec.unam.mx/media/pres/seminario_economia_agricola/2006/1

Salud), M. (. (2007). *La problemática de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población ex-puesta. Estudio colaboratorio.* Secretaría AAMMA. Buenos Aires, Argentina,.

Salud),. O. (. (1990, 1992, 1993.).

Sanchez, J. G. (2000). Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ. Bot.* 54, 43–59.

Santos, C. G., Wanderley, T. V., Vargas, d. O., Aguiar, C. T., Correia, A. A., & de Souza. (2015). *Histological and histochemical changes by clove essential oil upon the gonads of Spodoptera frugiperda (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae).*

Seefoó L., J. L. (1993). *el surco a la mesa: Doble exposición de los jornaleros a los plaguicidas.* In: Izazola, H. y S. Lerner. (Comp.) *Población y ambiente ¿Nuevas interrogantes a viejos problemas?* . México: Soc. Méx. de Demografía. El Colegio de México. The Population Council. México, D. F.

Sharanowski B, D. A. (2011). *Molecular phylogenetics of Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea), based on multiple nuclear genes, and implications for classification.* *Systematic Entomology.*

SIAP. (2014).

SIAP. (2020). *(Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) Anuario estadístico de la producción agrícola 2019.* Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, Ciudad de México, México. Obtenido de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Consultado: 17 de junio 2020).

- SIAP-SAGARPA. (2007). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado el Fecha consultada: 23 de febrero de 2008., de <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ventana.php?idLiga=1043&tipo=1>.
- Socorro, M. A. (1989). *Frijol*. En M. A Socorro, D. S. Martín. (Eds.). *Granos*. La Habana. Cuba.: Editorial Pueblo y Educación,.
- Toledo-Manzur V M, N. B.-B. (2008). *La Memoria Biocultural. La Importancia Ecológica de las Sabidurías Tradicionales*. Barcelona, España.: Icaria Editorial, S.A.
- Triplehorn, C. A. (2005.). *Borror and Delong's. Introduction to the Study of Insects. 7th Edition*, 864p. USA: Thomson Brooks/Cole.
- Troyo-Diéguez, E., Servín-Villegas, R., Loya-Ramírez, J. G., García-Hernández, J. L., MurilloAmador, B., Nieto-Garibay, A., . . . Fenech, L. y.-F. (2006). *Planeación y organización del muestreo y manejo integrado de plagas en agroecosistemas*. Universidad y Ciencia.
- Turrent-Fernández A, J. I.-F.-C.-A.-H. (2010). *¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico?* Rev. Mex. Cien. Agríc.
- Valdés, E. M., & E.F, A. C. (1994). *Bioensayos con polvos vegetales para el control de Spodoptera frugiperda (Lep. Noctuidae)*. XXIX Congreso Nacional de Entomología. Monterrey, México.
- Valdez-Torres, J. B., Soto-Landeros, F., & Osuna-Enciso, T. y.-S. (2010.). *Modelos de predicción fenológica para maíz blanco (Zea mays L.) y gusano cogollero (Spodoptera frugiperda J. E. Smith)*. Agrociencia.
- Van Driesche, R. G. (2007). *Control de Plagas y Malezas por Enemigos Naturales*. U. S. D. A. Washington, D. C.
- Van Hemmen, J. J. (1993.). *Predictive exposure modeling for pesticide registration purposes*. *Ann Occup Hyg*.
- Veech., C. T. (2006.). Additive partitioning of rarefaction curves and species area relationships unifying alfa and beta diversity with sample size and habitat area. 9: 923-932.
- Vega V., D. D. (2004). *Situación y perspectivas del maíz en México*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Wharton, R. A. (1998.). *Manual para los géneros de la familia Braconidae (Hymenoptera) del nueva mundo*. 439p. Washington D. C.: Edición en español, International Society of Hymenopterists,.

ANEXOS

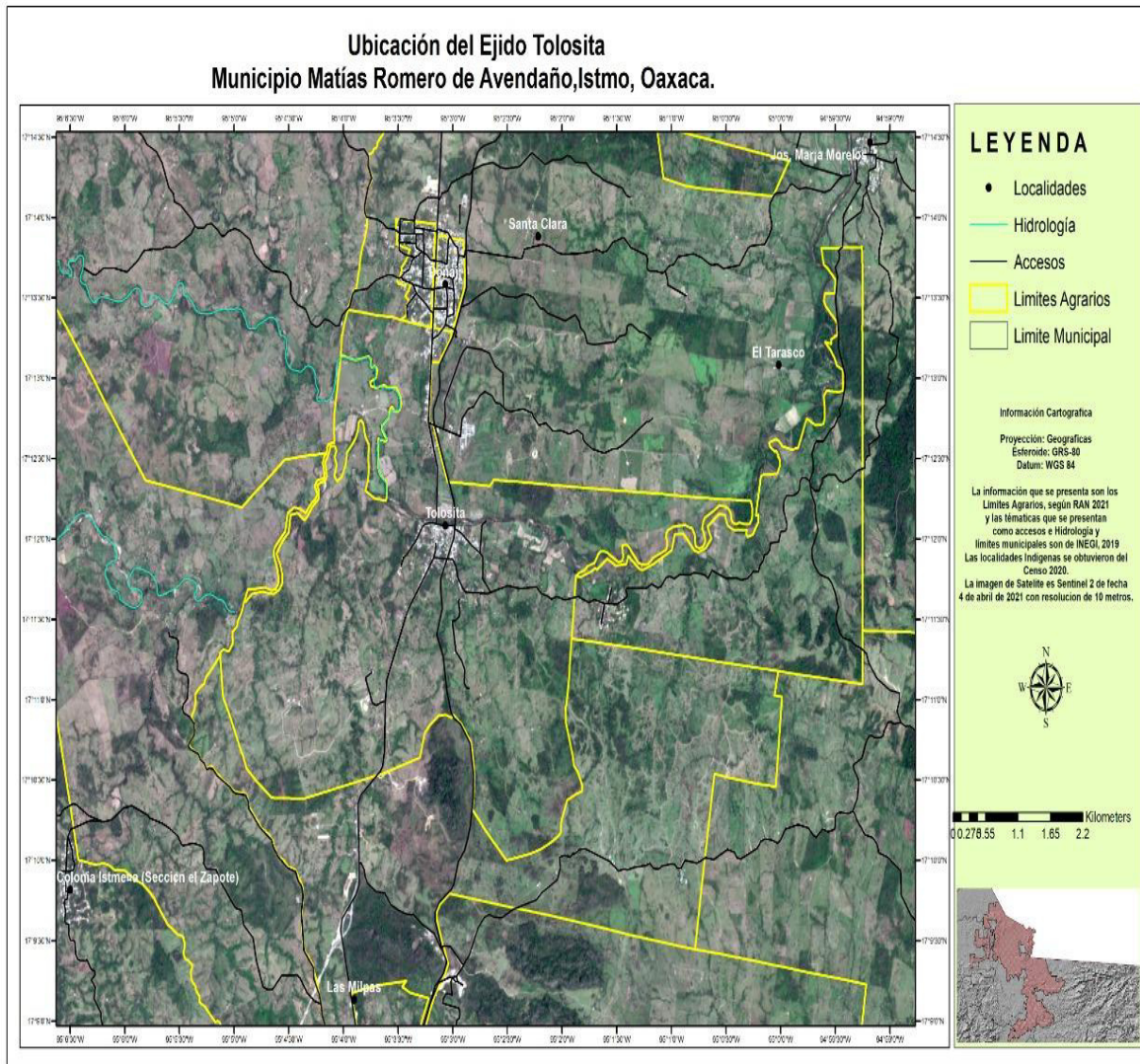


Figura 12.- Mapa de Ubicación del Ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

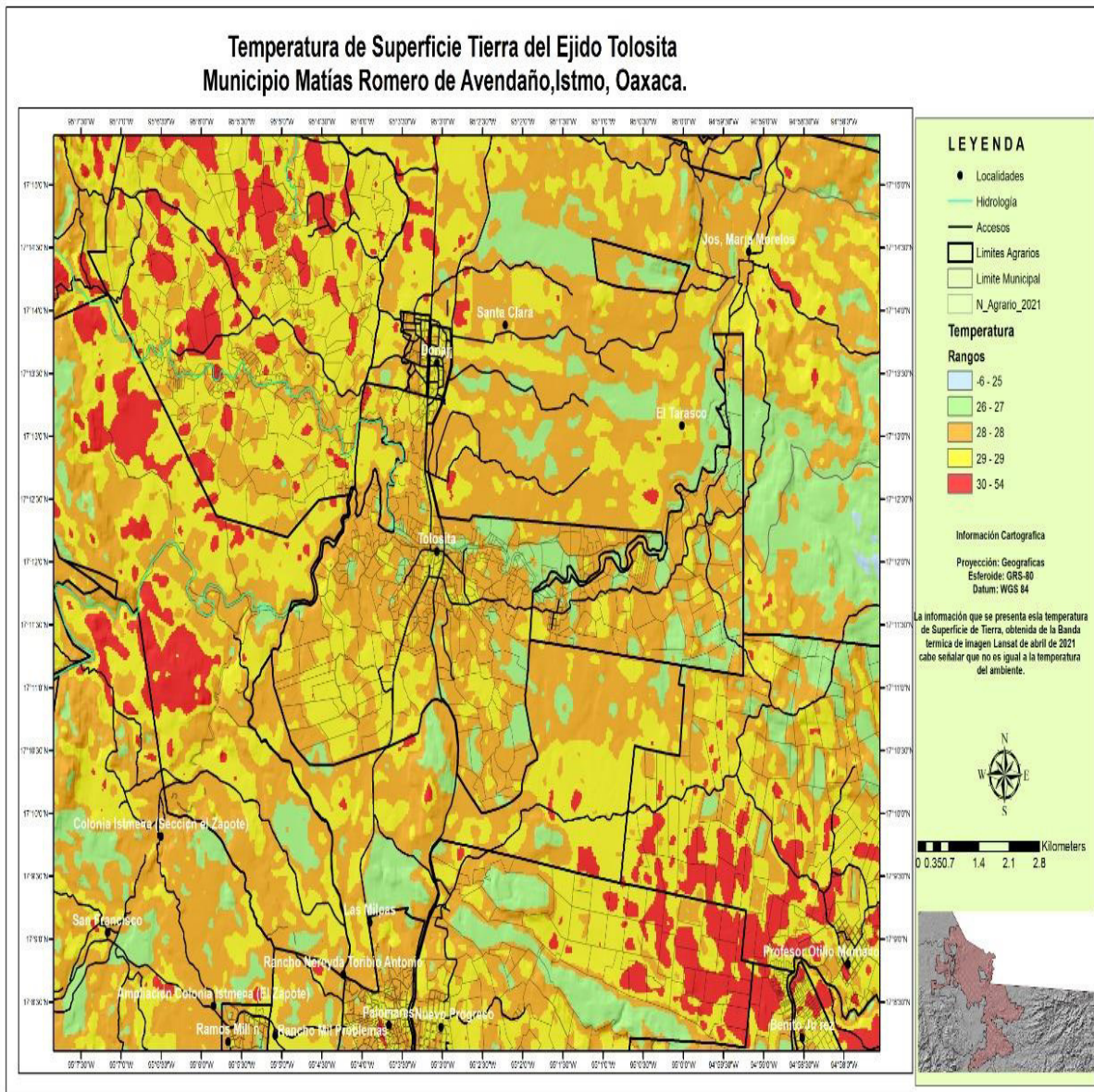


Figura 13.- Mapa de temperatura de superficie tierra del ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.

**Uso de Suelo y Vegetación del Ejido Tolosita
Municipio Matías Romero de Avendaño, Istmo, Oaxaca.**

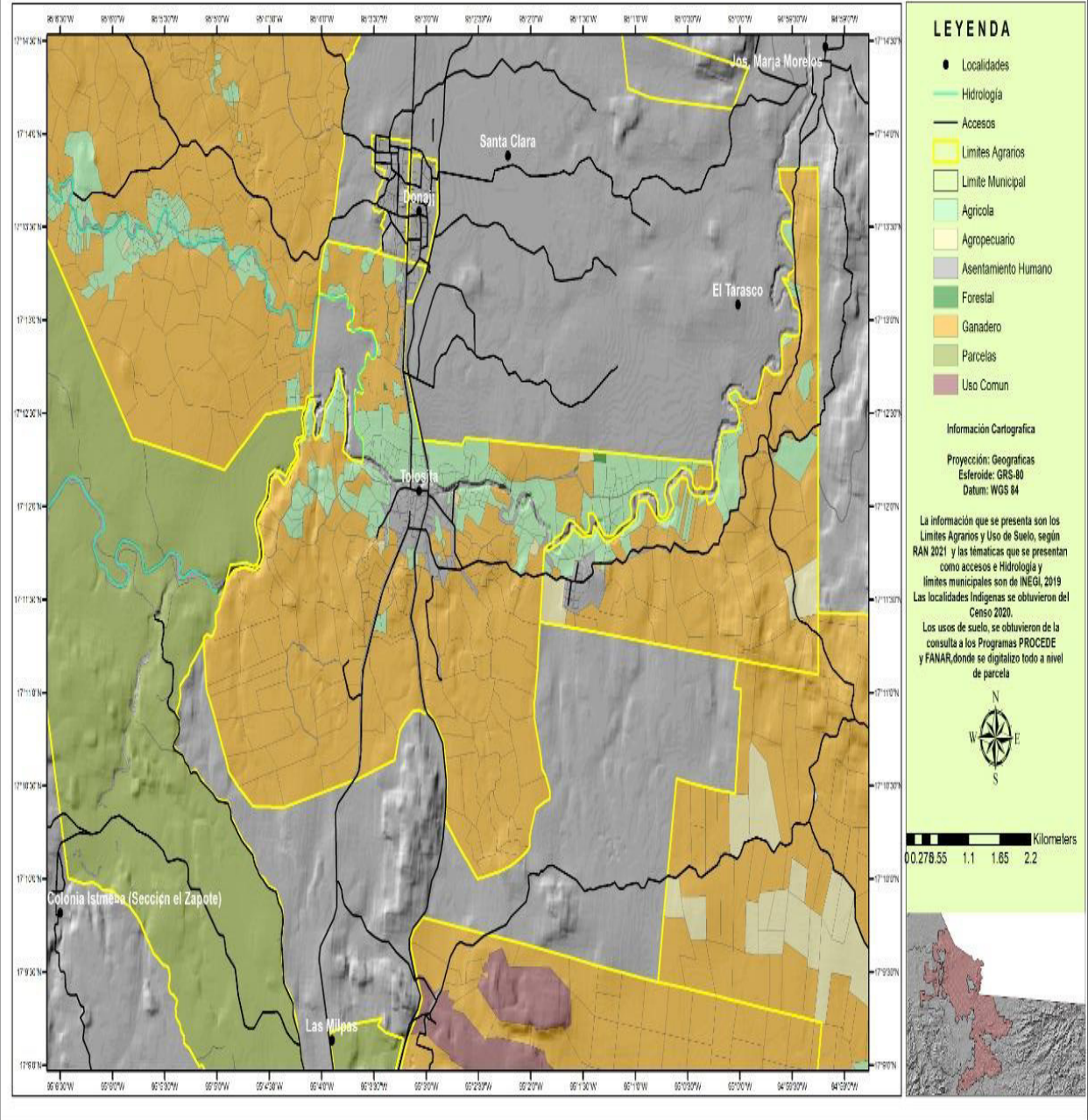


Figura 14.- Mapa de uso de suelo y vegetación del ejido Tolosita, Matías Romero Avendaño, Oaxaca.



TECNOLOGÍ
NACIONAL DE M



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BOCA DEL RIO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Encuesta del Cultivo de "Maíz" (OTOÑO 2021 - INVIERNO 2021-2022)

Municipio: Matamoros, Tamaulipas

Comunidad: La Lozita

Nombre del productor: Jesús Leal Pacilla

Fecha de siembra: 30/11/21 Material sembrado: (criollo) (híbrido)

Color del criollo: _____ Híbrido utilizado: _____

Densidad de siembra (semillas/ha): 15 kg/ha Control oportuno de malezas: (Si) (No)

Conoce los tipos de plagas o enfermedades que ataca su cultivo: (Si) (No) Plagas () Enfermedades ()

En que etapas fenológicas aplica estos tipos: Nombres: Gusano cogollero
Herbicidas: Secator - Tactic - SECAFIN
Plaguicidas o Insecticidas: _____

Aplica Herbicidas: (Si) (No) Tipo de Herbicida: GRAMOXON (Químico) (Orgánico) (Ambos)
Cuántas veces aplicada: 2

Aplica Plaguicidas o Insecticidas: (Si) (No) Tipo de Plaguicidas o Insecticidas: _____ (Químico) (Orgánico) (Ambos)
Cuántas veces aplicada: 2 - 4 - 5

Aplica fertilizante: (Si) (No) Tipo de fertilizante: New blink (Químico) (Orgánico) (Ambos)
Cuántas veces aplicada: 1

Utiliza abonos verdes: (Si) (No) Utilizó bioles: (Si) (No)

Fecha de cosecha: Mayo 15-20 Rendimiento (t/ha): 3 ton/ha

Utiliza silo metálico: (Si) (No) Tiene excedentes: (Si) (No)

Expectativa precio de venta (\$/kg): Alimento para...

Nombre y firma del productor: _____

Figura 15. Cuestionario de Entrevista a Productores de Maíz

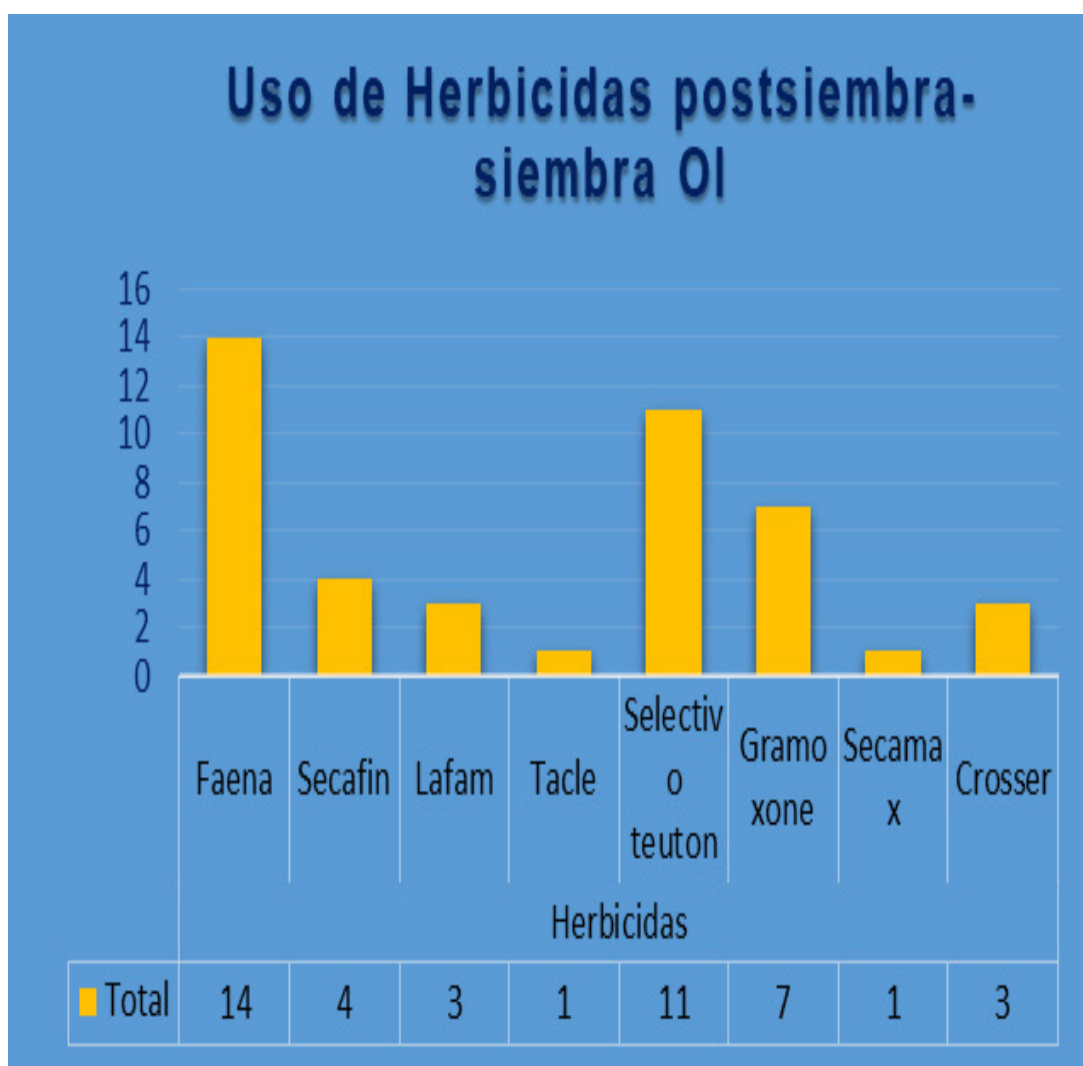


Figura 16. Resultados de encuesta a productores en el uso de herbicidas.

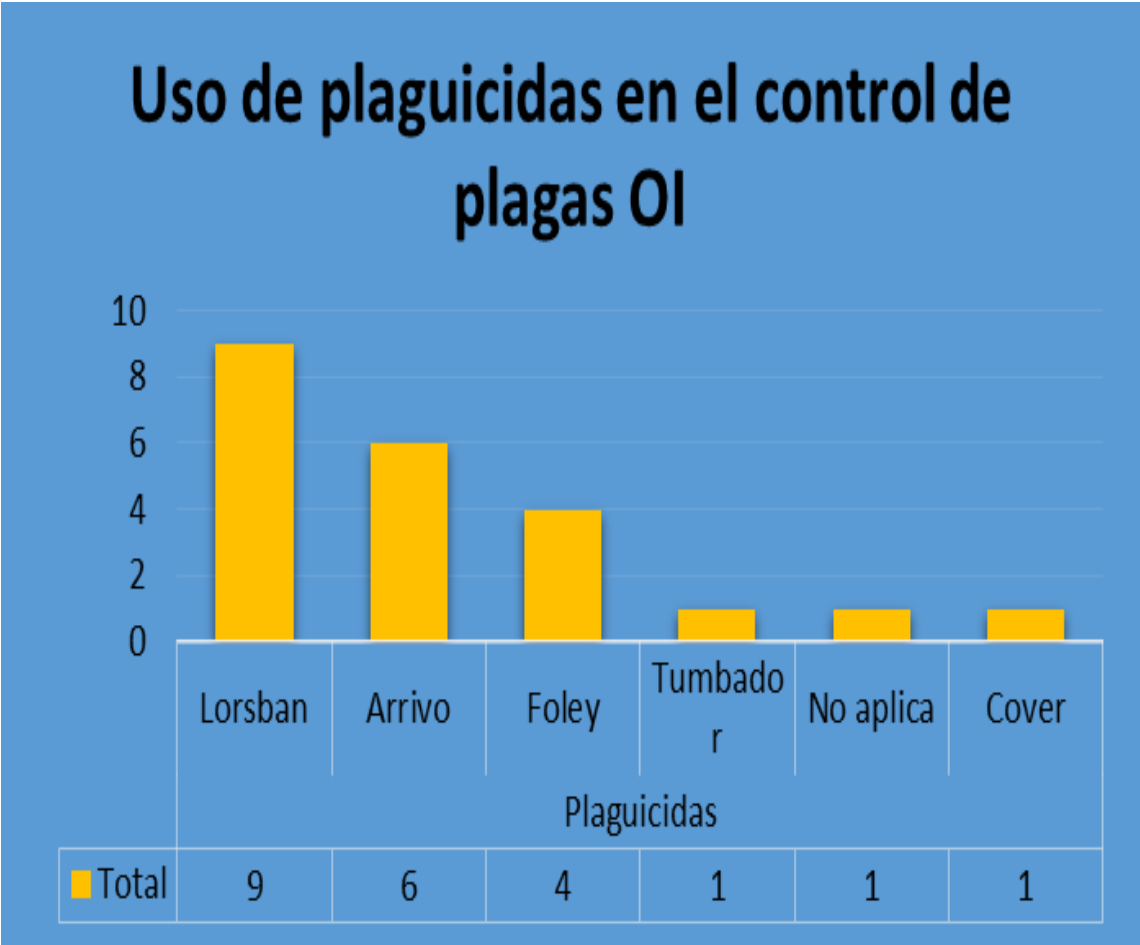


Figura 17. Resultados de encuesta a productores en el uso de plaguicidas.